

# 平成28年度 卒業研究報告書概要

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                           |  |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--|--|
| 課程, 学籍番号, 氏名                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 課程: 電気・電子情報工学課程, 学籍番号: B153230, 氏名: 重名 英史 |  |  |
| 工学分野名: 情報通信システム工学                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 指導教員名: 市川 周一                              |  |  |
| 題 目: 和 バイラテラルフィルタを FPGA に実装する手法の検討と評価<br>(英 FPGA implementation of Bilateral Filter and its evaluation)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                           |  |  |
| Abstract<br>Bilateral Filter (BF) is a smoothing filter that can keep the edge of the original image. Since BF requires more calculation than Median Filter or Gaussian Filter, BF is difficult to adopt in embedded systems. This study presents an FPGA implementation of BF for embedded systems with its performance evaluation results of $256 \times 256$ pixels. First, a literal implementation of BF was written in C++ language (filter kernel size is $7 \times 7$ ), whose performance was evaluated on Linux System of ZedBoard (Xilinx Zynq-7000 FPGA). After C++ code optimizations for FPGA, the VerilogHDL code was generated from C++ code with Vivado HLS. According to the performance evaluation results, the execution time in Linux system was 175.8 [msec/picture], while the shortest execution time in FPGA system was 63.2 [msec/picture]. In FPGA implementation, floating point calculation should be avoided, and complex calculations such as $\exp()$ function should be implemented with look-up tables. Parallelization is also effective.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                           |  |  |
| 概 要<br>Bilateral Filter は画像平滑化フィルタの一種で, エッジを保持しつつ画像の平滑化を行う. その計算には指数関数の計算を伴うため, 他の平滑化フィルタ (Mean Filter や Gaussian Filter) に比べ計算量が多く, リアルタイム処理を行うには高い処理性能が必要になる. 一方, 消費電力やコストに制約がある組込み機器においては, 高性能なプロセッサを採用しにくく, リアルタイム処理が難しい. そこで, 専用回路による高性能化を目的として, FPGA (Field Programmable Gate Array) による Bilateral Filter の実装方法を検討し, BRAM (Block Random Access Memory), FF (FlipFlop), LUT (Look Up Table), DSP (Digital Signal Processor) の使用量と処理時間を評価した.<br>本研究では Linux 上に構築したソフトウェア環境と FPGA によるハードウェア環境を構築し, 測定と比較を行った. 実測には Xilinx Zynq-7000 FPGA 搭載の ZedBoard を用いた. また FPGA における論理規模とフィルタ処理時間は Vivado HLS を用いたシミュレーションにより測定した. ソフトウェア環境においては OpenCV (Open source Computer Vision) ライブラリを用いた場合(環境①), Bilateral Filter の定義に従って作成し, データを浮動小数点で表現した場合(環境②) の 2 つを測定した. ハードウェアにおいては, 環境②を Vivado HLS (High Level Synthesis) を用いて高位合成した場合(環境③), 環境③に対し指数計算を LUT (Look Up Table) 化した場合(環境④), 環境④に対してデータを固定小数点化した場合(環境⑤), 環境⑤のうちフィルタ計算の一部を並列化した場合(環境⑥) の 4 つを測定した.<br>フィルタカーネルを $7 \times 7$ とし, $256 \times 256$ の 24bit Windows Bitmap 形式の画像 1 枚に対してフィルタ処理を実行する場合, 処理時間は環境⑤が 63.2 [msec] で最も短く, 環境③が最も長いという実験結果が得られた. 環境①を基準としたときのそれぞれの実行時間は, 環境①は 1.9 倍, 環境②は 2.8 倍, 環境③は 27.8 倍, 環境④は 9.9 倍, 環境⑤は 4.1 倍であった. 論理規模について使用可能な最大数を基準として, LUT・FF・DSP・BRAM の順に環境③で 48%・14%・55%・1%, 環境④で 26%・7%・5%・2%, 環境⑤で 4%・2%・11%・3%, 環境⑥で 89%・23%・68%・41% の使用率となった. これらのことから, 浮動小数点数を使用しないこと, 指数関数の計算を表引きで行うこと, 処理の並列化を行うことが有効であるということがわかった. |                                           |  |  |

発表する際の課程を記入

電気・電子情報工学

課程

発表番号

46

(学籍が他課程所属の学生も発表する課程を記入すること)