

應用於數位相機之新形影像壓縮方法
A Novel Image Compression Method in Digital Still
Cameras with Color Filter Array Using Spectral-Spatial
Correlation

研究生：陳維祥

Student: Wei-Hsiang Chen

指導教授：林昇甫博士

Advisor: Dr. Sheng-Fun Lin

交通大學



Submitted to Department of Electrical and Control Engineering

College of Electrical Engineering and Computer Science

National Chiao Tung University

In Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master

in

Electrical and Control Engineering

May 2006

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十五年六月

應用於數位相機之新形影像壓縮方法

學生：陳維祥

指導教授：林昇甫 博士

國立交通大學電機與控制工程學系

摘要

本論文發展一套應用於單一感測器之數位照相機影像壓縮系統。文中提出一個創新的增強型 JPEG 壓縮演算法，此方法主要建立在傳統 JPEG 壓縮的基礎下，並多加入影像邊緣的特性，進而在不增加資料量的同時使得傳統 JPEG 照成邊緣模糊化的失真得到改善。為了得到影像中每一個像素邊緣的特性本論文引用光譜空間相關性原理(Spectral-Spatial Correlation, SSC)，光譜空間相關性的概念可以直接對色彩濾波陣列(Color Filter Array)影像作計算進而得到每一個像素的邊緣特性。實驗的結果發現無論在 PSNR 值的比較或直接視覺的感受下，增強型 JPEG 壓縮方法在邊緣的部分都有較好的壓縮品質。

A Novel Image Compression Method in Digital Still Cameras with Color Filter Array Using Spectral-Spatial Correlation

Student : Wei-Hsiang Chen

Advisor : Dr. Sheng-Fun Lin

Department of Electrical and Control Engineering

National Chiao Tung University



In the thesis, an image compression system for signal-chip cameras had been developed. We proposed a novel enhanced JPEG compression algorithm, which established under original JPEG compression. That enhanced JPEG compression increased the edge characteristic of image caused the phenomenon, which original JPEG compression makes the edge indistinct had been improved and was not increased any data information. In order to get each characteristic of the pixel edge in the image, this thesis quote form Spectral-Spatial Correlation concept. A Spectral-Spatial Correlation concept is proposed to estimate each best characteristic of the pixel edge in the image from the original Color Filter Array image directly. The experimental results show that whether you do it under the comparison of PSNR value or the consideration of direct vision, it provides better compression quality for the edge of enhanced JPEG compression algorithm.

誌謝

謹向我的指導教授林昇甫博士致上我由衷的感謝之意，感謝他近兩年來在專業上的指導，以他豐富的學識與經驗，配合理論的應用，使得本論文得以順利完成。

在交大的近三年的充實生活，是我一輩子難以忘懷的一段美好時光。然而時光飛逝，隨著論文的完成，碩士班的生活也接近尾聲，在這三年的求學過程裡，接受過許多人的幫忙，無限感激。

首先，感謝與我共同奮鬥的同學松峙，崇民及鎮源的互相鼓勵與提攜，同時感謝學長奇謚的指導，另外感謝我所有的高中同學在我最艱苦的時後給予我鼓勵與支持使得我在交大的這幾年能順利。

最後，特別感謝我的父母，由於他們的辛苦栽培，在生活上給予我細心地關懷與照料，使得我得以順利完成此論文，在此我願以此論文獻給我最感激的父母親。

目次

| | |
|--|----|
| 第一章 序論..... | 1 |
| 1.1 研究動機..... | 1 |
| 1.2 問題描述..... | 3 |
| 1.3 章節說明..... | 3 |
| 第二章 JPEG 壓縮原理跟方法..... | 5 |
| 2.1 JPEG 概述..... | 5 |
| 2.2 JPEG 壓縮流程..... | 5 |
| 2.2.1 色彩模式將 RGB 色彩空間轉換到 YCbCr 色彩空間..... | 7 |
| 2.2.2 取樣(down sampling)與位移..... | 7 |
| 2.2.3 DCT 離散餘弦轉換..... | 8 |
| 2.2.4 量化..... | 9 |
| 2.2.5 Z 字型係數排列 (zig-zag to sort)..... | 10 |
| 2.2.6 Huffman 編碼..... | 11 |
| 2.2.6.1 DC 值編碼..... | 12 |
| 2.2.6.2 AC 值編碼..... | 14 |
| 2.3 JPEG 解壓縮流程..... | 20 |
| 2.3.1 Huffman 解碼..... | 20 |
| 2.3.1.1 DC 值解碼..... | 20 |
| 2.3.1.2 AC 值解碼..... | 21 |
| 2.3.2 Z 字型係數還原排列 (zig-zag to sort)..... | 21 |
| 2.3.3 量化反運算..... | 22 |
| 2.3.4 IDCT 離散餘弦反轉換..... | 23 |
| 2.3.5 取樣還原(up sampling)與位移還原..... | 23 |
| 2.3.6 色彩模式將 YCbCr 色彩空間轉換到 RGB 色彩空間..... | 24 |
| 2.4 JPEG 的缺點..... | 24 |
| 第三章 光譜空間的相關性(Spectral-Spatial Correlation)..... | 25 |
| 3.1 單一影像感測器之數位相機概述..... | 25 |
| 3.2 光譜相關性及空間相關性(Spectral and Spatial Correlation)..... | 26 |
| 3.3 光譜空間相關性原理(Spectral-Spatial Correlation)..... | 27 |
| 3.4 異次投影(Heterogeneity-Projection)..... | 28 |
| 第四章 Enhanced JPEG 壓縮原理跟方法..... | 31 |
| 4.1 Enhanced JPEG 概述..... | 31 |
| 4.2 Enhanced JPEG 壓縮流程..... | 31 |
| 4.2.1 一維水平跟垂直 DCT 離散餘旋轉換..... | 33 |
| 4.2.2 水平跟垂直量化..... | 35 |

| | |
|--|----|
| 4.2.3 水平跟垂直係數排列..... | 37 |
| 4.2.4 Huffman 編碼..... | 39 |
| 4.3 Enhanced JPEG 解壓縮流程..... | 40 |
| 4.3.1 Huffman 解碼..... | 40 |
| 4.3.2 水平跟垂直係數還原排列..... | 41 |
| 4.3.3 水平跟垂直反量化..... | 42 |
| 4.3.4 一維水平跟垂直 IDCT 反離散餘旋轉換..... | 42 |
| 第五章 實驗結果跟比較..... | 43 |
| 5.1 比較傳統數位相機壓縮與新形數位相機壓縮的壓縮率(Bitrate, bit/pixel) 與 PSNR 值..... | 44 |
| 5.2 傳統數位相機壓縮跟新形數位相機壓縮在視覺上的比較..... | 50 |
| 5.3 實驗綜合比較說明..... | 57 |
| 第六章 結論..... | 58 |
| 6.1 結論..... | 58 |
| 6.2 後續研究..... | 58 |
| 參考文獻..... | 59 |



圖次

| | | |
|--------|-----------------------------------|----|
| 圖 1.1 | 數位照相機的基本結構..... | 1 |
| 圖 1.2 | 單一影像感測器之數位照相機基本結構..... | 1 |
| 圖 1.3 | 傳統數位照相機壓縮與解壓縮的過程..... | 2 |
| 圖 1.4 | 新形數位照相機壓縮與解壓縮的過程..... | 2 |
| 圖 2.1 | JPEG 壓縮流程圖..... | 6 |
| 圖 2.2 | JPEG 標準量化矩陣..... | 9 |
| 圖 2.3 | JPEG 之 Z 字型係數排列序列..... | 10 |
| 圖 2.4 | 8 * 8 DCT 矩陣..... | 10 |
| 圖 2.5 | JPEG 解壓縮流程..... | 20 |
| 圖 2.6 | JPEG 之 Z 字型係數還原排列序列..... | 21 |
| 圖 2.7 | 8*8 DCT 還原矩陣..... | 22 |
| 圖 2.8 | 量化與反量化的過程..... | 23 |
| 圖 3.1 | Bayer CFA pattern..... | 26 |
| 圖 4.1 | Enhanced JPEG 壓縮流程圖..... | 33 |
| 圖 4.2 | 垂直相關性 8*8 子方塊矩陣..... | 34 |
| 圖 4.3 | 一維垂直離散餘旋轉換係數矩陣..... | 34 |
| 圖 4.4 | 一維水平離散餘旋轉換係數矩陣..... | 35 |
| 圖 4.5 | 垂直量化矩陣..... | 35 |
| 圖 4.6 | 水平量化矩陣..... | 36 |
| 圖 4.7 | 一維垂直離散餘旋轉換係數量化後矩陣..... | 36 |
| 圖 4.8 | 一維水平離散餘旋轉換係數量化後矩陣..... | 37 |
| 圖 4.9 | 水平係數排列序列..... | 37 |
| 圖 4.10 | 垂直係數排列序列..... | 38 |
| 圖 4.11 | Enhanced JPEG 解壓縮流程圖..... | 40 |
| 圖 4.12 | 水平還原係數排列序列..... | 41 |
| 圖 4.13 | 垂直還原係數排列序列..... | 41 |
| 圖 5.1 | 傳統數位照相機壓縮與新形數位相機壓縮兩種方法比較示意圖..... | 43 |
| 圖 5.2 | 實驗用的各種圖片縮小版..... | 44 |
| 圖 5.3 | 圖一到圖九 Bitrate 和 PSNR 的比較..... | 48 |
| 圖 5.4 | 圖一到圖九平均 Bitrate 和平均 PSNR 的比較..... | 49 |
| 圖 5.5 | 圖片 2 視覺的細微比較..... | 51 |
| 圖 5.6 | 圖片 4 視覺的細微比較..... | 52 |
| 圖 5.7 | 圖片 5 視覺的細微比較..... | 53 |
| 圖 5.8 | 圖片 6 視覺的細微比較一..... | 54 |
| 圖 5.9 | 圖片 6 視覺的細微比較二..... | 55 |
| 圖 5.10 | 圖片 9 視覺的細微比較..... | 56 |

圖 5.11 品質改良型 JPEG 壓縮流程.....57

表次

表 2.1 JPEG 係數編碼類別.....13

表 2.2 JPEG 預設的亮度 DC 碼.....13

表 2.3 JPEG 預設的彩度 DC 碼.....14

表 2.4 JPEG 預設亮度 AC 碼.....15

表 2.5 JPEG 預設彩度 AC 碼.....17

表 5.1 傳統數位相機壓縮模式，使用傳統 JPEG 壓縮在不同的量化參數下的壓縮率與 PSNR 值.....45

表 5.2 傳統數位相機壓縮模式，使用品質改良型 JPEG 壓縮[8]在不同的量化參數下的壓縮率與 PSNR 值.....46

表 5.3 新形數位相機壓縮模式在不同的量化參數下的壓縮率與 PSNR 值.....47

