

6T-1 並列処理マシンHYPHEN B-16の実行管理機構

松枝久晴・都志見圭一・梶野公平・大島龍博・有田五次郎

九州工業大学

1. はじめに

現在、我々はi80286マイクロ・プロセッサをベースとした、メモリ共有MIMD型並列計算機HYPHEN B-16を開発中である。この計算機は、プロセッサ・ユニット(Pu)と、メモリ・ユニット(Mu)から構成されるプロセッサ・モジュール(Pm)をH-Rバスと呼ばれる階層的な二進木構造バスで結合している密結合型並列計算機である(図1)。また、並列処理におけるプロセスの同期操作を高速に行うための、FIFOキューをハードウェアに組み込んでいる。本論では、オペレーションを点、制御の移動を枝とする木構造グラフで表現される待無し並列プログラム(SPP)の概念を示し、HYPHEN B-16のFIFOキューを利用したSPPプロセスの実行管理機構について報告する。

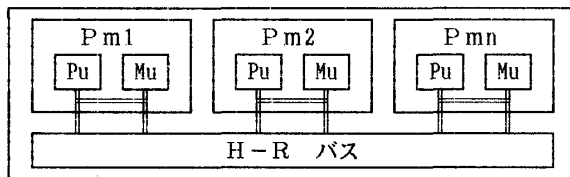
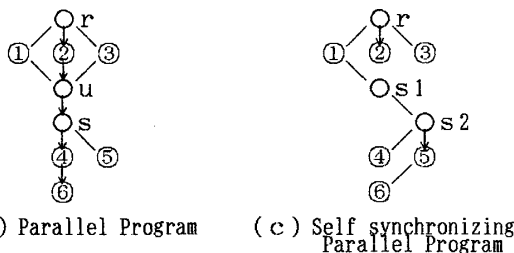


図1 HYPHEN B-16のシステムモデル

2. 待無し並列プログラム

- ①SX=SIN(X)
- ②SY=SIN(Y)
- ③CX=COS(X+Y)
- ④Z1=CXY*(SX+SY)
- ⑤Z2=SQRT(SX*SX+SY*SY)
- ⑥Z=Z1/Z2

(a) Sequential Program



(b) Parallel Program (c) Self synchronizing Parallel Program

図2 待無し並列プログラム

従来のMIMD型並列処理システムでは、同期操作を主にソフトウェアで行っているものが多い。しかし、各オペレーションが小さく、数の多い高多重並列処理システムに

おいては、ハードウェアによる高速な同期手段と、それに適合したアルゴリズムが必要である。

図2のプログラム(a)を、木構造で表現すると(b)が得られる。同一列のオペレーションは、同一プロセッサ上での処理を表し、異なる列のオペレーションは、異なるプロセッサ上での処理を表す。下方に向かう枝は逐次処理を、横に向かう枝は並列処理を表す。r, sおよびuは、それぞれ並列分岐および同期のオペレーションを表している。(b)の表現に、適当な変換操作を施すことにより、(c)が得られる。このときプログラム実行過程で同期操作の合流点を持っていない。このようなプログラムをSPP(Self synchronizing Parallel Program)と呼んでいる。

SPPは、プロセッサが各オペレーションを先着順(FCFS)に処理することによって自然に同期をとることができる。ここで、FCFSは、FIFOメモリを用いて簡単にハードウェア化できるため、FIFOキューを利用すると、SPPを高速に処理することができるであろう。

3. SPPの実行管理機構

SPPでは、同一プロセッサ上において一度制御が渡ると中断されずに実行されるオペレーションをタスクと呼ぶ。例えば、図2において{①}, {s1}, {s2}, {⑥}等がタスクである。SPPの実行管理機構は、タスクの入口番地を保持するFIFOキューと、次の二つの操作を持つ。

(1) タスク切替 (Exchange Task)

一つのタスクの実行が完了すると、プロセッサは自分のキューから次に実行すべきタスクを取り出し、その入口番地に制御を渡す。もしキューが空であればプロセッサはアイドル状態となり、次に実行すべきタスクがキューに登録されるのを待つ。

(2) 並列分岐 (Parallel Branch)

他のプロセッサに割り当てられたタスクの起動は、そのタスクが割り当てられているプロセッサのキューに、そのタスクの入口番地を登録することによって実現される。タスクを起動した側のプロセッサは引き続き実行を続けることができるので、この操作は並列分岐となる。

図2の(c)において、異なるプロセッサに入る枝は、並列分岐を表し、同一プロセッサ上の他のオペレーションに入る枝を持たないオペレーションは、タスク切替を表す。

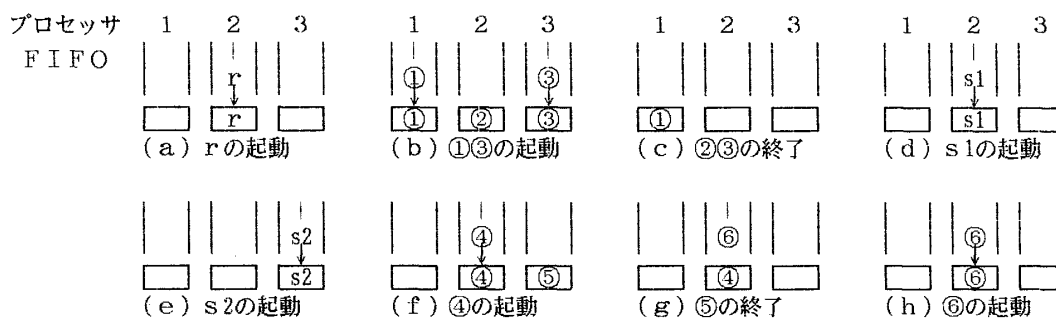


図3 SPPの実行例

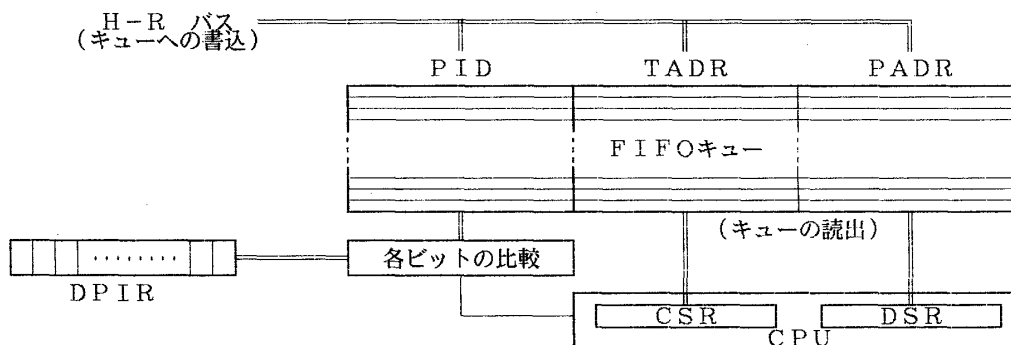


図4 FIFOキューの構成

図3は、図2の(c)で表現されたSPPをFIFOキューを用いて、どの様に処理して行くかを模式的に表現した図である。各オペレーションの処理時間にばらつきがあっても、FCFSの規則に従うことによって自然に同期がとれることがわかる。HYPHEN B-16では、このようなSPPプロセスが複数処理されるマルチタスク・システムである(この場合のタスクは、SPPタスクと異なる)。ここで、もし、あるSPPプロセスの一部が、80286プロテクションの一般保護例外割り込みを起こした場合、このSPPプロセスを、他のSPPプロセスに何等影響を与えずにシステムから除外しなければならないという問題が生じる。そのため、SPPプロセスにプロセス番号(PID)を割り付け、FIFOキューからタスクを読み出すときにそのタスクが有効であるかどうか判断し、もし有効でなければ、そのタスクを読み飛ばして、次のタスクをFIFOキューからフェッチする。図4に示しているDPIRは、このような実行不能プロセス番号を保持するレジスタである。このレジスタは32ビットで構成されており、32個のSPPプロセスを監視できる。プロセッサがFIFOキューをアクセスすると、FIFOキューから読みだされたPIDと、DPIRの内容の比較を、各ビット単位でハードウェアが自動的に行う。DPIRは、OSが管理しなければならない。

並列分岐操作によって、プロセッサは、他のプロセッサのFIFOキューに処理されるタスクの入口番地(TADR)と、引数の受渡し番地(PADR)を書き込む。また、タスク切替操作により、プロセッサは、自分のキューからTADRとPADRをフェッチしてコード・セグメント・

レジスタとデータ・セグメント・レジスタにセットしてタスクの切り換えを行う。FIFOキューは、メモリ中にマッピングされている。HYPHEN B-16のMuは、自他Pmが、直接アクセスできるシステムメモリと自Pmしかアクセスできないファームウェアメモリで構成されている。そこで、FIFOキューの書き込み番地は、システムメモリにマッピングし、読み込み番地は、ファームウェアメモリにマッピングしている。こうして、FIFOキューに対するアクセス競合を防いでいる。

4. おわりに

現在、HYPHEN B-16のプロセッサ・ユニットとメモリ・ユニットは、ほぼ完成し、アクセス機構であるH-Rバスを開発中である。今後、二台以上のプロセッサ・モジュールを結合することにより、H-Rバスの実行効率、FIFOキューによる同期操作速度等、実測データを測りたい。

5. 参考文献

- 1) 有田五次郎: FIFOキューを同期手段とする並列プログラムについて(I), 情報処理学会論文誌, Vol.24, No.2, p838
- 2) 有田五次郎: FIFOキューを同期手段とする並列プログラムについて(III), 情報処理学会論文誌, Vol.24, No.6, p221
- 3) 都志見他: メモリ共有型並列処理マシンHYPHEN B-16へのメモリ管理機構の拡張(I), 電気関係学会九州支部大会第40回連合大会(1987)