

画像処理用シストリックアレーシステムの概要

3H-7

中澤 哲夫、小田 島 眞、河井 淳
沖電気工業株式会社 総合システム研究所

1. はじめに

画像処理は、大量のデータに対する膨大な演算が多く、その処理内容は、比較的単純な演算の繰り返しから複雑な演算まで幅広い。そのためこれらの処理に対応するには、柔軟なアーキテクチャを持つシステムが求められる。そこで、このような大量データに対する大量演算とアプリケーションへの柔軟性を考慮した、画像処理用シストリックアレーシステムの概要について述べる。

2. 画像処理

画像処理は一般に、与えられた画像から、目的の情報を得るために行われる処理と考えることができ、人間の認識過程に即して言えば、信号を識別する感覚的過程と形を認知する知覚的過程およびその認知した形と概念を結び付ける認識的過程に分けることができる⁽¹⁾⁽²⁾。

そして、感覚的過程と知覚的過程の一部を前処理(早期処理: early processing)として、その後の処理と区別している。前処理後の知覚的過程、認識的過程がパターン認識等の処理となる。ここでは、前処理の後に施されるさまざまな処理を後処理と呼ぶことにする。

前処理では、入力画像の補正(雑音の除去)、強調などを行い、後処理で必要な画像に変換する。後処理では、前処理された画像に対し、特徴抽出、分類などを行い視覚的判読や定性的形状認識(パターン認識)および定量的測定などの数値的解析⁽¹⁾⁽³⁾を施す(fig-1)。



fig-1 画像処理の流れ

3. 検討方針

画像処理の前処理では、入力画像に対し、雑音除去、幾何学的補正、濃度変換、エッジ抽出、細線化、骨格化など比較的単純な演算の繰り返しが多い。後処理では、セグメンテーション、パターンマッチングなど入力画像のデータに依存した処理となり、前処理に比べ複雑な演算が多い。前処理などの大量データの高速処理に向けたアーキテクチャとして、シストリックアレー⁽⁴⁾⁽⁵⁾がある。このシストリックアレーは、演算の並列性・規則性、通信の局所性、構

造の一様性・拡張性に優れている反面、次のような問題を持つ。

- 規模の拡大に伴い各PEは、同期動作が難しくなる
 - ・クロックスキューの増大
- 用途別に構成をチューニングする必要がある
 - ・多くの処理に適応させることに伴う制御の複雑化

これに対し、シストリックアレーの特長を生かしながらアプリケーションへの柔軟性を高めることを目指し、非同期次元アレープロセッサ構造のシステムを検討する。このシステムは、次のような方向からアーキテクチャを検討した。

- PEの拡張性を高める
 - ・PE間の通信を非同期にする
- PEの独立性を持つ
 - ・各PEを別々にプログラムできる構造(MIMD)にする
 - ・各PEにローカルメモリを持たせる
- 処理の並列度を高める
 - ・演算と通信(データ転送)が同時動作する

4. アーキテクチャ

このシステムでの処理は、ホストマシン側で画像データを取り込み、画像処理用アレープロセッサボードに送る。ここで画像データを処理し、その結果をホストマシンに返す。

4.1. システム構成

システム構成を fig-2 に示す。

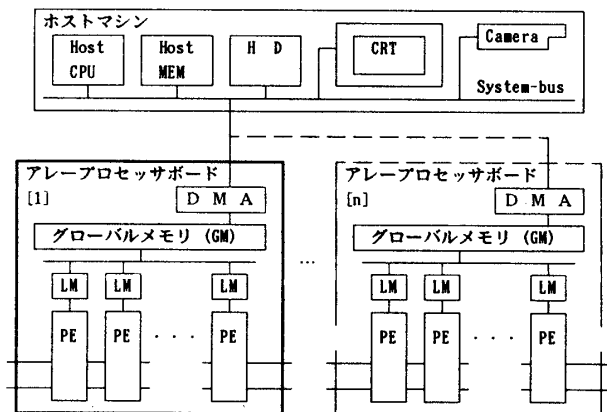


fig-2 システム構成

Overview of Systolic Array for Image Processing

Tetsuo NAKAZAWA, Makoto ODAJIMA, Atsushi KAWAI
Oki Electoric Industry Co., Ltd.

このシステムは、アレーブプロセッサボードとホストマシンから構成され、PEは、一次元に接続される。メモリは、グローバルメモリ(以降GMと呼ぶ)と、各PEにローカルメモリ(以降LMと呼ぶ)を持ち、ホストマシンのメモリとは、DMAを介しGMとの間でデータ転送が行われる。

4.2. PE構成

PE構成をfig-3に示す。

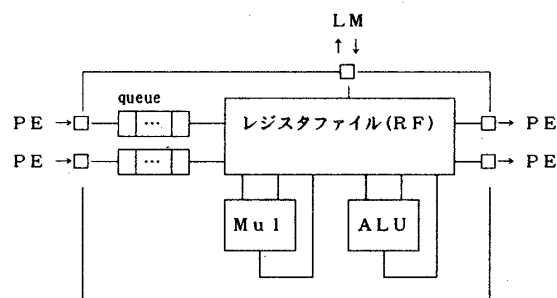


fig-3 PE構成

PEは、乗算器、ALU、RF、queueなどから構成される。queueは、隣接PEからのデータの受け取りのためのものである。乗算器とALUの演算、隣接PEとの通信(send、receive)、RFとLM間のアクセスが同時動作できるように、これらは多ポートのレジスタファイル(以降RFと呼ぶ)で結合されている。

4.3. メモリ間転送

画像データとして、フレームのデータ、フレームの水平方向に対応するラインのデータ、および画素に対応するデータを考える。PE内の各演算器では、画素単位の演算をライン方向に施すことが多いと考えられる。そこで、各メモリは、次のような画像データを扱うものとする。

- グローバルメモリ(GM)
 - ・ 複数のフレームデータを持つ
 - ・ ホストマシンとは、フレーム単位のアクセス
 - ・ LMとは、ライン単位のアクセス
 - ローカルメモリ(LM)
 - ・ ライン単位のデータとマスクの係数を持つ
 - ・ RFとは、画素単位およびマスクの1係数単位のアクセス
 - レジスタファイル(RF)
 - ・ 画素および係数のデータを持つ
 - ・ 演算器と隣接PEへは、画素単位のアクセス
- そして、次のような処理が同時動作できるものとする。
- 異なるLMによる、GMの異なるフレームへの同時アクセス
 - ・ GMとLM間のバスの二重化(fig-4)
 - PE(r)がGMの一つのフレーム(s)のデータをLMに読み込んでいる時、PE(w)がGMのフレーム(d)に書き込むことができる
 - ($r \neq s, w \neq d$)

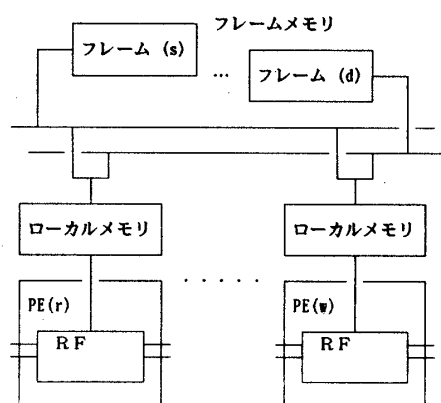


fig-4 GMとLM間のデータ転送例

- LMへのGMとRFからの同時アクセス
 - ・ 2ポートメモリ構成
- RFから演算器へのデータの供給、演算器からRFへの結果の格納、および隣接PEとの通信
 - ・ マルチポートメモリ構成

4.4. PE間通信

隣接PEとは、非同期でデータ転送できるようにするため各PEの隣接PEからのデータの受け取りにqueueを持たせる。また、各PEがパイプライン処理の一部として機能し、一つの処理を複数のPEで実行することができる。隣接PEへのデータ転送は、RFの特定レジスタへの書き込みにより開始され、隣接PEのqueueに入る。queueで受け取られたデータは、RFの特定のレジスタに格納されることにより行われる。

5. まとめ

大量データに対する大量演算とアプリケーションへの柔軟性を考慮した画像処理シストリックアレーシステムの概要について述べた。非同期一次元アレー構造とすることで、画像領域の分割による処理や、演算の分割による処理への対応の容易性が期待される。

今後、画像処理での前処理に対する評価として、Convolution、Histogram、Hough transform、Labelingなどをを用い処理性能を見積る予定である。

参考文献

- [1] "画像の処理と解析" 日本リモートセンシング協会 編 共立出版
- [2] 大野 晋、浜西 正人 "類語新辞典" 角川書店
- [3] 辻内 純平 "応用画像解析" 共立出版
- [4] Jose A.B. Fortes and Benjamin W. Wah, "Systolic Arrays-From Concept to Implementation," Computer, July 1987, pp. 12-17.
- [5] H. T. Kung, "Why Systolic Architectures?," Computer, Jan. 1982, pp. 37-46.