

MPEG 動画画像処理専用プロセッサの設計 -arctan 演算の高速化-

相田 宏平[†]

神崎 真吾[†]

中野 秀洋[†]

宮内 新[†]

武蔵工業大学[†]

1. はじめに

現在、PC などのコンピュータを用いて動画画像を扱うことはごく当たり前のことである。この背景には、動画画像符号化の発展と普及がある。特に、国際標準である MPEG 符号化方式は、通信、放送、蓄積などに幅広く利用されている。そこで、画像情報処理の分野として、MPEG 形式の特徴を積極的に利用して、符号化されたデータを復号せずに画像処理を行うという研究が進められている。この方法によって、運動解析や動領域検出といったことが可能である。

そもそも、動画画像を扱うようなアプリケーションは複雑な処理が必要とされ、1 フレームあたりに何百万ものオペレーションが必要になる。従来、このような処理は汎用の高速なコンピュータで行われてきた。

しかし、このような動画画像処理の応用を考えると、低速で資源制約のあるエンベデッドシステムへの応用が必要であると考えられる。

そこで我々のグループでは、MPEG 動画画像処理専用プロセッサ (MBEP) を提案し、研究を進めている。

本稿では、MBEP に搭載する特殊演算ハードウェアに関して検討と評価を行う。

2. MPEG ビットストリーム処理要件

2.1 ターゲットアプリケーション

ターゲットとなるアプリケーションは運動解析などで用いられる動領域検出とする [1] [2]。

2.2 パラメータ抽出

画像処理のためには処理対象となるパラメータの抽出が必要である。MPEG ビットストリームは固定長パラメータと可変長パラメータが混在する構造となっており、共に 1~32 ビットで構成される。

パラメータ抽出の高速化には、このビット列の扱いと可変長パラメータの取り扱いがキーとなる [3]。

また、抽出したパラメータを必要なパラメータだけに再構成する。

2.3 画像処理演算

抽出されたパラメータに対して各種演算を行う。ターゲットアプリケーション中では、整数型および浮動小数点型の基本的な加減乗除算や初等関数を用いた処理が行われる。

3. MBEP アーキテクチャ

MBEP (Mpeg BitstrEam Processor) は、MPEG ビットストリームから直接画像処理を行うアプリケーションのための専用プロセッサである。

図 1 に MBEP のアーキテクチャ概要を示す。

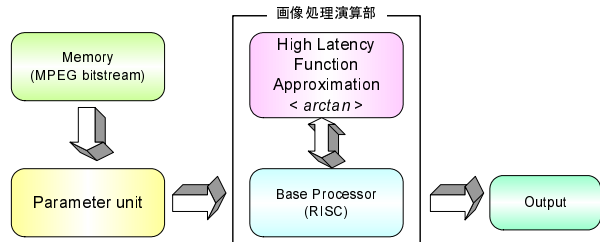


図 1: MBEP アーキテクチャ概要

図 1 における画像処理演算部の High Latency Function Approximation とは、通常のソフトウェア処理では高いレイテンシを必要とする近似計算を、ハードウェアを用いて実現することで高速化したユニットである。

4. arctan 近似演算ユニット

arctan 演算はターゲットアプリケーション中で、動領域の移動方向検出のための計算に使われる。このオペレーションは 1 フレーム中の全てのブロック[‡]について行われる。すなわち、画面サイズが 640x480 の場合、40x30=1200 ブロックに対して行われる。

4.1 arctan 演算の実行時間

ここで画像処理部のベースプロセッサとして Altera 社の NIOS プロセッサ[§]を用いて、float 型の arctan 演算にどれほどの処理を要するのか実験を行った。表 1 にその結果を示す。

表 1: arctan 演算の処理時間

Number of arctan operation	1	1200
Cycles	12000	14522800
Time [ms]	0.36	436.12

このままでは、arctan 演算をリアルタイムで行うことは困難である。

4.2 arctan に関する考察

ここで、ターゲットアプリケーションに必要な arctan の精度は必ずしも高い必要はない。そこで、図 2 に示すような離散値より閾値を設定し、そこから arctan の値を求める。ゆえに arctan の精度は整数値とする。

Design of the specialized processor for MPEG video image processing

Kohei AIDA
Shingo KANZAKI
Hidehiro NAKANO
Arata MIYAUCHI

[†]Musashi Institute of Technology

[‡]1 ブロック=16x16 pixel

[§]組込み向け 32 ビットプロセッサ, 33.3MHz

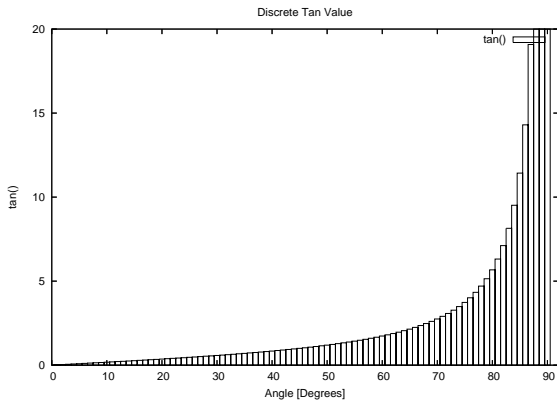


図 2: tan の離散値

4.3 ハードウェアでの実現

arctan 近似演算ユニットは 32 ビットの浮動小数点型を入力として、32 ビットの符号付整数型を出力とする。図 3 にその構成を示す。

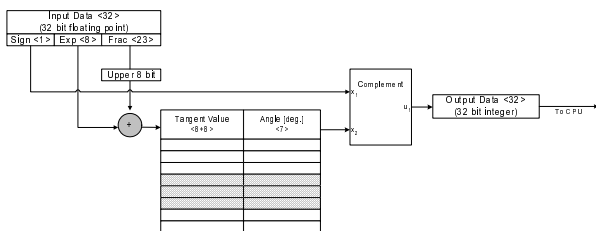


図 3: arctan 近似演算ユニットの構成

ハードウェアで arctan 演算を実現するための手法としてはルックアップ・テーブルを採用する。

このとき、閾値をうまく利用することで内部のビット幅を減少させることが可能である。ルックアップ・テーブルとの比較は、指数部 8 ビットと仮数部 8 ビットの計 16 ビットで可能である。さらにテーブルからの出力値も 7 ビットとして、後にビットを補完して結果を CPU へ出力する。

5. 性能評価

先の NIOS プロセッサにこれまで述べてきた arctan 近似演算ユニットを追加し、性能評価を行う。表 2 に arctan 近似演算ユニットを用いた実行結果を示す。

表 2: arctan 近似演算ユニットを用いた処理時間

Number of arctan operation	1	1200
Cycles	12	14400
Time[ns]	0.36	432.43

表 3 に 1 フレームあたりの処理時間の比較結果を示す。

表 3: 1 フレームあたりの処理時間の比較

演算手法	ソフトウェア	arctan 近似演算ユニット
Cycles	14522800	14400
Time	436.12[ms]	432.43[ns]

これより、arctan 近似演算ユニットを用いたほうが 900%高速である。

表 4 にベースプロセッサと演算器追加後の回路量[¶]を示す。

表 4: ベースプロセッサと演算器追加後の回路量

	ベースプロセッサ	演算器追加後
回路量	3200	3900

これより、回路量はベースプロセッサの約 1.2 倍である。

以上のように、回路量が 1.2 倍になることで、900%高速になるのだから arctan 近似演算ユニットは非常に有効だと考えられる。

6. むすび

MPEG 動画像処理において、ターゲットアプリケーションの中で使用頻度が高く、演算時間がかかる arctan オペレーションをハードウェアで高速化することで、低速な環境においてもリアルタイムで処理を行える可能性を示せた。

しかし、本稿では演算単体の評価である。一連の処理を実現するためには乗除算、浮動小数点演算、型変換などの処理が必要となる。これらも通常のソフトウェア手法ではレイテンシが高く、ボトルネックとなる。今後、各種演算器の実現方式を検討する必要がある。

参考文献

- [1] MABUCHI M, MIYAUCHI A, ZEN H, KASHIMURA M: A study on motion analysis via MPEG picture, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.96, No.297(IE96 63-66), Page21-26, 1996
- [2] 宮内新, 笹代孝次, 渡邊露文, 石川知雄: 移動オブジェクトの追跡による動画像インデクシングシステム, 映像情報メディア学会誌 Vol.54, No.3, pp.137-140, 2000
- [3] 相田宏平, 宮内新, 荒井秀一: MPEG 動画像データを直接処理する専用プロセッサの設計 -パラメータ抽出ユニット-, 情報処理学会第 66 回全国大会 Vol.1, pp.113-114, 2003

[¶]QuartusII 4.1, Altera APEX 20K