

シミュレータによるマルチプロセッサシステムの性能評価

6K-6

藤井哲彦*, 根岸和義*, 住田成明**, 米田茂*, 福多謙治*

* (株)日立製作所, ** (株)日立中部ソフトウェア

1. はじめに

近年、大型汎用計算機は高いCPUパワーを要求されるようになり、密結合マルチプロセッサ(以下TCMP)により、プロセッサ台数を増やして、CPUパワーの向上をはかる方法が採用されるようになってきている。TCMPシステムでは、プロセッサ台数に見合った性能を引き出すことが理想であり、TCMP向けの高性能なハード/ソフト方式の開発が重要である。そのため我々は、TCMPシステムの性能評価ツールとして、ディスパッチング方式や各種ロックの保持率・分割度を評価可能な、マルチプロセッサ性能評価シミュレータPMOSを開発し¹⁾、各種のソフトウェア方式の評価に適用中である。今回はPMOSを、オンラインシステム向けのTCMP高性能制御方式である仮想プロセッサ方式²⁾の評価へ適用した例について報告する。

2. PMOSのディスパッチャモデルの特徴

PMOSのディスパッチャモデルは次のような特徴を持つ。(図1)

- (1) 空間とタスクの2段階のディスパッチングキューを持つ。空間キューはシステムに一個、タスクキューは空間ごとに一個づつ存在する。
 - (2) 空間キューはシステムで一個のディスパッチャロックにより排他制御し、タスクキューは空間ごとに一個づつあるタスクキューロックにより排他制御する。
 - (3) タスクディスパッチ時、次のように動作する。まず、空間のキューをサーチし、レディタスクを持つ空間を見つける。次にその空間のタスクのキューをサーチし、レディタスクを見つけ、ディスパッチする。
- 空間/タスクのサーチ時にサーチした空間/タスクの個数をカウントし、サーチ個数に定数をかけることにより、サーチ時間を算出し、その時間だけディスパッチャロックまたはタスクキューロックを保持してCPUを消費する。これにより空間/タスクのサーチオーバーヘッドと、ディスパッチャロック/タスクキューロックの競合オーバーヘッドを正確に評価できる。

3. 仮想プロセッサ方式の概要

仮想プロセッサ方式は、同一のハードウェアキャッシュを共有するプロセッサグループ(これを仮想プロセッサと呼ぶ)へプロセス(空間またはタスクに相当する)をくくりつけることにより、①プロセスのサーチと、②キューサーチ時に取得するロックの競合、によるCPUオーバーヘッドの削減と、キャッシュヒット率の向上を図るものである²⁾。

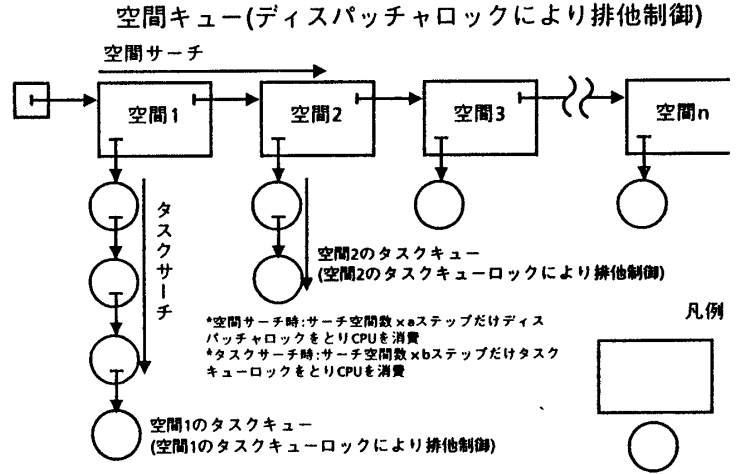


図1. PMOSのディスパッチャモデル

4. 評価の方針とモデル

4.1 評価の方針

PMOSはもともとソフトウェア上の性能要素に限定して評価するものであり、仮想プロセッサ方式によるキャッシュヒット率の向上度はその評価対象外である。このため、2章で述べたディスパッチャモデルの特徴を活かして、仮想プロセッサ方式のCPUオーバーヘッド削減効果の評価を行うことにした。

4.2 仮想プロセッサ方式の評価モデル

仮想プロセッサ方式の評価モデルとして次のものを設定した。(図2)

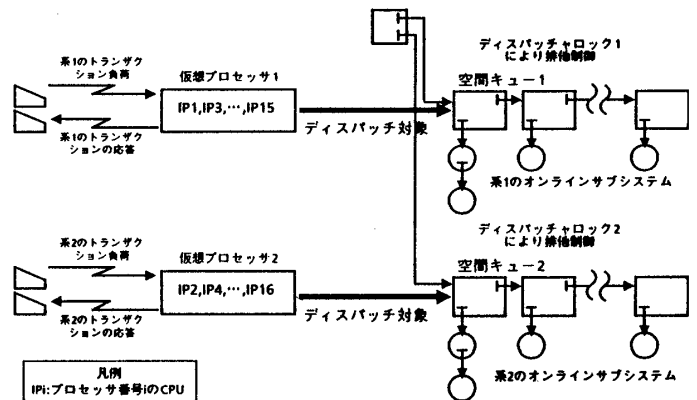


図2. 仮想プロセッサ方式のモデル

(1) 仮想プロセッサの総数は2とし、仮想プロセッサ1及び仮想プロセッサ2と呼ぶ。仮想プロセッサ1はプロセッサ番号が奇数のプロセッサグループからなり、仮想プロセッサ2はプロセッサ番号が偶数のプロセッサグループからなる。

(2) モデル内に2個のオンラインサブシステムをおき、同一のOS上で動作させる。サブシステムをそれぞれ系1、系2と呼び、それぞれに同一のトランザクション負荷をかける。

(3) 空間キューは仮想プロセッサ対応に2個とし、それぞれ、空間キュー1、空間キュー2と呼ぶ。系iのサブシステムの空間は全てキューiにおき、仮想プロセッサiは空間キューiのみをディスパッチ対象とする。

(i = 1, 2) これにより、奇数番号のプロセッサは系1のサブシステムの空間のみをディスパッチ対象とし、偶数番号のプロセッサは系2のサブシステムの空間のみをディスパッチ対象とする。これにより2個のプロセッサグループへの空間のくくりつけがモデル化できたことになる。

(4) ディスパッチャロックは空間キュー1と空間キュー2用に2個設け、それぞれ、ディスパッチャロック1、ディスパッチャロック2と呼ぶ。空間キューiのサーチ時に、ディスパッチャロックiを取得してCPUを消費することにより、ディスパッチャロックを分割した。

4. 3 比較用の評価モデル

仮想プロセッサ方式と比較するモデルとして次のものを設定した。

モデル内に1個のオンラインサブシステムのみをおく。空間キューは1個とし、全ての空間をこのキューにおく。全てのプロセッサはシステムで1個の空間キューをディスパッチ対象とする。ディスパッチャロックはシステムで1個とする。(図3)

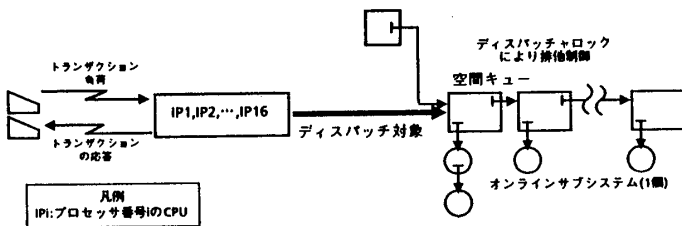


図3. 比較用の評価モデル

5. シミュレーション結果

仮想プロセッサ方式と比較用のモデルに基づいて、4台、8台、12台、16台のマルチプロセッサ環境でのシミュレーション評価を実施した。(図4) 評価の結果、比較用のモデルでは16台構成時にディスパッチャロックの競合オーバーヘッドが非常に大きく、性能ネックとなるが、仮想プロセッサ方式の採用により、ディスパッチャロックの競合を解消できることが把握できた。また、仮想プロセッサ方式の空間/タスクサーチオーバーヘッド、タスクキューロックの競合オーバーヘッドの削減効果を定量的に求め、16台構成時にもそれらのオーバーヘッドが4台構成時に比べ、さほど大きくなりなことが把握できた。

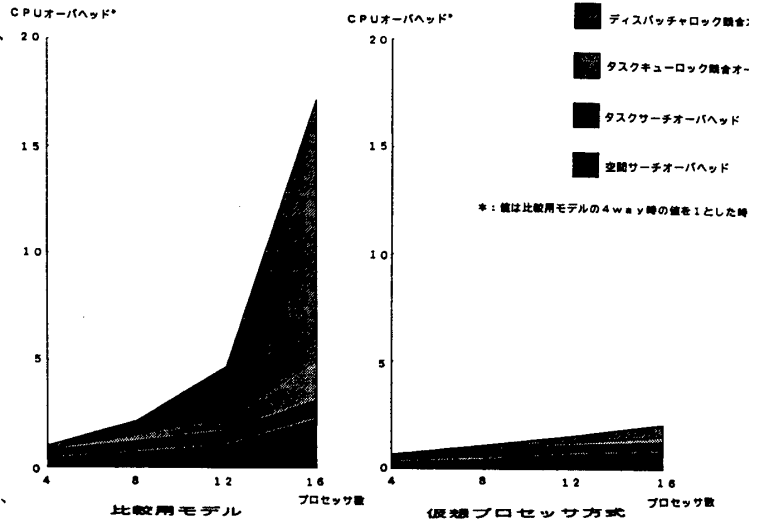


図4. 仮想プロセッサ方式と比較用モデルのCPUオーバーヘッド

6. まとめ

PMOSにより、ディスパッチャの詳細なモデルと代替方式を構築することにより、マルチプロセッサ環境下においてクリティカルなディスパッチ時のロックオーバーヘッド、ロック競合の正確な解析を可能とした。また、上記モデルを用いて、仮想プロセッサ方式のCPUオーバーヘッドの削減効果を定量評価することができた。

[参考文献]

- 1) 藤井他：密結合型マルチプロセッサシステム性能評価シミュレータPMOSの開発、情報処理学会第40回全国大会
- 2) 根岸他：オンラインシステムを対象とした高多重プロセッサ高性能制御方式の提案、情報処理学会第42回全国大会

[略号]

PMOS : Performance Model for Online System with multi-processors
 TCMP : Tightly-Coupled Multi Processor