

行政院國家科學委員會專題研究計畫期中報告
計畫名稱：MPEG-4 相關之彩色影像切割技術研究
Study of MPEG4-related Image Segmentation Techniques

計畫編號：NSC-90-2213-E-009-138

執行期限：91 年 8 月 1 日至 92 年 7 月 31 日

主持人：王聖智（交通大學電子工程系副教授）

計畫參與人員：陳信嘉、郭倫嘉、李季任、吳忠鄴、陳宜妙
（交通大學電子所研究生）

一、中文摘要

在本年度的計畫中，我們針對彩色影像切割，提出利用局部影像資料機率分佈圖之分析來偵測均勻區塊邊緣的概念，並依此發展了一套新的彩色影像切割演算法。整個期末報告包含三個部分：(1)像素可信任度的估測、(2)像素相互之間可信任度的測定以及(3)彩色影像切割的技術。在分析像素可信任度的估測方面，我們討論了單一像素屬於一個均勻區域的可信任度。依此進一步討論像素相互之間可信任度的測定。在影像切割演算法的發展方面，我們提出了一個完整的切割架構，並且得到理想的彩色影像切割結果。

關鍵詞：機率統計圖分析、彩色影像切割

Abstract

In this report, we propose a color image segmentation algorithm, in which the histogram of local image data is used to assist the detection of edge features. According to the local histogram, pixels with comparatively low population are detected as edges first. For these pixels with higher population, their connections are verified based on the coherence of their projections over the local histogram. This report contains three major parts: (1) pixel confidence (2) inter-pixel confidence and (3) proposed

segmentation algorithm. In the estimation of pixel confidence, the 1st derivative and 2nd derivative are used to distinguish comparatively low population from high population. To determinate the relationship between any two adjacent pixels, inter-pixel confidence is proposed. Finally, a complete segmentation algorithm is developed and the simulation results demonstrate the superiority of this algorithm in providing accurate and reliable color image segmentation.

Keywords : Histogram Analysis, Color Image Segmentation

二、計畫緣由與目的：

為了配合多媒體之快速發展，MPEG4 標準因應而生。在 MPEG4 標準中提供了許多新的編碼方式，這些編碼方式提供了日後多媒體應用上的許多方便，但其中一些新的編碼方式能否付諸實行，仍要仰賴影像切割技術的配合。本計畫針對影像切割技術進行研究討論。

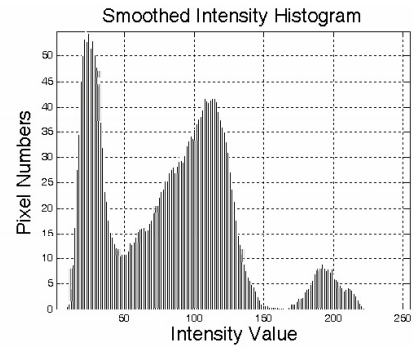
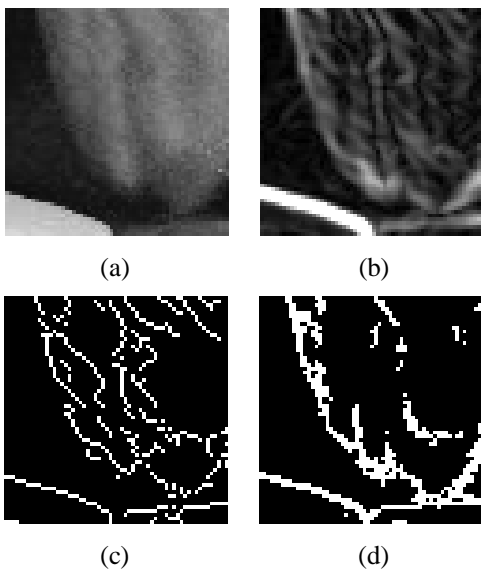
三、結果與討論

在這份報告中，我們定義了兩種可信任度：(1)像素的可信任度以及 (2) 像素相互之間的可信任度。像素的可信任度是在分析每個像素屬於一個色彩均勻區域的可信任度高低。另一方面，像素相互之間的可信任度是在

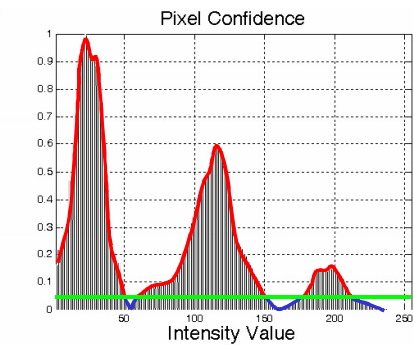
測量兩相鄰像素屬於同一個均勻區域的可信度高低。

(1) 像素可信任度的估測

圖一(a)是真實自然影像的一部分，影像的內容包含了一個的均勻背景和三個物件。在影像中，最大物件的亮度值變動範圍是所有物件中最大的，而最大的物件和背景的交流處存在有陡峭的邊界以及平緩的邊界。圖一(b)是圖一(a)的梯度圖，亮度值較大的位置代表所得到的梯度值比較大，反之亮度低的位置表示小的梯度變化。在圖一(b)中，可以清楚地看出，面積最大的物件和背景交流地方的梯度值相較於此物件內容中的梯度值並不是全然都是很明顯而可以容易地用梯度的資訊來分離物件和背景。這表示直接使用影像的梯度資訊，很難去得到正確的切割結果。在另一方面，在圖一(c)中是採用 Canny[1] 運算子所偵測出來的邊界，很清楚地可以看到，物件和背景的邊界已經呈現破碎，然而在物件中卻存在著許多的邊界。這個例子也說明了，直接使用資料內容的變動在影像切割上可能會有的困難。



(e)



(f)

圖一、(a) 影像
(b) 影像的梯度大小
(c) Canny 運算子偵測出的邊界
(d) 低可信任度的像素
(e) (a)影像亮度機率分佈圖平滑化的結果
(f) 像素的可信任度

人類的視覺感知似乎是建立在訊號的比對結果上。因此，在我們所提出的方法中，我們也試著以資料的比對來定義像素的可信任度。圖一(e)是圖一(a)的影像資料的亮度機率統計圖，經由平滑化後結果，而平滑化的過程是由 Parzen-window 法來實現。這個方法經常使用在估算一個範圍 \mathcal{R}_n 的密度分佈情況，而平滑化的機率分佈函數在亮度值 x 位置的公式如下：

$$p(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{h} \varphi\left(\frac{x - x_i}{h}\right),$$

x_i ， $i = 1, 2, \dots, n$ ，表示在 \mathcal{R}_n 範圍中， n 個像素的亮度值； h 表示平滑化的程度大小；而

函數 $\varphi(\cdot)$ 定義如下：

$$\varphi(u) = \begin{cases} 1 & |u| \leq 1/2 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

在圖一(e)的機率分佈圖中有三個波峰和兩個波谷，由於圖一(a)中最大的物件和背景之間長邊界的影響，在分佈函數 $p(x)$ 的波谷中， x 約為 50 的機率函數值實際上是比 $x=200$ 時的函數值來的大。因此，平滑化後的機率分佈圖的數值高低不能直接使用來代表亮度的可信度。在我們的方法中，像素可信度的定義如下：

假設像素點 Q 的亮度值為 x_Q ，則像素 Q 的可信任度定義為， Q 點的函數值 $p(x_Q)$ 和在 $x=x_Q$ 附近的像素點函數值 $p(x)$ 比較。根據定義，在分佈圖中波峰的位置應該有較高的像素可信度而波谷的位置應該有較低的像素可信度。因此，像素可信度估測的公式如下：

$$C_{\text{pixel}}(Q) = \left\{ \left| \frac{dp(x)}{dx} \right| + \left| \frac{d^2 p(x)}{dx^2} \right| \cdot u\left(-\frac{d^2 p(x)}{dx^2}\right) \right\}_{x=x_Q}$$

$u(\cdot)$ 的定義如下：

$$u(t) = \begin{cases} 1 & t > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

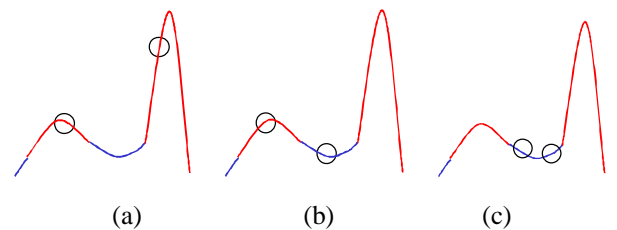
在機率分佈圖中波谷的地方是一次微分的數值較小而二次微分的數為一正值的位置。因此，根據定義可以得低的像素可信度。圖一(f)是由圖一(e)機率分佈圖中得到的像素可信度結果。

在像素的可信度資訊上，我們設一個門檻值將像素的可信任度歸類為高可信度和低可信度區域。在圖一(f)中，低的像素可信度區域在藍色的輪廓線底下，而高的像素可信度區域是在紅色的輪廓線底下。而在圖一(d)中，落於低像素可信度區域的像素點以白色的點來表示而落於高像素可信度區域的像素

點則以黑色的點來表示。我們可以清楚地看到三個物件和背景的邊界可以經由像素的可信任度分析而偵測出來。

(2) 像素相互之間可信任度的測定

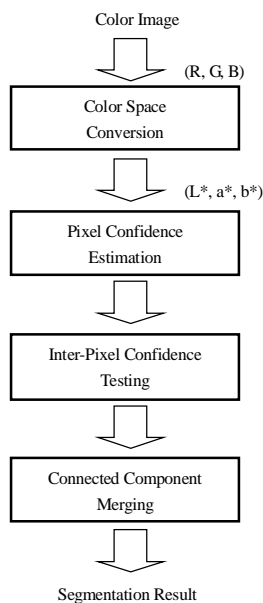
在偵測影像中的邊界時，相互之間的可信任度關係也必須考慮，像素相互之間的可信任度是用來確認相連的兩像素點是否屬於同一個均勻區域的可信任度大小。在我們的定義中，只要沒有違反圖二中的三種情況，像素相互之間的可信任度均屬於高，反之為低。如在圖二(a)中，雖然兩個像素的像素可信度均落於高可信度區間，但是它們的亮度值之間存在著低可信度區間，當他們相連時會跨過低可信度區間，因此它們相互的可信任度為低。而在圖二(b)(c)中，有一個以上的像素落於低可信度區域的情況發生時，則均屬於低的相互可信度。



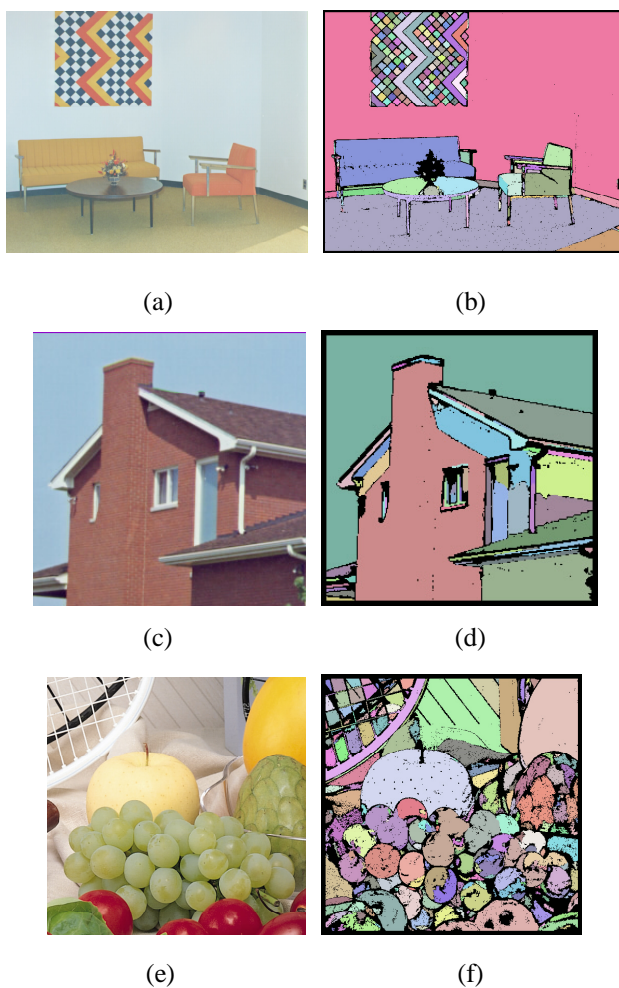
圖二、三種低的相互可信度的情況

(3) 影像切割演算法的設計

圖三是我們提出的影像切割演算法的流程圖。首先，經由色彩空間的轉換將色彩資訊轉換到 CIE $L^*a^*b^*$ 的色彩空間中，然後個別處理 (L^*, a^*, b^*) 等三個成份。我們將每一個成份均切成相互重疊且固定大小的數個區域，並在每個區域內統計處理得到平滑化的機率分佈圖。接著估測位於區域中心像素點的可信任度資訊，再測定相互像素的可信任度，然後結合 (L^*, a^*, b^*) 三個成份的資訊得到均勻區域的邊界，最後經由相鄰像素相連的過程而得到最後的切割結果，如圖四。



圖三、彩色影像切割演算法的流程圖



圖四. (a)(c)(e) 原測試影像

(b)(d)(f) 影像切割結果，相同色彩表示同一區塊

四、計畫結果自評

在報告中，我們提出了在局部影像資料的機率統計分佈圖分析像素的可信任度和相互像素的可信任度，並用分析的結果來偵測均勻區塊邊緣的概念，此概念很簡單，在實現上也不複雜，而藉此觀念發展出來的演算法卻能得到大幅改善的影像切割結果。

五、參考文獻

- [1] J. Canny, "A Computational Approach to Edge Detection," IEEE Trans. on PAMI, Vol. 8, No. 6, pp. 679-698, Nov. 1986.
- [2] M. A. Ruzon and C. Tomasi, "Color Edge Detection with the Compass Operator," Proc. of IEEE Conf. on CVPR, Vol. 2, pp. 160-166, June 1999.
- [3] W. Y. Ma and B. S. Manjunath, "Edge Flow: A Technique for Boundary Detection and Image Segmentation," IEEE Trans. on Image Processing, Vol. 9, No.8, pp. 1375-1388, Aug. 2000.
- [4] L. Shafarenko, M. Petrou, and J. Kittler, "Histogram-Based Segmentation in A Perceptually Uniform Color Space", IEEE Trans. on Image Processing, Vol. 7, No. 9, pp. 1354-1358, Sep. 1998.
- [5] C. Carson, S. Belongie, H. Greenspan, and J. Malik, "Blobworld Image Segmentation Using Expectation-Maximization and Its Application to Image Querying," IEEE Trans. on PAMI, Vol. 24, No. 8, pp. 1026-1038, Aug. 2002.
- [6] D. Comaniciu and P. Meer, "Mean Shift: A Robust Approach toward Feature Space Analysis," IEEE Trans. on PAMI, Vol. 24, No. 5, pp. 603-619, May 2002.
- [7] H. D Cheng and Y. Sun, "A Hierarchical Approach to Color Image Segmentation Using Homogeneity," IEEE Trans. on Image Processing, Vol. 9, No. 12, pp. 2071-2082, Dec. 2000.