

高位合成を用いた物体追跡とオーバーレイ機能を持つ
ライブストリーミング支援システムのFPGA実装

矢野 俊貴[†] 福間 慎治[†] 森 眞一郎[†]
福井大学[†]

1. はじめに

大学などで開かれている講義の形態として、講師はスクリーンの前または横に立ち講義を行う。また、広い講義室において前方に居る講師やスクリーンを見づらい状況にある後方に居る受講者の為に、サブディスプレイが設置されている場合がある。先行研究として、講師がスクリーンに指すレーザーポインタをサブディスプレイに合成する、ポインタマルチレイヤー合成回路を実装した。そして、講師の表情から読み取れる情報も少なからず有るのではないかと考えた結果、講師の顔をサブディスプレイに表示する回路を実装していく。

そこで本研究では、カメラ映像から講師をリアルタイムに追跡する回路と、ピクチャーインピクチャー(PIP)によってサブディスプレイの画面端に講師の顔付近を表示する回路を1つのFPGA上に実装することを目標とする。

2. 物体追跡システム

2.1. システム概要

本研究では、物体追跡にCAMSHIFT法を用いる。しかし、先行研究[1]においてCAMSHIFT法をFPGA上に実装すると、リソースのほとんどを使用してしまう事が分かっている。さらに、PIP回路を同一のFPGA上に追加するので、既存のシステムのリソースを削減する必要がある。そこで、本研究ではCAMSHIFT法で用いるバックプロジェクション用のヒストグラムに対して、2値化することによりリソースの削減およびシステムの高速化を図る。また、2値化による追跡精度の変化を検証する。

追跡処理のリアルタイム性を保証すべく処理全体でカメラの入力フレームレートの30[fps]での動作保証をシステム要件とする。解像度は入出力共に1920x1080[pxel]である。

2.2. 追跡アルゴリズム

図1は本研究で用いる追跡処理の流れである。入力画像をRGB表現からHSV表現に変換し、色相Hのみを使用してRGB24bitからH9bitに情報を削減する。入力画像の1フレーム目の画像処理時には追跡目標物体が移る範囲内の色相ヒストグラムを作

成する。さらに、このヒストグラムを2値化して2bitに情報を削減する。2フレーム目以降は1フレーム目で作成したヒストグラムを参照し、その色の出現頻度数を入力画像の輝度値に置き換えて確率分布画像を作成する。作成した色情報の特徴量確率分布画像から重心座標の導出及びウィンドウサイズの調整を行う。

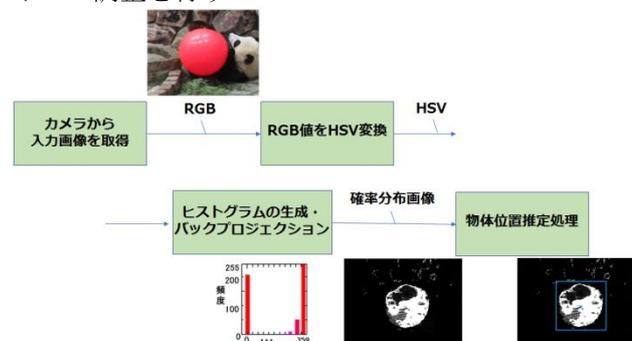


図1 追跡処理の流れ

2.3. CAMSHIFT法

物体の位置を推定する方法にはCAMSHIFT法を用いる。導出処理の手順を以下に示す。

- I. ウィンドウの初期位置を設定
- II. ウィンドウ内の重心座標を導出
- III. 重心座標にウィンドウの中心を移動
- IV. ウィンドウが物体を囲むようにサイズを変更
- V. 収束条件までII~IVを反復

- ・ウィンドウ位置設定
- ・ウィンドウ内の重心計算
- ・ウィンドウサイズ
- ・これを収束条件まで繰り返す



図2 CAMSHIFT法の導出手順

2.4. システム構成

本研究ではXilinx社のFPGA(Zynq-7000 SoC ZC702)を使用する。本システムではAXI-LiteとAXI-Streamの2種類のバスを使用する。AXI-Liteバスは、CPUからIPのレジスタを利用できるバスで、探索フレームの座標とフレームサイズの受け渡し

FPGA implementation of live streaming support system with object tracking and overlay function using High level synthesis

[†]Yano Toshiki · University of Fukui

に利用する。AXI-Stream バスは、CPU と IP との間でデータを転送するためのバスで、入力画像データのストリーム処理に用いる。

本システムでは、追跡物体の特徴量を抽出するためのヒストグラムを作成し保存する必要がある。この処理は追跡システムにおいて初回のみ行えばよいので、ソフトウェアで処理を行うこととする。抽出したヒストグラムデータはオンチップメモリ(OCM)に格納し、画像処理の際に用いる。入力画像はカメラから AXI-Stream バスを通り、作成したバックプロジェクションを行う IP によって RGB 画像から確率分布画像に変換して、AXI-VDMA (Video Direct Memory Access) コアを用いて外部メモリ(DDR3)にデータを保存する。その際に、入力用バッファ・画像処理用バッファ・出力バッファの3種類を用意し、画像参照の際のバス競合を回避する。画像処理が終了後、ディスプレイに画像を出力する。図3は本システムのブロック図である。

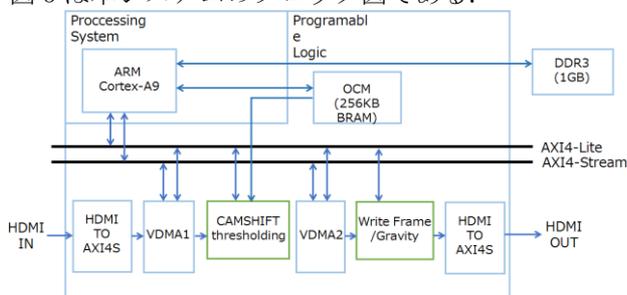


図3 合成回路図

2.5. 使用ツール

Xilinx 社の Vivado Design Suite 2018.3 を使用する。また、高位合成ツール Vivado HLS を用いて回路の機能を C/C++ 言語で記述したコードを、HDL コードに変換する。

3. 実装結果

3.1. 回路設計

本システムでは、リアルタイム性の保証の為に CAMSHIFT 法の処理を、追跡する物体の重心導出とフレーム画像に追跡枠の描画の2種類に分割し、高位合成ツール Vivado HLS を用いて IP を生成する。そして、論理合成ツール Vivado を用いて作成した2種類の IP を含めたブロックデザインを作成する。

3.2. 実験

講義風景を模した環境において、設計した追跡システムで人物をどの程度追跡できるのかを実験する。図4は追跡対象である人物の顔周辺のヒストグラムである。図5の横軸は時間経過で、縦軸は元画像のバックプロジェクションを用いたウィンドウの中心座標と2値化したバックプロジェクションを用いたウィンドウの中心座標との距離 [pixel] である。総フレーム数 164 の平均距離は 8.35 [pixel] であった。これは、2K 画像に対する誤差として許容範囲内と判断できる。

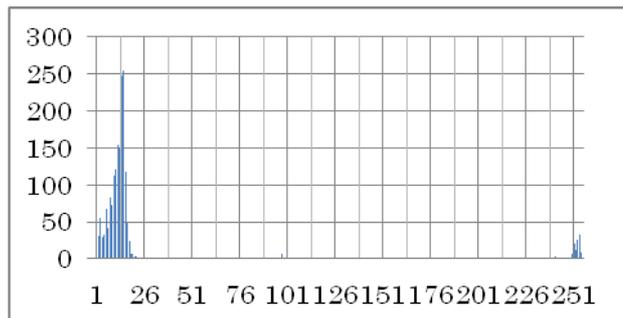


図4 追跡対象のヒストグラム

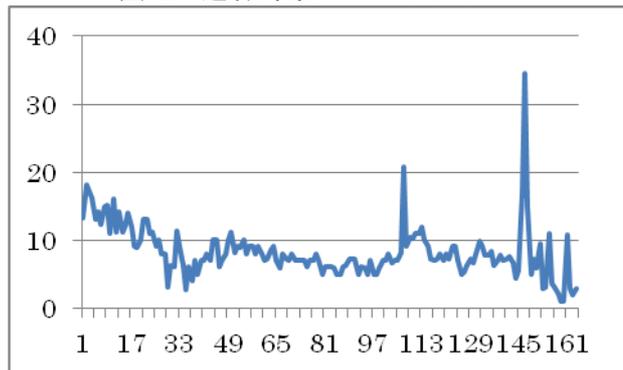


図5 追跡ウィンドウ中心間の距離

4. まとめと今後の予定

1 つの FPGA 上に物体追跡用の回路と PIP 用の回路を実装するために、CAMSHIFT 法の回路のリソース削減にヒストグラムの 2 値化は十分適用できると判断した。今後は、HDMI2 入力の制御と PIP 回路の実装を行っていく。

参考文献

[1]伊藤敬佑, ”高解像度画像に対する FPGA を用いたリアルタイムな物体追跡の検討”(平成 30 年度卒業研究論文)。