

並列Unix OSの試作と評価

6G-4

岸本光弘、住元真司、服部 彰
富士通研究所

1. はじめに

高性能で安価なマイクロプロセッサとLANの発展につれて、ネットワーク結合されたワークステーション群による計算機環境が普及してきた。さらに複数のCPUを搭載したマルチマイクロ型のワークステーションや、ネットワーク透過な分散OSも登場してきた。

このような密結合及び疎結合された計算機環境で必要とされる並列OSに関する研究の緒端として、メモリ共有型のワークステーション上でUnixの並列化を行ったので、その概要について述べる。

2. Limited Symmetry方式によるUnixの並列化

共有メモリ型マルチプロセッサシステム上でのOSの並列化方式には、Master-Slave方式、Limited Symmetry方式、Symmetry方式がある。我々は、Master-Slave方式で問題となるCPU通信オーバーヘッドがなく実現も容易であることからLimited Symmetry方式によるUnixの並列化を行った。

Limited Symmetry方式では、すべてのCPUは対等であり、カーネル内処理を実行することができる。しかしカーネルの入り口でシリアライズを行っており、同時に複数のCPUがカーネル内処理を実行することはない。並列化に必要な改造箇所が限定されるため、実現は比較的簡単である。

反面、カーネルの処理時間が長いプログラムでは、排他制御のオーバーヘッドが問題となり、ある台数以上ではCPUを増やしても速度性能の向上は頭打ちになる。

2.1 CPUの実行状態遷移

図1にLimited Symmetry方式のプロセッサ(CPU)の実行状態遷移を示す。それぞれのCPUは、

- User モード
- Kernel モード
- lockモード
- Idle モード
- Interrupt モード

の5つの状態の内の1つの状態にある。Kernelモードへのエントリは `syscall`, `trap`, `swtch` の3箇所がある。この3箇所ですべて排他制御を行ない、一台だけがKernelモードに、他のCPUはlockモードになりスピンウェイトする。

割込が発生するとInterruptモードに遷移するが、I/O装置のレベルごとに割り込むCPUを決めて割込を分散処理している。また、何も実行するプロセスが存在しない場合は、CPUはidleモードで待機する。

2.2 ターゲットマシン

今回試作した並列OSのターゲットマシンは、A60を並列マシンに改造したもので、MC68030(20MHz) x 4、24MBの主記憶を持つ共有メモリ型のマルチプロセッサワークステーションである。ベースとなるOSは4.3BSDである。

並列OSの開発環境として、マルチプロセッサ対応の開発モニタを作成した(図2参照)。このモニタは、1台のCPUをモニタ専用で割り当て、他のUnixを実行するCPUを制御、監視するものである。開発モニタを用いることによりカーネルのデバッグが非常に簡単になった。

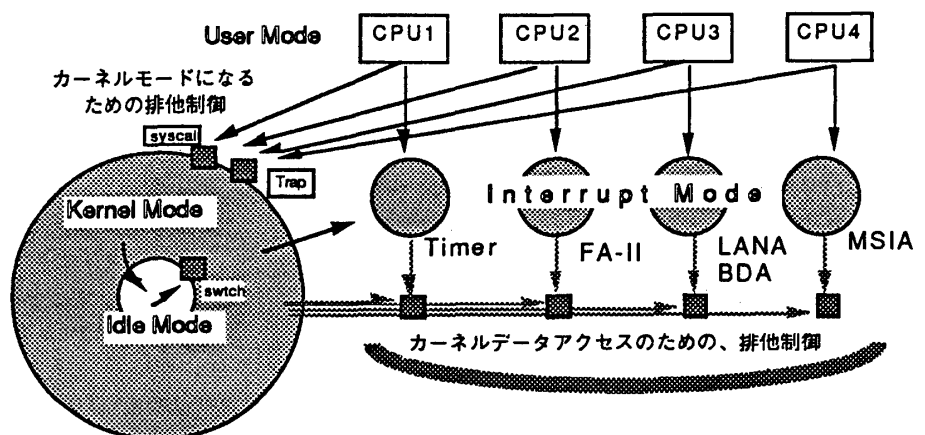


図1 並列OSの実行状態遷移

3. 並列OSの測定と評価

Dhrystone, Whetstone, 並列make, Systemcallベンチマークを使って試作した並列OSの性能測定を行った。

3.1 処理速度の向上

Dhrystone, Whetstone (それぞれ4本同時に実行させている) および並列makeについては、図3に示すように、ほぼCPU台数分の処理速度向上が得られている。

Dhrystone, Whetstoneのように、ユーザ時間が処理時間のほとんど全てを占め、排他制御のオーバーヘッドの無いベンチマークでCPU台数分の台数効果が得られないのは、システムバスのアクセス競合が原因であると思われる。

一方、実行時間の半分以上をシステム時間が占めるようなSystemcallベンチマークでは、

$$\text{相対性能} = 1 + \frac{\text{ユーザ時間}}{\text{システム時間}}$$

しか速度性能が向上せず、CPU台数が増えても相対性能は横這いとなる。

3.2 CPU時間の各モードの比率

3台のCPUで並列実行した時の各モードのCPU時間比率をベンチマークごとに計測してみた。net mazeはXウィンドウ上の迷路プログラムをネットワーク経由で走らせたもので、頻りにネットワークアクセスがおこるプログラムである。

図4に示すとおり、試作したOSの通常の利用においては、排他制御のオーバーヘッドは図4でLockで示される部分であり全体の10%以下である。一方Systemcallベンチマークのようにシステム時間が支配的なプログラムでは、排他制御のオーバーヘッドが半分近くを占めている。

4 おわりに

今回の並列UNIXの試作によって、Limited Symmetry方式による並列化は、CPU台数が数台規模で、通常の利用環境下においては、排他制御のオーバーヘッドが10%以下であることがわかった。

今後は、パフォーマンスの向上とともに、ユーザにthreadライブラリ等の並列プログラミング環境を提供していく予定である。

謝辞

ご協力いただいた(株)PFUの西嶋部長、上野課長、貝沼氏、日頃ご指導ご助言を頂く富士通研究所林部長、ならびに研究室のメンバに感謝致します。

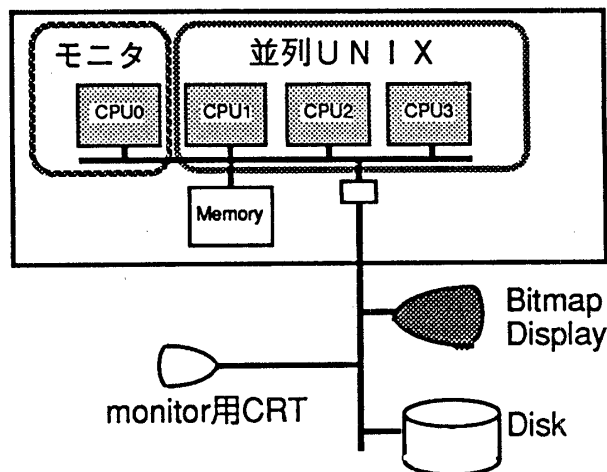


図2 並列OSの開発環境

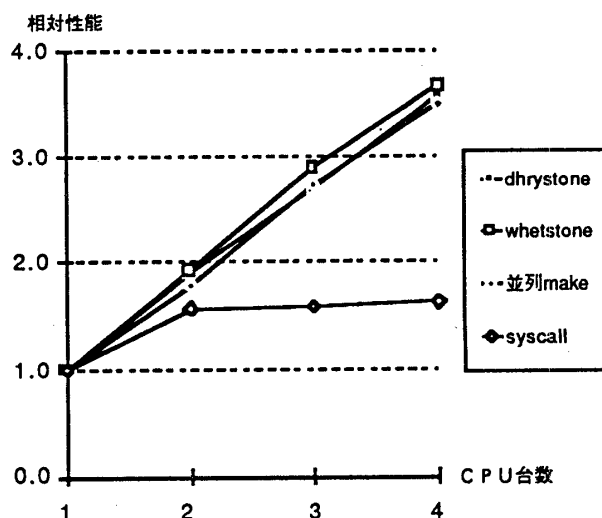


図3 ベンチマークによる台数効果

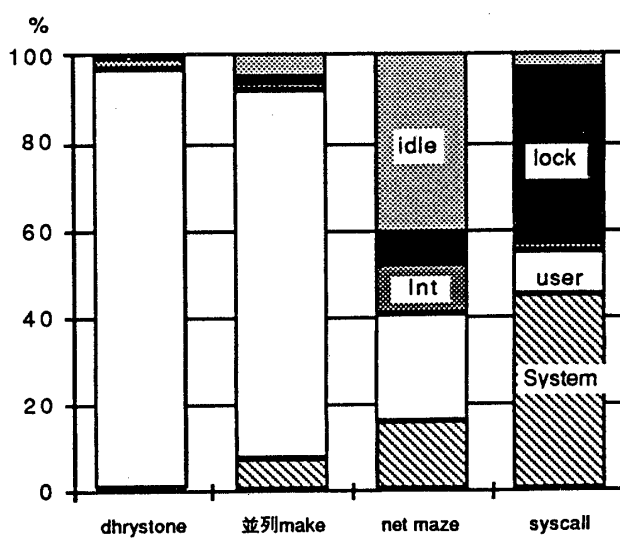


図4 CPU時間の各モードの比(3台で実行)

参考文献

Limited Symmetry方式を用いた並列OSの試作、住元、岸本、服部 信学会コンピュータシステム研究会 CPSY89 1989年12月