

データ駆動計算機 E D D E N における 6W-2 発火制御とカラー管理

田中一行 三浦宏喜 川口正樹 清水雅久 森 憲敬
三洋電機(株) 情報通信システム研究所

1. はじめに

我々は、実用的な並列処理計算機の実現に向けて、データ駆動計算機 E D D E N (Enhanced Data Driven ENgine) の開発を行っている。E D D E N は 1 チップの CMOS-LSI で実現する要素プロセッサを基本処理モジュールとし、これを最大 1024 台接続した大規模データ駆動計算機の実用化を目指している。E D D E N の設計方針、要素プロセッサの構成、及び全体構成については既にその概要を報告している⁽¹⁾。

E D D E N では色付きトークン方式の動的データ駆動アーキテクチャを採用することにより、関数共用によるプログラムメモリの有効利用、及び関数多重実行によるパイプライン充足率の向上を図る。そこで、要素プロセッサを 1 チップで実現するためには、発火制御機構、及びカラー管理機構をできるだけ少ないハードウェアで構成することが要求される。

本稿ではこのような見地にに基づき、E D D E N 要素プロセッサの発火制御機構、及びカラー管理機構についてその設計方針、構成、及び動作概要について報告する。

2. E D D E N 要素プロセッサの全体構成

図 1 に E D D E N 要素プロセッサ (P E) の概略構成を示す。基本構成要素はノード番号の更新などを行うプログラム記憶 (P S)、発火制御・カラー管理部 (F C C M)、32 ビット浮動小数点演算などの命令を実行する命令実行部 (E X E)、及び緩衝記憶機構キュー (Q) であり、これらが巡回パイプラインを形成している。この他、外部データメモリ内の配列に対するベクトル演算などを行うベクトル演算制御部を備えている。

また、E D D E N は P E がトラス結合網で接続された構成を基本としており、P E には 4 系統の通信ポート及びセルフルーティング機構を有するネットワーク制御部 (N C) を設けている⁽²⁾。

3. 発火制御・カラー管理部 (F C C M) の設計方針

一般に動的データ駆動方式では、演算に必要な 2 つのオペランドを待ち合わせる機構が必要である。これは、ノード空間と等しいアドレス空間をもつメモリを用いれば実現できるが、この場合メモリの使用効率が極めて悪くなるとともにチップ上に実装することが困難である。

そこで、メモリ容量を削減するため、ハッシュビット方式を用いた待ち合わせ機構を用いてきたが⁽³⁾、この場合ハッシュ衝突時のオペランドの取扱いが問題となる。また、色付きトークン方式を実現するためにはカラーの獲得、解放などを行うカラー管理機構を設ける必要があり、ハードウェア量は更に増大する。

そこで E D D E N では、小容量のメモリで効率の良い発火制御機構を実現すること、及びカラー管理機構を少ないハードウェアで実現することを目標とした。これらの目標を達成するために、①発火制御機構にはハッシュビット方式の待ち合わせメモリを採用し、ハッシュ衝突時の処理を効率良く行う機構を実現すること、②カラーの獲得、解放はそれぞれオペランドの発火、待ち合わせに類似していることに着目し、カラー管理を発火制御機構を利用して実現することにした。

4. F C C M の構成

図 2 に F C C M の構成図を示す。待ち合わせメモリはオペランドバケットのノード情報及びカラー情報から生成するハッシュアドレスにより参照されるハッシュメモリ、及びハッシュ衝突時に未発火オペランドをリンクリスト方式で格納するバッファメモリから構成される。ハッシュメモリをデュアルポートメモリで実現することにより処理速度の向上を図っている。ハッシュメモリ及びバッファメモリはそれぞれハッシュアドレス情報を除くノード情報及びカラー情報を格納するタグ領域、及びリンクリストにおける次の未発火オペランドへのポインタを格納するポインタ領域を有している。なお、リンクリストに含まれる未発火オペランドのデータ値そのものはハッシュメモリ及びバッファメモリのそれぞれのアドレスに対応したデータメモリに格納される。また、バッファメモリの空きアドレスはスタックによって管理されている。

一方、カラー管理機構を実現するために、ハッシュメモリのノード空間外の 1 アドレスをカラー管理アドレスに設定した。使用可能なカラーはこのアドレスを先頭としてバッファメモリに未発火オペランドと同様のリンクリスト形式で格納される。即ち、バッファメモリには、ハッシュ衝突時の未発火オペランドと使用可能なカラーとを区別することなく効率よく格納することができる。

Firing Control and Color Management on the Data Driven Computer " E D D E N "

Kazuyuki TANAKA, Hiroki MIURA, Masaki KAWAGUCHI, Masahisa SHIMIZU, Noriyuki MORI
SANYO Electric Co., Ltd.

このように、特別なハードウェアを追加することなく、発火制御機構を利用することによってカラー管理機構を実現している。

5. FCCMの動作概要

(1) 発火制御

FCCMに到着したオペランドは、そのハッシュアドレスによりハッシュメモリを参照し、発火検出を行う。ハッシュ衝突が発生しない場合はハッシュメモリのみによって発火制御が行われる。ハッシュメモリはデュアルポートメモリで実現されているので、オペランドの発火検出を他のオペランド対の生成と同時に進行することが可能となり、発火制御を高速に行うことができる。

ハッシュメモリを参照したときハッシュ衝突が生じた場合は、そのハッシュアドレスに格納されているポインタによってバッファメモリをアクセスする。バッファメモリにおいても衝突が生じた場合は、そのポインタにより未発火オペランドのリンクリストをオペランドが発火するまで順次検索する。リンクリストを最後まで検索してもオペランドが発火しない場合、即ち対となるべきオペランドが未到着の場合は、スタックからバッファメモリの空きアドレスを取り出し、オペランドをリンクリストの末尾に追加する。

一方、リンクリスト内のオペランドが発火する場合には、新たに発生するバッファメモリの空きアドレスをスタックに返却し、リンクリストの再編成を行う。これはポインタを1箇所書き換えることにより行うことができる。ただし、リンクリストの先頭、即ちハッシュメモリでオペランドが発火した場合は、新たにリンクリストの先頭となるべきオペランドをバッファメモリからハッシュメモリへ移動させる必要がある。

(2) カラー管理

ハッシュメモリに設けられたカラー管理アドレス及びバッファメモリには使用可能なカラーが未発火オペランドのリンクリストと同様の形式で予め格納されている。カラーの獲得は通常のオペランドがリンクリストの先頭で発火する場合と同様の処理を行う。即ち、カラー管理アドレスからカラーを取り出すとともに、新たにリンクリストの先頭となるカラーをバッファメモリからカラー管理アドレスに移動させ、バッファメモリ内に発生した空きアドレスをスタックに返却する。

一方、カラーの解放は、通常のオペランドの発火制御における未発火オペランドの格納に対応づけることができる。ただし、この場合はリンクリストを最後まで検索する必要はなく、直ちにスタックからバッファメモリの空きアドレスを取り出し、解放されたカラーをリンクリストの先頭から2番目に挿入すればよい。

また、使用可能なカラーが存在しない場合にはカラー獲得要求がカラー管理アドレスを先頭としたリンクリストを形成してカラーの解放を待ち、カラーが解放される

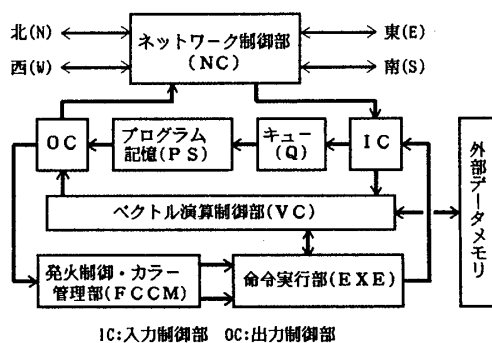


図1 要素プロセッサの構成

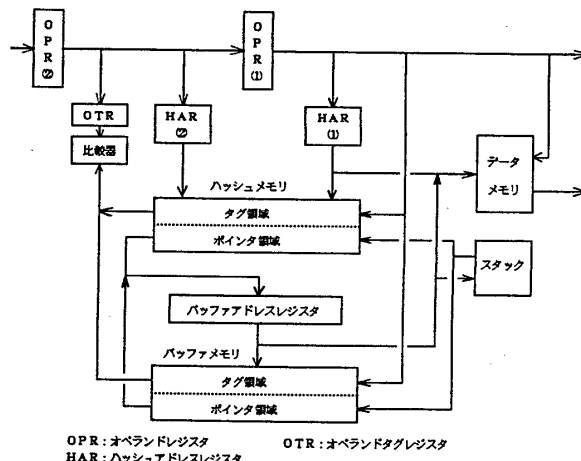


図2 発火制御・カラー管理部(FCCM)の構成

と直ちにカラーの獲得が行われる。

以上のような方式により、カラーの獲得、解放、及びカラー数の制御を通常の発火制御機構を用いて行うことができる。

6. おわりに

EDDEN要素プロセッサにおける発火制御機構、及びカラー管理機構について述べた。本要素プロセッサでは①小容量メモリによる効率の良い発火制御機構の導入、②カラー管理機構と発火制御機構との融合、によりハードウェア量の削減を図る。これは要素プロセッサの1チップ化と性能向上に大きく寄与するものと考えられる。

本研究を御指導、御支援して下さい関係各位に深く感謝します。

参考文献

- (1) 三浦他：「高並列データ駆動計算機EDDENの概要」, 情報処理学会第38回全国大会講演論文集2T-2.
- (2) 三浦他：「データ駆動計算機EDDENの通信制御機構」, 情報処理学会第39回全国大会講演論文集.
- (3) 田中他：「データ駆動計算機SPMの試作」, 情報処理学会第36回全国大会講演論文集7B-5.