

Title	F P G A を用いた画像検索回路の設計
Author(s)	高道, 悦子
Citation	
Issue Date	2003-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/1656
Rights	
Description	Supervisor: 中野 浩嗣, 情報科学研究科, 修士

FPGA を用いた画像検索回路の設計

高道 悦子 (1100072)

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

2003 年 2 月 14 日

キーワード: FPGA-based computation, Image matching, Instance-specific hardware.

本論文では, FPGA を用いた画像検索システムを提案する. このシステムは, 質問となる白黒濃淡テンプレート画像 T が与えられたときに, 大量の画像データベース $I_1, I_2, \dots$ の中から, T に類似する部分画像を含む画像を全て列挙するものである.

FPGA(Field Programmable Gate Array) は, ユーザが設計した回路を瞬時に構築することができる, 回路データが書き換え可能な VLSI である. FPGA は主な構成要素として, 書き換え可能なロジックセル, メモリブロック, 再編成可能な配線などを持っている.

FPGA に回路を設計する流れは次のようである. 最初に, 回路の仕様 (入出力や動作など) を HDL(Hardware Description Language) と呼ばれる言語によって記述する. HDL には, 主に Verilog HDL や VHDL などがあり, 本論文では Verilog HDL を使用している. 次に, FPGA ベンダが提供するデザインツールによって回路を合成する. これより得られた回路データを FPGA にダウンロードすると, 瞬時に回路が構築される.

本論文の FPGA を用いた高速計算は, 部分計算の概念に基づいている. 例えば, 次の関数 $f(x, y) = x^3 + x^2y + y$ が, $x = 2$ について繰り返し何度も評価されるときを考える. このとき, $x = 2$ で固定された次の関数 $f_2(y) = 8 + 5y$ を導入し, $f(2, y)$ が評価されるかわりに $f_2(y)$ を評価すると, 効率よく計算できることが知られている. このように, 関数 $f(x, y)$ をある x で固定して関数 f_x とする最適化を部分計算と呼ぶ.

従来は, この最適化された関数 $f_x(y)$ をソフトウェア上で計算していたが, 本論文では $f_x(y)$ を計算するためのハードウェアを設計し, さらなる高速化を図る.

本論文で扱う画像検索問題に, この部分計算を適応すると次のようになる. 大容量の画像データベース $I_1, I_2, \dots$ から, テンプレート画像 T に類似する画像を検索するという問題は, テンプレート画像 T を固定することによって効率よく検索することができる. より具体的には, T と画像 I との相違度 (距離) を表す関数 $D(T, I)$ の評価のかわりに, T を固定した関数 $D_T(I)$ を計算するために設計されたハードウェアを用いることによって高速化を図る.

提案する画像検索システムの画像検索の流れはこのようである.

1. システムは、本研究で開発したハードウェアジェネレータによって、ユーザが HDL ソースを記述する部分を自動化している。検索したい白黒濃淡テンプレート画像 T を入力すると、 T を固定したときのデータベース画像 I_i との相違度 $D_T(I_i)$ を計算するための Verilog HDL コードが自動生成される。これによって、ユーザの負担および回路の開発時間を大きく減らすことができる。
2. FPGA ベンダが提供するデザインツールによって、Verilog HDL ファイルから回路を合成する。これより得られる回路データを FPGA にダウンロードすると、瞬時に回路が構築される。このようにして FPGA に構築される画像検索回路は、生成後にテンプレート T を変更することができない、インスタンスに特化したものであるが、部分計算の概念より効率よく計算することができる。
3. FPGA に構築された画像検索回路に、データベースの各画像 I_i を入力し、 T との相違度 $D_T(I_i)$ を計算する。得られた相違度の中からある閾値以下の相違度をもつ画像を列挙することによって、 T に類似する画像を得ることができる。

この画像検索回路の性能評価を行うために、FPGA に PCI 接続の Xilinx 社 Virtex-II XC2V8000 を使用するときの画像検索回路を設計した。そして、タイミング解析ツールより得られる回路の動作周波数から画像検索の計算時間を解析した。その結果、提案手法は従来のソフトウェアを用いて検索する手法に比べ、最大で 3000 倍の高速化に成功した。

また、この画像検索回路の応用として、地図記号検索システムを試作した。FPGA に Xilinx 社 Virtex-II XC2V3000 を使用して回路を実装した。