

並列処理システム一晴一の要素プロセッサ制御方式

4H-2

石崎一明 石井吉彦 萩本 猛 山名早人 村岡洋一

ishiz@muraok.waseda.ac.jp

早稲田大学 理工学部

1. はじめに

本報告では、並列処理システム一晴一[1]における仮実行時の要素プロセッサ (PE) 内の制御方法について述べる。仮実行方式とは、プログラムの並列実行を妨げる原因の一つである制御依存を超えてeager evaluationを行う方式である。

従来のパイプラインプロセッサ等のeager evaluationは、単一プロセッサ内で行われていたためその範囲が小規模であった。一晴一では、仮実行を複数プロセッサを用い、多段にわたってeager evaluationを行う。

ここで問題となるのは分岐が決定した際の、複数PE間にわたるPEの制御方法である。制御を一箇所で集中的に行うと1000台規模のプロセッサではオーバヘッドが無視できない。そこで、我々は実行制御をPE毎に分散して行う方式を提案している[2]。

本報告では、まず仮実行の単位としてActivation Setという制御単位を定義する。次に、Activation Setを用いた仮実行時のPE毎に独立した制御方法について、その概要を述べる。さらに、PE内での具体的な処理手順を示す。

2. Activation Setと仮実行

一晴一では、CDフロー方式によってマクロブロックと呼ぶステートメントの集まりを単位としてデータ駆動で実行を行う。

GCG (Global Control Graph) は、図1に示すように全マクロブロック間の制御フローを示したコントロールフローグラフである。図1の各ノードはマクロブロック (MB) またはSelectノードを表す。アークはコントロールフローを表す。Selectノードは、そのノードから出るアークのうち、一本のアークが選択されることを示す。

2つ以上のマクロブロックが並列に実行可能な場合はそれらのマクロブロック間を直接アークで接続する。つまり、1)SelectノードとSelectノードではさまれたマクロブロック群、あるいは2)Selectノードとアークの合流点ではさまれたマクロブロック群がこれにあたる。この中のマクロブロックは全て同一の制御を受ける。

このマクロブロック群は同一の制御をうけるため、複数のマクロブロックは全て同一の起動回数を持つ。従来、我々が提案してきた仮実行時のパケット管理は、マクロブロックの起動回数を用いて行っている[4]。よって、パケット管理の単位を従来の単一マクロブロックから上記のマクロブロック群に拡張することができる。従って、仮実行を上記のマクロブロック群を単位としておこなうことができる。この同一の制御を受けるマクロブロック群を、Activation Set (AS) と呼ぶ。

これによって、従来のマクロブロックより大規模な範囲にわたって仮実行を行うことができる。

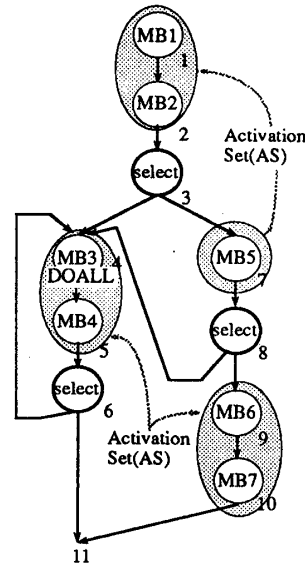


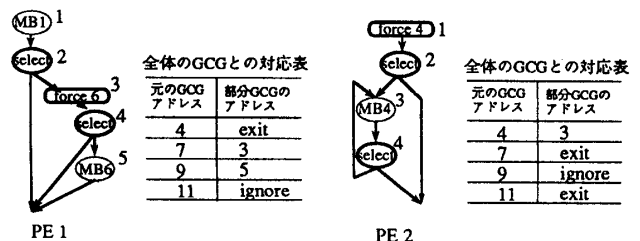
図1 GCG

CDフロー方式は、実行制御の把握が容易であるという利点を持つ。しかし、マクロブロック起動や制御情報の放送のオーバヘッドという欠点を持つ。このオーバヘッドを隠すために、一晴一では実際の実行に先だてマクロブロックを起動する。すなわち、現在実行中のASの次に実行可能なASを常に仮実行で起動する。例えば、図1において、MB5が実行されているときにMB3、4とMB6、7が仮実行で起動される。

本方式を実現するため、GCG上で同一ASまたは隣接するASに属するマクロブロックは同一PEに割り当てないように配置する。これにより、あるASを実行中に、次に実行可能な隣接するASを同時に仮実行で起動することが可能になる。

3. 仮実行時のPE内の制御方式概要

先に述べたGCGから、各PEが実行するマクロブロックの実行順序を示した部分GCG (図2) を作成する[2]。この段階でGCG上のASは、各PE毎のマクロブロックに分解されるが、あるASに属するマクロブロック群は複数のPEに渡って、同時期に実行される。例えば、図2においてMB6とMB7は別々のPEに割り付けられるが、同時期に実行される。



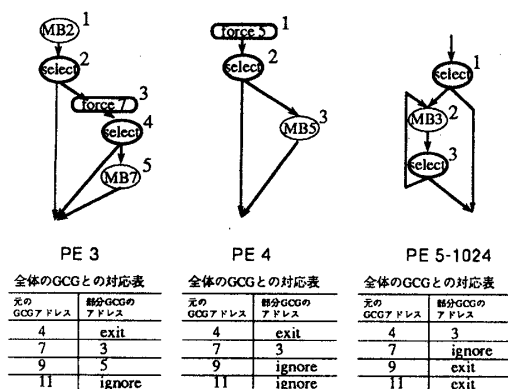


図2 部分GCG

各PEは、PE毎に用意された部分GCGに従って他のPEと独立に実行を進める。

本実行で起動されるASに属するPEでは、マクロブロックを本実行で起動する。また、仮実行で起動されるASに属するPEでは、マクロブロックを仮実行で起動後、Selectノードで経路情報放送ネットワーク（BCN：Broad Cast Network）からの経路情報待ちになる。

BCNには、1)本実行で起動されているPEから仮実行で起動されたASを選択するための経路情報を、また2)プログラム展開[3]では仮実行で起動されているPEの1つから自AS（経路情報を発行したPEで実行中のマクロブロックが含まれるAS）を選択するための経路情報を、放送する。

各PEは、この経路情報を受信すると共に自PE宛てであるかどうかを判断し、自PE宛てのもの（図2の表の中で部分GCGのアドレスの欄がignoreでないもの）であればキューに格納する。そして、部分GCG上で経路情報待ちの状態になったとき（Selectノード実行時）、次に示す処理を行なう。

1)選択情報により現在実行中のASが選ばれた場合、該当マクロブロックの実行を仮実行から本実行へ移行する。2)選択情報により別のASが選ばれた場合、該当マクロブロックの実行を停止して次の部分GCG命令を実行する。

経路情報を手がかりに行われる以上の判断は、各PEが持つ部分GCGのアドレスとGCGのアドレスの対応表に基づいて行われる。この対応表には、BCNに放送された経路情報が、各PEの部分GCGが持つSelectノードで有効であるかどうか記述されている。

4. 仮実行時のPE内の処理手順

以下では、部分GCG上でマクロブロックの仮実行を示すForceノードが実行される場合のPE内の処理手順について説明する。

- 部分GCGでForceノードが実行されると、「該当マクロブロックの仮実行による起動」を示す情報がPE内に通知される。
- 「仮実行による起動」を示す情報をうけたPE内の各ユニットは、該当マクロブロック内のプログラムを仮実行させる。

[部分GCG上のForceノードの次のノードは必ずSelectノードである。これは、仮実行で起動されているマクロブロックの成功失敗を判断する必要があるからである]

(c) 次の部分GCG上のノードであるSelectノードを実行しBCNからの経路情報を待つ。放送された経路情報によって、次のように処理を進める。

(c-1) 自PEで仮実行中のマクロブロックを含むASが選ばれる場合

部分GCGでマクロブロックの実行を示すMBノードが実行される。PE内へマクロブロックを本実行させることを通知する。

PEでは、仮実行中にPE内にスプールしていたパケットを外部に送出することで、マクロブロックを本実行をさせる。

(c-2) 自PEで仮実行中のマクロブロックを含むASが選ばれない場合

1PEでは、一時期に1つのマクロブロックしか実行されないため、PE内の各ユニットで処理中のパケットを消去することで、マクロブロックの仮実行の停止を行う。さらに、大域記憶（GM）[5]へのアクセス中のパケットは、GM内部でPE毎に持つインタフェース内で消去する。

その後、PEの各ユニットを初期化すると共に、部分GCGの実行を次ノードに進める。

5. おわりに

本報告では、GCG上の制御単位としてActivation Setを定義し、AS単位でGCGの実行を制御する方式について述べた。さらに、ASを単位として仮実行を行うことができることを述べた。また、この方式ではPE毎に独立して実行が可能であり、分散管理を行うことができる。

謝辞

本研究の遂行にあたり、数々の御助言を頂いた本研究室の安江俊明氏及び神館淳氏をはじめとする一晴グループのみなさんに感謝致します。

参考文献

- [1]H.Yamana, et al.:"Parallel Processing System -Harray-", Computing System in Engineering Vol.1, No.1, pp.111-130(1990)
- [2]山名他:" 並列処理システム一晴一におけるマクロブロック管理方式", 信学技報, CPSY90-24, pp.71-76(1990)
- [3]H.Yamana, et al.:"A Preceding Activation Scheme with Graph Unfolding Scheme for the Parallel Processing System -Harray-", Proc. of Supercomputing'89, pp.675-684(1989)
- [4]石崎他:" 並列処理システム一晴一のパケット管理機構の構成", 情処研報, 90-ARC-85-2, pp.7-14(1990)
- [5]山名他:" 並列処理システム一晴一における大域記憶", JSPP'90論文集, pp.113-119(1990)