

データ駆動計算機 EDDEN における並列画像処理

6 L - 6

大上靖弘 岡本一晃 三浦宏喜 清水雅久

三洋電機(株) 情報通信システム研究所

1 はじめに

我々は、データ駆動アーキテクチャに基いた実用的な並列処理計算機の研究を進めており、プロセッサ数1000規模の高並列データ駆動計算機 EDDEN を開発中である[1]。EDDEN ではその要素プロセッサとして、1) 循環パイプライン方式の数値演算機構、2) ベクトル演算機構、3) 通信制御機構、を1チップのCMOS-LSI上に実現[2]しており、この要素プロセッサLSIをメッシュ/トラス状に多数結合することによりシステムを構成している。我々はすでに、この要素プロセッサLSIを64台接続した中規模並列処理システム pEDDEN(personal-EDDEN)の開発と基本的な性能評価を終了している[3][4]。

今回、データ駆動計算機 EDDEN の性能評価の一環として、pEDDEN 上で画像処理における演算性能及び通信性能の評価を行なった。本報告では、まず今回の評価の方針について述べ、次に処理内容と得られた結果を示して考察を行ない、最後に今後の課題について述べる。

2 評価の方針

今回の評価実験では、まず画像処理分野における EDDEN の基本的な演算性能の評価を行ない、さらに PE 間通信性能を含んだ性能評価を行なう方針とした。前者に関しては、アフィン変換による画像の回転を行なうプログラムを使用した。後者に関しては、2次元高速フーリエ変換(FFT)プログラムを使用し、プロセッサ結合網の性能についての考察も行なった。

3 アフィン変換

256×256画素の画像に対して画像の真中を中心とした回転を繰り返し行ない、実行時間を測定した。pEDDEN では64PEを使用し、スカラ演算のみで処理を行なった。他の計算機では、それぞれのコンパイラによって最適化を施して処理を行なわせた。

評価結果を図1に示す。図の縦軸は、SS2上で最適化を行わずに実行した場合の実行時間(227.3msec)を1とした時の各計算機の性能比である。

図に示すようにベクトル化を行なわない場合、pEDDENはCONVEXの8.9倍、TITANの9.9倍、SS2の8.8倍という値が得られた。また、他の計算機でベクトル化を行なった場合も、CONVEXの1.5倍、TITAN

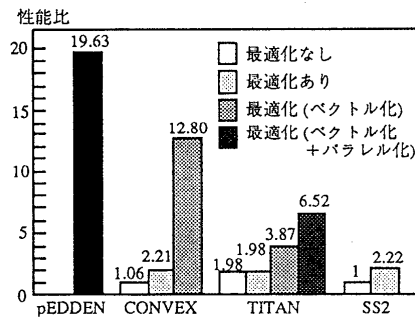


図1: アフィン変換による性能評価

の3.0倍という結果を得た。アフィン変換のような並列性の高い画像処理に関して、スカラ演算のみでも EDDEN が優位にたてることが示された。

しかし、同時にこれらの結果は、EDDEN が備えているベクトル演算機構を有効に利用することによってより一層の性能向上が期待できることをも示している。

4 高速フーリエ変換(FFT)

4.1 並列処理手法

多量のプロセッサ間通信を必要とする2次元FFTによって、PEの台数効果の評価と、他の計算機との性能比較を行なった。

$M \times N$ 画素の画像データに対する2次元のFFTは縦方向にM点FFTをN回行ない、横方向にN点FFTをM回行なうことによって求められる。

n個のPEを使用して、 $M \times N$ 画素に対して2次元FFTを行なう方法として、各PEにおいて最初 $M \times \frac{N}{n}$ 画素のデータを2次元配列変数として持ち、M個のデータに対して1次元FFTを行なった後、他のPEへ計算結果を転送してデータの縦横を入れ換える。この処理を $\frac{N}{n}$ 回繰り返す、全てのPEで処理が終了すると、次は各PEがN個のデータに対する1次元FFTを $\frac{M}{n}$ 回行なう。

今回の実験はカラー画像データを使って行なった。画像のRGBデータはそれぞれ独立に処理を行なうことができるため、使用するPEを3つのグループに分けて各々にRGBの内の一色を割り当て、各グループ内で処理を行なうことによってプロセッサ間通信を軽減した。

Parallel Image Processing on the Highly Parallel Dataflow Machine EDDEN

Yasuhiro OUE, Kazuaki OKAMOTO, Hiroki MIURA, Masahisa SHIMIZU

SANYO Electric Co., Ltd.

また、使用した2次元FFTプログラムでは、1画素の情報を実数部、虚数部と画素のx座標、y座標の4つのデータで構成しており、 $M \times N$ 画素の場合に扱われる総データ量Aは $4MN[\text{words}] (=16MN[\text{bytes}])$ となっている。

これを $3p$ 個のPEで行なう場合、 p 個のPEがRGBのうちの一色を担当することになる。したがって、各々のPEは A/p のデータを持ち、これを同じ色を担当している p 個のPEに分散するわけであるが、その内の $1/p$ は自分のデータであるので、1個のPEから他のPEに転送されるデータ量は $\frac{A}{p} \times \frac{p-1}{p}$ となる。したがって、全体では $\frac{A}{p} \times \frac{p-1}{p} \times 3p = \frac{p-1}{p} \times 3A$ となる。

4.2 台数効果

128×128画素のカラー画像に対して、2次元FFTと逆FFTを行ない、実行時間を測定した。実験を行なったPE数は1, 3, 6, 12, 24, 48の6通りである。

評価結果を図2に示す。図の縦軸は1PEの時の実行時間(18.37sec)を1とした時の性能比である。

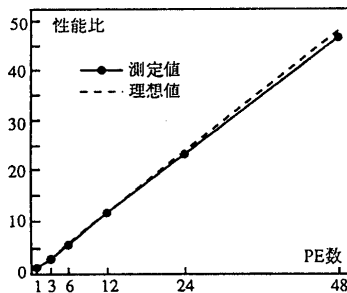


図2: FFTにおける台数効果

48PEでの実行時間は395msecで1PEの46.5倍となっており、ほぼリニアな性能向上が得られた。

4.3 通信性能の評価

今回使用したプログラムでは、FFT計算とデータの転送が逐次に行なわれており、両者が同時に実行されることはないので、理想値と測定値の実行時間の差はPE間通信に使用された時間にはほぼ等しいと考えられる。これから計算すると、FFTと逆FFTの2回の通信に使用された時間は17.4msecであった。128×128画素に対するFFTを48PEで行なった際に転送されたデータ量は約740Kbytesであり、このことから2次元FFTにおける実効的な通信性能は約85Mbytes/secとなる。

EDDENの1PEのデータの入出力性能の最大値は10Mbytes/secであるので、今回のような通信形態の場合、48PEでは480Mbytes/secと考えられる。つまり、今回の実験データは理論値の1/5以下であり、EDDENの通信性能にまだ十分な余裕があることがわかる。したがって、さらにPE数を増加させても十分な台数効果が得られると考えられる。

4.4 他計算機との性能比較

256×256画素のカラー画像に対して、2次元FFTと逆FFTを行なった結果を図3に示す。CONVEX, TITAN, SS2ではコンパイラによって最適化を行なった場合のデータを示している。図の縦軸はSS2で最適化を行わずに実行した場合の実行時間(41.36sec)を1とした時の各計算機の性能比である。

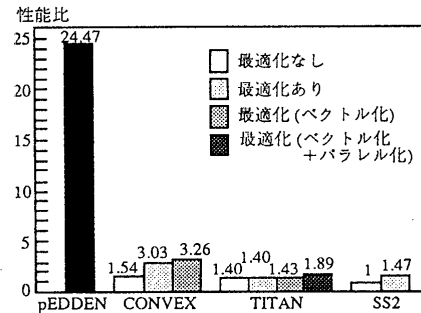


図3: FFTにおける性能比較

図に示すようにpEDDENはCONVEXの7.5倍、TITANの12.9倍、SS2の16.6倍という値が得られた。2次元FFTのような多量のPE間通信を必要とする画像処理において、EDDENの優位性が示された。

5 まとめ

中規模並列データ駆動計算機pEDDENを用いて、画像処理における性能評価を行なった。1)アフィン変換による画像の回転、2)2次元高速フーリエ変換の2種類のプログラムを実行した結果、EDDENが画像処理演算に関して、高い性能を発揮することが確認できた。また、台数効果に関しても十分な結果を示し、さらに高並列なシステムへの見通しも得られた。今後は、ベクトル計算機能の活用、プロセッサ間通信の効率を高めるプログラミングなどによって画像処理演算性能の向上を図るとともにさらに実用的なアプリケーションによる評価を進めていく予定である。

参考文献

- [1] 三浦ほか, データ駆動計算機EDDENのアーキテクチャ, 情処論文誌, Vol.32, No.7 (July 1991).
- [2] 三浦ほか, データ駆動計算機EDDENの要素プロセッサLSI, 第42回情報処理全国大会, 6W-3 (1991).
- [3] 大橋ほか, データ駆動計算機EDDENの中規模並列システムの開発, 第43回情報処理全国大会, 7Q-2 (1991).
- [4] 岡本ほか, データ駆動計算機EDDENの基本性能評価, 並列処理シンポジウムJSP'92論文集, pp.337-344 (1992).