

基於 FPGA 之水下影像增強處理

FPGA-based Underwater Image Enhancement

Processing

指導教授：陳培殷

專題成員：蕭杰騰、張百鴻、顏麒祐、王逸羣

開發工具：Verilog HDL、Vivado Design Suite、
ZedBoard (Avnet)、ModelSim(Simulation Tools)

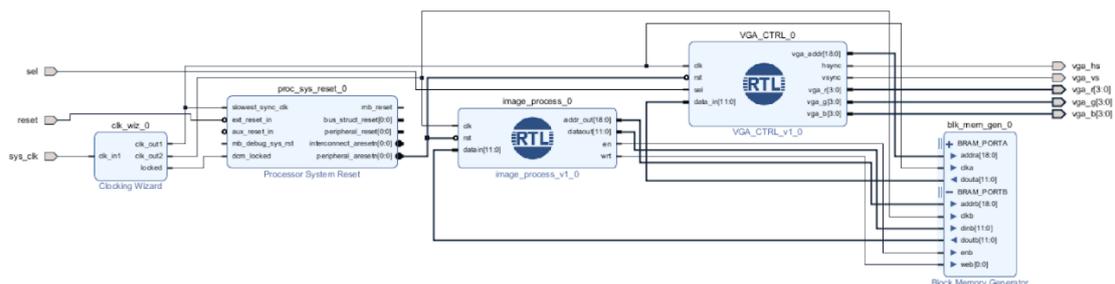
測試環境：Vivado 2017.3、ModelSim20.3

一、簡介：

水下環境因其複雜的光學特性，如光線在水體中的快速衰減、不同波長光線的選擇性吸收以及懸浮顆粒引起的光散射，導致所獲取的水下影像普遍存在嚴重的色彩失真、對比度顯著降低和細節模糊等問題。

為有效應對上述問題，本專題旨在設計並實現一個基於 FPGA 的即時水下影像增強系統。系統核心採用經典的灰階世界演算法，該演算法的核心思想是假設影像中各顏色通道的平均亮度應趨於一致的灰色調，並據此調整各通道的增益以校正色偏。考慮到水下影像中綠色通道通常衰減較少、資訊相對保存較完整的特性，演算法以綠色通道的平均值作為色彩平衡的參考基準，以期更有效地校正水下環境特有的色彩偏差。我們的主要目標是利用 FPGA 的並行處理能力和可重構性，提供一個能夠快速、高效改善水下影像色彩和對比度的硬體解決方案。

系統的硬體描述採用 Verilog 硬體描述語言，並通過比對純軟體模擬結果和相關指標驗證其影像增強之效果。設計最終被部署在 ZedBoard Avnet FPGA 開發板上，並透過 VGA 傳輸至螢幕，展示即時處理之影像成果。以下為系統架構圖：



二、 測試結果：

讀圖&調整大小：用 OpenCV(cv2.imread + cv2.resize)將兩張圖都統一解析度為 640x480。

PSNR：直接呼叫 cv2.PSNR(img1, img2)，計算峰值訊噪比(dB)。

SSIM：先把彩圖轉灰階(cv2.cvtColor(..., cv2.COLOR_BGR2GRAY))，再用 scikit-image 的 structural_similarity(gray1, gray2, data_range=255) 計算 SSIM。



▲原圖

▲處理過後之結果

```
[Finish] 00363.png -> output_363.png, PSNR: 10.89 dB, SSIM: 0.7812
```

▲與原圖比較之 PSNR、SSIM 結果



▲輸出結果展示（左 ASUS 電腦為原圖、右 Apple 電腦為軟體模擬灰階演算之結果圖、中顯示器為本設計之灰階演算成果）