

高效率自動補償不均勻亮度的方法於條碼解讀--實現 UPC 條碼(ISO/IEC15420)之工業級高速電腦視覺解碼器

陳岳群

亞洲大學生物與醫學資訊學系

e-mail :

raiden00131@yahoo.com.tw

李正宇

亞洲大學生物與醫學資訊學系

e-mail:

leecheng@asia.edu.tw

摘要

本研究依照國際標準 ISO/IEC 15420，以工業電腦視覺系統開發平台，實現一種可自動補償各種亮度嚴重不均勻 (Non-uniform Illumination) 之工業級 UPC 條碼視覺解碼系統。我們提出的亮度補償方法為：利用 UPC 條碼的雙色及高反差特性，精確地找出亮度的分佈，並以三次曲面擬合出最佳分佈函數，最後據此分佈進行線性到最高三次方非線性的亮度補償；系統測試結果顯示，即使達到肉眼已完全無法辨認的區域性極暗或極亮的情況，本方法仍可於亮度補償後達到所設計的視覺條碼解碼系統可接受的水平，增加了條碼解碼器對亮度不均的容忍力。

關鍵詞： 不均勻亮度、亮度補償、UPC 條碼、ISO/IEC 15420

Abstract

We introduced a method of automatic compensation for severe non-uniform illumination for barcode decoding system. In addition, a high-performance UPC barcode decoding system compliant with the international standards ISO/IEC 15420 was designed and implemented under an industrial vision development platform. The method proposed took advantage of the nature of high contrast in common barcodes to estimate the corresponding illumination field for a given barcode image

using an order-three nonlinear distribution surface. Thus, pixels can be compensated according to the distribution. Testing results showed that our method strongly enhanced the tolerance against poor illumination conditions during barcode decoding.

Keywords: Non-uniform illumination, Illumination compensation, UPC barcode, ISO/IEC 15420

1.前言

近年來隨著資訊科技不斷的進步，處理影像亮度不均被廣泛的應用於許多領域上，如照片或影像中對陰影的修正[1]，或是應用於電子顯微鏡呈像的失真[2]及內試鏡魚眼鏡頭所拍攝的影像等等[3]；修正不均勻亮度的用意都是希望讓影像分析及處理後所獲得的資訊更加準確，其中條碼解碼的過程對於亮度的要求有很大的影響，我們以此為出發點探討並改進亮度對於條碼解碼之影響。

自 1949 年美國的 Bernard Siliver 和 N.J.Woodland 註冊了第一個機器識別的條碼---牛眼碼(Bull's Eye Code)、1973 年美國開發了 UPC 條碼(Universal Product Code)並制定其標準化，直至現今條碼運用已經非常的普遍，也

因條碼的普及使得條碼解碼器的技術越來越要求快速且準確。

現今的條碼掃描器多半需要穩定的光源照射進而順利解碼[4]，但若在光源照射的途中受到干擾造成折射或是在條碼本身形成陰影等因素，將對於解碼的穩定度造成一定的影響。

本研究以工業級電腦視覺系統開發平台，將 UPC 條碼區域所呈現的亮度分布以三次曲面擬合出最佳分布函數，在條碼所在區域內利用此分布函數進行非線性的亮度補償，將亮度提升至系統可接受之水平，使 UPC 條碼本身的黑白反差更為明顯；即使亮度極端不均勻或是已達肉眼無法分辨時，也可使用此方法將亮度提升至可接受的範圍，進而增加解碼的穩定度，如圖 1-1。



圖 1-1 亮度不均勻及亮度極低影像

2.方法

2-1 取得條碼光影變化之樣本點資訊

將亮度受到影響的條碼影像由上至下分為 20 等份，分為 20 等份主要是讓上下的樣本點更為緊密，取得亮度變化之幅度能更準確。

每一等份都由左至右量測因灰階變化所產生的邊界點，取得黑與白相間的邊界點以及其邊界點的 x 座標，再將此邊界點的 x 座標加 1 個像素取得點 x1、減 1 個像素取得點 x2；將點 x1、點 x2 的色階做比較，色階較大的則為黑白相間的白色部分，此方法可得知黑白相間的白色部分並取其樣本點，如圖 2-1。

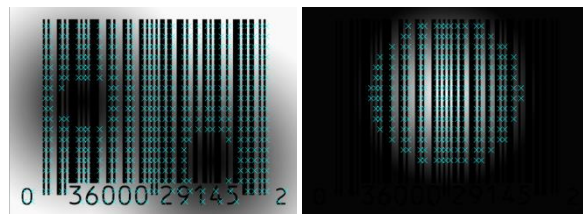


圖 2-1 取得影像中白色部分的樣本點

樣本點之所以選擇白色是因為，白色部分對於亮度變化的反差較明顯，若是取條碼黑色部分則較難分辨出樣本點之間的亮度變化。

2-2 三次曲面擬合

我們利用三次曲面擬合來趨近於整個條碼影像的亮度變化行為，首先紀錄所有樣本點的像素色階(Y)以及此樣本點在影像中的 x 座標(x)及 y 座標(y)，如式(1)。

$$Y_n = ax_n^3 + by_n^3 + cy_nx_n^2 + dx_ny_n^2 + ex_n^2 + fy_n^2 + gx_ny_n + hx_n + iy_n + j \quad (1)$$

紀錄各個樣本點的資訊後進行解二元三次方程式，利用線性回歸求得十個係數 β (a,b,c,...,j)，以下是解二元三次方程式進行亮度變化行為的擬合，如式 (2)。

$$\begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_1^3 & y_1^3 & y_1x_1^2 & x_1y_1^2 & x_1^2 & y_1^2 & x_1y_1 & x_1 & y_1 & 1 \\ x_2^3 & y_2^3 & y_2x_2^2 & x_2y_2^2 & x_2^2 & y_2^2 & x_2y_2 & x_2 & y_2 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_n^3 & y_n^3 & y_nx_n^2 & x_ny_n^2 & x_n^2 & y_n^2 & x_ny_n & x_n & y_n & 1 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ f \\ g \\ h \\ i \\ j \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{pmatrix}$$



$$\beta = (X^T X)^{-1} X^T Y \quad (2)$$

2-3 非線性的亮度補償

計算出 β 中的 10 個係數後，將各係數帶

入三次曲面分布函數進而得到補償前的亮度分布函數，如式(3)。

$$H_n = ax_n^3 + by_n^3 + cy_nx_n^2 + dx_ny_n^2 + ex_n^2 + fy_n^2 + gx_ny_n + hx_n + iy_n + j \quad \text{式(3)}$$

計算出 H 之後取得影像中每一像素的 x 座標、y 座標及亮度補償前的色階，亮度補償前的色階我們定義為 P，經過式(4)的計算後便可得知此座標(x,y)的像素色階經過補償後之亮度。

$$(P/H)^{0.1} * 255 \quad \text{式(4)}$$

使用 $(P/H)^{0.1}$ 是為了增加亮度補償的幅度，在一次計算內就可以將亮度提升至系統可接受的範圍，測試結果如圖 2-3-1、2-3-2。



圖 2-3-1 結果圖



圖 2-3-2 結果圖

3.實驗結果

3-1 實驗環境設定

相機:AISYS ALTAIR U36F (USB 工業相機)

開發環境：

1. 電腦配備如表 3-1

表 3-1

CPU	AMD PhenomII X4-965 (3.4Ghz)
記憶體	DDR3 4G (2G*2)
作業系統	Windows XP-32bit

2. Borland C++Builder 6

3. 光道視覺科技工業級電腦視覺系統開發平台(AISYS OVK)

4. 工業級相機 AISYS ALTAIR U36F, 如表 3-2

表 3-2 AISYS ALTAIR U36F 相機規格

感光晶片規格	CMOS
感光晶片解析度	Active: 752(H) x 480(V)
晶片有效感光區域	4.510 x 2.880 (mm)
感光晶片尺寸	1/3"
影像輸出格式	8 位元, 灰階
電力來源	完全使用USB介面電源
最大畫面更替率 (Frame Rate)	每秒六十張(60 fps) ; 預設值: 30 fps,
動態範圍 (Dynamic Range)	>60.0 dB
掃瞄模式	循序掃描 (Progressive Scan) , 全域式快門 (Global Shutter)
數位資料介面規格	USB 2.0 ,480 Mbits/s
畫素尺寸	6.0 x 6.0 μm 正方形畫素

3-2 系統建制

系統架構主要分為四個部分，如圖 3-2-1

。

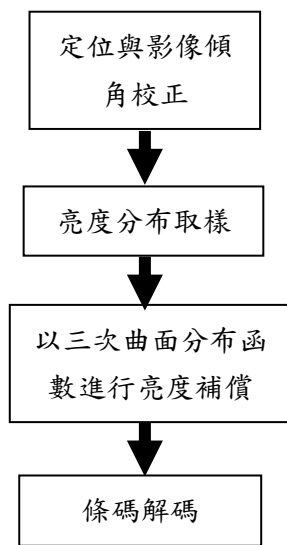


圖 3-2-1 系統架構圖

3-2-1 定位與影像傾角校正

我們使用光道視覺科技製作的工業級相機 AISYS ALTAIR U36F 拍攝條碼進行取像，將相機取得的影像進行型態運算，先進行影像侵蝕運算(Erode)，再進行影像膨脹運算(Dilate)，其成效可讓條碼的白色區域填充成黑色，如圖 3-2-1。

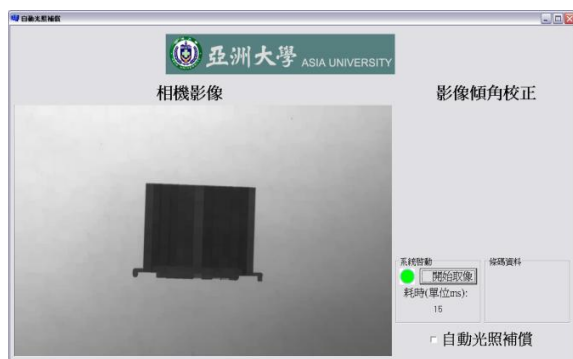


圖 3-2-1 將條碼白色部分填滿為黑色

經型態運算後，條碼的白色部分被填充為黑色，使得條碼部分和背景有明顯的反差，此時使用區塊分析(Blob Analysis)，即可算出條碼區塊的外接矩形，將條碼區域與背景區域區隔開並達到條碼定位的效果，如圖 3-2-2。

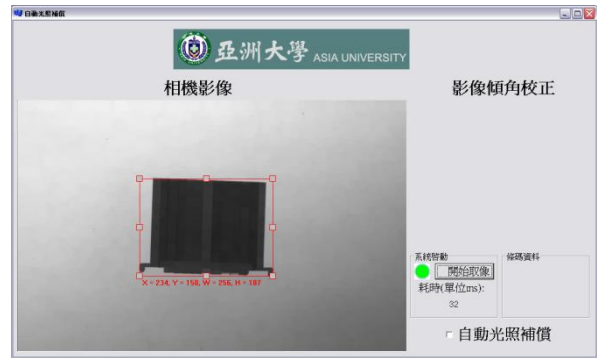


圖 3-2-2 條碼定位

影像定位後取得之影像有可能因其他因素導致條碼旋轉；因此在進行區塊分析後將區塊主軸線與影像 x 座標之夾角角度計算出來，我們藉此角度進行影像傾角校正，傾角校正的過程中採用線性內插法則計算，使影像經過傾角校正後較不易失真，如圖 3-2-3。

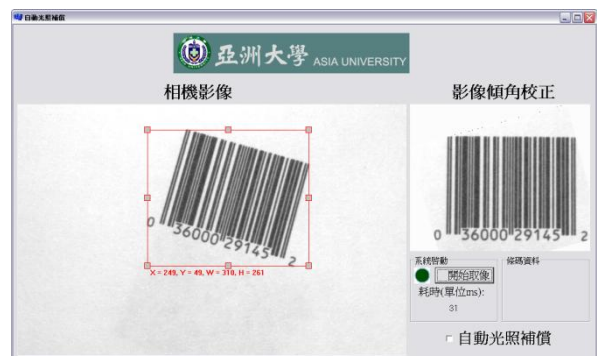


圖 3-2-3 傾角較大也可正確校正且不易失真

3-2-2 亮度分布取樣

我們對傾角校正過後的影像進行亮度分部的取樣，方法如 2-1 章節的方法，對影像進行條碼白色部分的樣本點取樣，取樣過程如圖 3-2-4。



圖 3-2-4 取樣過程

3-2-3 以三次曲面分布函數進行亮度補償

取得亮度變化之樣本點資訊後，使用 2-3 章節的方法求出亮度變化的三次曲面分布函數，並且將亮度不均之影像進行三次方非線性的亮度補償即可將亮度提升至系統可接受之水平。

我們刻意將實驗環境的光源降低，使相機在取像時取得亮度極低的條碼影像，此影像在經過三次方非線性的亮度補償後依然能將亮度校正至系統可辨識之水平，藉此證明本研究即使在亮度極低的環境下也能將亮度大幅提升，如圖 3-2-5。



圖 3-2-5 三次方非線性亮度補償

3-2-6 條碼解碼

條碼選擇使用 UPC-A 碼，解碼標準參照國際標準 ISO/IEC15420 UPC-A[4]所實現；UPC-A 碼由左至右共 12 個值，每個值由 2 個 bar 與 2 個 space 組成(bar 表示 1，space 表示 0)，2 個 bar 與 2 個 space 可分為 7 個等份的二進位邏輯值，7 個邏輯值依照 UPC-A 碼編碼方式可表示十進位的 0 到 9，如表 3-1。

表 3-1 UPC-A 碼邏輯值及其代表之數值

數值	邏輯值(左側)	邏輯值(右側)
0	0001101	1110010
1	0011001	1100110
2	0010011	1101100
3	0111101	1000010
4	0100011	1011100
5	0110001	1001110
6	0101111	1010000
7	0111011	1000100
8	0110111	1001000
9	0001011	1110100

首先對亮度補償後的影像由左至右偵測出因灰階變化而產生的黑白交界點，此交界點即為 bar 與 space 的交界點，將交界點的 x 座標與下一個交界點的 x 座標相減就可得到 bar 或 space 的寬度，依照其寬度便可得知其邏輯值，如圖 3-2-6。



圖 3-2-6 條碼邏輯值

利用 UPC-A 碼的編碼方式將邏輯值轉換為代表的數字即可獲得條碼內的資訊；經實驗證實利用本研究的方法進行亮度補償可有效率的提高解碼穩定度如圖 3-2-7。

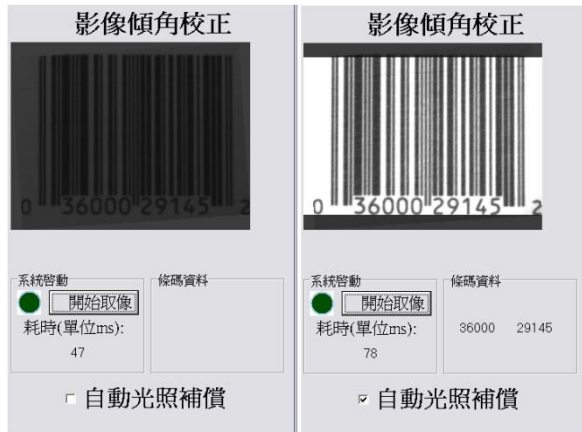


圖 3-2-7 光度補償前後解碼狀況

4. 討論

本研究提出的自動補償亮度不均之方法，只需取得影像上白色部分的邊界點，進行解二元三次方程式，便可得知影像中亮度變化的三次曲面分布函數，經過此函數可將影像中各個像素提升至正確的色階，計算方式簡單快速，經過實驗證實，確實能大幅提升條碼的亮度及解碼穩定度，即使條碼因環境因素造成光源不足或是條碼區域已經是肉眼無法辨識之情況下，經過實驗仍可達到其提升亮度之目的。

自動補償不均勻亮度能有效率的運用在條碼解碼上，是利用條碼顏色反差極大之特性，在取得亮度變化的邊界點較容易也較準確，此方法也可用於其他由黑與白所組成的影像

或 2D 條碼上，如 QR-Code 碼等。

5. 參考文獻

- [1] Eric Wharton, Karen Panetta and Sos Agaian, “Human Visual System Based Multi-Histogram Equalization for Non-Uniform Illumination and Shadow Correction,” *IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, pp. I-729 - I-732, Honolulu, Hawaii, April 2007.
- [2] Elizabeth Jurrus, Tolga Tasdizen1 and Ross T. Whitaker, “Non-uniform Illumination Correction in Transmission Electron Microscopy,” *MICCAI Workshop on Microscopic Image Analysis with Applications in Biology*, pp.1-5, 2008.
- [3] K. Vijayan Asari, Sanjiv Kumar, and D. Radhakrishnan, “A New Approach for Nonlinear Distortion Correction in Endoscopic Images Based on Least Squares Estimation,” *IEEE Transactions On Medical Imaging*, pp1-2, No. 4, APRIL 1999.
- [4] 林伯諭，“以影像為基礎之即時條碼掃描系統”，*以影像為基礎之即時條碼掃描系統，碩士論文，國立中正大學電機工程研究所，嘉義*，PP.18-20，2007。
- [5] ISO/IEC 15420, “Information technology -- Automatic identification and data capture techniques -- EAN/UPC bar code symbology specification,” *International Standard*, 2000.