

SpecC 記述による医用画像処理向けハードウェアの事例研究

3W-03

石原 学† 永 渕 雅 道† 横 田 隆 史†
大 津 金 光† 馬 場 敬 信†

†宇都宮大学工学部情報工学科

1 はじめに

システムレベル言語は、組み込み機器を中心に設計手法のブレイクスルーとして注目を集めており、その本格的応用のために適用事例などの技術蓄積が求められている。そこで本稿では、医用画像処理で用いられる集中度フィルタを、FPGA で実装して高速実行させるシステムを実際に SpecC で記述した事例研究について述べる。SpecC は、ANSI C にハードウェアリアルタイム処理を伴うソフトウェアの動作を表現するための記述を追加したシステムレベル言語である^[1, 2]。

2 全体構成

2.1 集中度フィルタ

ある点の周りの線が集中する度合を集中度と呼ぶ特徴量で定義し、それを線形図の各点で出力するフィルタを集中度フィルタと呼ぶ。局所的なパターンの特徴量を抽出することは、医療用画像の微細な線状影などの解析に有用であり、特に早期胃癌の自動診断などでの有用性が示されている。本システムでは、FPGA によるハードウェア化、及びマルチ FPGA による空間的な並列化による高速化を目標としている^[3]。

2.2 想定するシステム構成

我々は文献^[3]で以下のような FPGA システムを提案している (図 1)。元の C プログラムで書かれたアルゴリズム記述をベースに SpecC による設計手法を適用し、システムの検証及び評価を行う。本システムは、ホストコンピュータとその拡張ボードとして実装する FCCB (FPGA based Custom Computing Board) で構成されている。FCCB はホストコンピュータとのデータ転送や FCCB 全体の動作を制御する 1 個の Control Unit (CU) と計算集約的な処理を行う N (1~15) 個の Processing Unit (PU) を搭載している。また、各 PU が必要とするデータを格納するために各 PU ごとに 2 個の SRAM (LM: Local Memory) を設けている。

2.3 処理の概要

図 2 に処理の流れについて説明する。

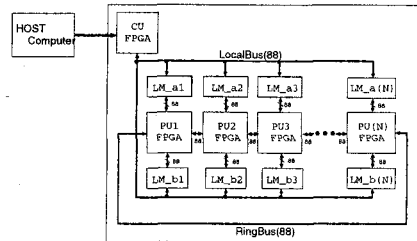


図 1: システムの全体構成図

1. 前処理

X 線画像より、集中度演算に都合の良い線素データ (線画像) に変換する。

2. 重み関数を計算する (配列 ev, fr)。

集中度は 1. で求めた線素データを元に重み関数を空間積分することで求められる。アルゴリズムの簡略化により積分演算を表データの積算に還元している。本ステップでその表データを求めておく。

3. 集中度の計算

2. で説明した積算演算を行う。

4. 結果の出力

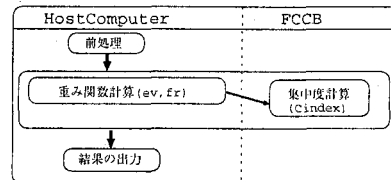


図 2: 処理の流れ

3 SpecC 記述

3.1 仕様モデル

あらかじめ与えられた C ソースプログラム¹ をもとにして仕様モデルを SpecC で記述する。処理の流れは図 3 に示す。仕様モデルは、逐次実行型ビヘイビア² Inputfile、Cindex-main、OutputFile からなっている。Cindex-main は内部構造を持ち、重み関数を計算するビヘイビア MakeEvFrTbl と集中度計算を行うビヘイビア Cindex が並列実行されている。MakeEvFrTbl と Cindex 間の通信はチャネルで同期 sync を取って行っている。また、配列 ev, fr はグローバル変数である。仕様モデルは、

¹FCCB の設計記述は与えられていない

²ビヘイビアは基本的な処理を、チャネルはビヘイビア間の通信を記述する。インターフェイスはビヘイビアとチャネルを結ぶもの。

* A SpecC description of a medical image processing system: A case study

† Gaku Ishihara, Masamichi Nagafuchi, Takashi Yokota, Kanemitsu Ootsu, and Takanobu Baba

‡ Department of Information Science, Faculty of Engineering, Utsunomiya University

設計対象の動作だけを記述しているの、ハードウェアやソフトウェアの記述分けは行っていない。また、この時点で、データサイズなどのシステム設計制約についても記述している。

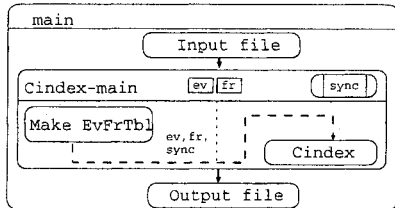


図 3: 仕様モデル記述の構成

3.2 アーキテクチャモデル

アーキテクチャモデルは、仕様モデルにアーキテクチャ探索を行うことによってできた設計データである。アーキテクチャ探索とは、仕様を実現するのに最適なアーキテクチャを探し出すことである。アーキテクチャモデルでの構成を図4に示す。アーキテクチャモデルでは図に示す通り、ビヘイビアを意図した分割・割り付けになるように移動、スケジューリング、チャンネルの階層化・割り付けなどを行っている。

処理の流れとしては、ソフトウェア側の処理を Host-Computer に、ハードウェア側の処理を FCCB に割り当てる。Host-Computer では重み関数計算を行う MakeEvFrTbl、線画像と2値画像を作成する RaedImage、ReadIareaと結果を出力する OutputFile を逐次実行している。FCCB では、集中度計算を行う。チャンネル CBlock は機能ごとに分割し、SystemBus に割り付ける。仕様モデルでグローバル変数であった ev, fr はチャンネルを通して転送している。

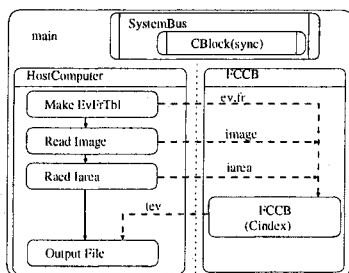


図 4: アーキテクチャモデル記述の構成

3.3 コミュニケーションモデル

コミュニケーションモデルは、コミュニケーション合成を行うことによって、記述する。コミュニケーション合成においては、仮想的なバスでつながれていた部分を、プロトコルやタイミングを持ったバスに変換する。図5にチャンネル部分を表した図を示す。チャンネル SystemBus にプロトコル PCI Protocol が挿入されている。今まであった全てのチャンネルは、PCI Protocol を呼び出すよう

に書き換え、SystemBus のなかに記述している。

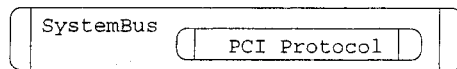


図 5: 通信プロトコルの挿入

4 今後の展開

4.1 コミュニケーション合成

現段階においては、コミュニケーション合成の残りの設計タスクである、プロトコル変換部品の合成及び、プロトコルのインライン展開を記述中である。

4.2 実装

コミュニケーション合成後に、実装段階において課題とされるのは FCCB 内部の実装である。図1にあるような、CU や RAM の動作、PU の作成や分割を SpecC においてどのように記述するかが、課題となる。また、実装段階においても SpecC で記述する必要があるかなどの検証も兼ねることになる。

5 考察

仕様モデルからコミュニケーションモデルまでを作成してきた。SpecC の特有の機能であるチャンネルを使うことによって、システムをシンプルに記述することができる。特に上流設計の段階では、実装方法までは考慮にいけないのでチャンネルの概念が非常に役に立つ。逆に下流設計において、ハードウェア記述言語に比べクロックや順序回路の概念が弱いため、通信プロトコルなどが記述性に改善が必要と考える。

6 おわりに

本稿では、SpecC を使用して実際にシステムを記述するという試みを述べてきた。上位の抽象度から下位設計までを行えるシステムレベル言語は、設計期間短縮とコスト削減の両面より今後必要度が非常に高くなると考えられる。今後、実装段階まで進め動作確認、検証を行っていく予定である。

謝辞 本研究は、一部日本学術振興会科学研究費補助金(基盤研究(C) 課題番号 12680328)の援助による。

参考文献

- [1] 石井 忠俊: “SpecC 記述にもとづく分析的システム・レベル設計概論”, デザインウェーブマガジン, CQ 出版社, 2000年7月号, pp.98-111.
- [2] Daniel D.Gajski, Jianwen Zhu, Rainer Domer, Andreas Gerstlauer, Shuqing Zhao, 訳: 木下 常雄, 富山 宏之: “SpecC 仕様記述言語と方法論”, CQ 出版社.
- [3] 永淵 雅道, 吉永 努, 横田 隆史, 大津 金光, 馬場 敬信: “並列 FPGA システムによる医療用画像処理の高速化”, 信学技報 CPSY2001-44, 2001年7月.