

画像処理プロセッサのアーキテクチャ決定法に関する検討(1) ～アプリケーションプログラムからの命令セットの選定法～*

5H-7

須藤 智之[†] 宮内 新[†] 石川知雄[†]
武蔵工業大学[‡]

1 はじめに

画像認識の分野において、動画像を実時間で処理し、得られた情報を利用するには、ソフトウェアだけでは画像処理時間がかかり過ぎるという問題がある。そのため、画像処理時間を短縮する方法として、ハードウェアによる処理が考えられる。画像処理プログラムをハードウェアに実装する為には、プログラムの実行に必要な命令群の選定、効率良く実行できる並列アルゴリズムの設計が必要となる。

本研究では、高級言語で記述されたアプリケーションプログラムからプロセッサのアーキテクチャを決定する手法について検討する。

本稿では、動画像からオプティカルフロー（以下OF）を得るソフトウェアプログラムを動作させる画像処理プロセッサを想定して、そのプロセッサのための命令セットを決定する手法について報告する。

2 命令セットの選定法

2.1 プロファイル情報の取得

本研究では、OF抽出アルゴリズムの例として、階層的推定を用いた勾配法 [1] を用いた。このアルゴリズムを用いて、OFを抽出するプログラムをC言語により作成した。

作成したC言語プログラムの、OF抽出の部分（一つの関数となっている）を一般的なプロセッサに備わっている基本命令のみを用いて手作業でアセンブリ言語に書き換える。ここで、基本命令を備えた仮想的なプロセッサとして、32bit汎用レジスタを64個装備したものを想定した。

*A study on decision method of architecture for image processing processor (1) — Methodology of selecting instruction set from application program —

[†]Tomoyuki Sudo, Arata Miyauchi, Tomoo Ishikawa

[‡]Musashi Institute of Technology

このプログラムを実行し、アセンブリ言語レベルでの各命令の実行頻度などのプロファイル情報を得る。

2.2 命令セットの検討

得られたプロファイル情報を元に、命令セットの検討を行う。ここで得られた情報は、命令の実行回数、命令毎の総クロック数、命令の実行順を考慮した実行回数である。これらの情報を用いて、より高速に動作できるような命令セットの検討を行う。

2.2.1 基本命令セットでの実行結果

まずはじめに、一般的なプロセッサに実装されている基本的な命令のみを用いた結果を表1に示す。

表1: 基本命令セットのみの場合

命令	実行回数	頻度
add	30,532,367	38.8%
move	14,337,436	18.2%
mul	13,706,166	17.4%
ld	8,471,282	10.8%
sub	5,755,084	7.3%
⋮	⋮	
総実行命令数	78,672,587	100%

表1から、add, move, mul, ldの命令のみで、総実行命令数の約85%を占めているということがわかる。表2の結果と、アセンブリ言語プログラムから、add,mul命令の連続、add,add命令の連続は主に、画像上の座標をメモリ上のアドレスに対応させるための座標計算に費されている。このため、座標計算をハードウェアに行わせることによって座標計算に掛

表 2: 実行の順番を考慮した実行回数

命令	実行回数
add,mul	11,078,022
add,add	8,560,090
ld,add	7,662,774
move,add	6,649,550
mul,move	5,458,594
⋮	⋮

かる時間を減らせることが分かった。

そこで、座標計算を自動的に行わせるため、表 3 に示すレジスタセットを増設し、それを利用する命令を新たに定義した。レジスタ B,S,XY が 1 組で 1 つの画像上の座標を表し、 $B+Y \times S+X$ という計算式で座標 (X,Y) のアドレスを計算している。そのレジスタセットを 8 組用意した。そのレジスタセットを使用する命令例として addxy がある。この命令はある座標 (x_1, y_1) と (x_2, y_2) の輝度値を加算する命令である。

また、move,add 命令が連続して発生することから、基本命令を拡張したものとして、これらを一にまとめた moveadd 命令なども新たに定義した。

表 3: 新たに追加したレジスタ

レジスタ種	個数
基準アドレスレジスタ:B	8
画像幅レジスタ:S	8
座標レジスタ:XY	8
重みレジスタ:W	9

表 4: 新たに加えた命令
画像処理に特化した命令

addxy	subxy	ldxy	stxy
ldx	ldy	stx	sty
addx	subx	addy	suby
stx4	sty4	add9	
基本命令の拡張命令			
moveadd	movesub		

2.2.2 命令を追加した場合の結果

これらの命令を用いた場合の実行結果を表 5 に示す。

表 5: 命令を追加した場合の実行結果

命令	実行回数
add	3,437,218
moveadd	2,936,728
move	2,837,152
asr	2,227,109
subxy	2,025,770
⋮	⋮
総実行命令数	26,007,557

以上の結果から、実行命令数が大幅に減少していることが分かる。また、実際に演算回路を設計し、遅延時間を求めることによって各命令にどのくらいのクロック数が掛かるかを見積り、その値を用いて全体のクロック数を求めた。その結果を表 6 に示す。この場合も、命令追加後の方がクロック数が約 60% 減少したという結果が得られた。

表 6: 命令追加前と追加後の総クロック数

命令追加前	命令追加後
444,457,260	164,350,181

3 むすび

本研究では、C 言語のプログラムからアセンブリ言語プログラムを作成し、実行させたときの命令の実行頻度、実行順を考慮した実行頻度、クロック数を基に命令セットの選定を行った。その結果、実行命令数、総クロック数を改善することが出来た。今後の課題は、レジスタ間の依存関係を考慮した並列実行可能部分の抽出や、レジスタの利用効率などについてを考慮し、命令の選定を行うことである。

参考文献

- [1] 佐藤 誠, 佐々木 宏: “動画像における動きベクトルの階層的推定法”, 信学論 (D), J69-D, 5, pp.771-776(1986-05)