

影像細縫裁減法

王元聖¹

鐘文德²

高振祐²

林慧珍²

¹淡江大學體育教學組

²淡江大學資訊工程學系

119391@mail.tku.edu.tw, tacp9816@gmail.com,

vn512666@gmail.com, 086204@mail.tku.edu.tw

摘要

隨著科技的發展顯示器的使用越來越普遍，配合不同大小螢幕的影像縮放技術越來越受重視，傳統的剪裁和非等比例縮放容易造成影像的變形或失真。Avidan and Shamir 提出了一個影像細縫裁減，其依據影像內容來對影像重新調整大小的方法，被認為是一個有效的解決方法，使用簡單的濾波器來找出影像中高能量的區域並保留下來，但是很多時候這種演算法並不能產生令人滿意地結果，它無法應付各種類型的影像，例如有複雜背景或是高反差顏色的影像。本篇論文希望能夠對細縫裁減演算法作改進，透過改變能量圖的計算方式，來降低複雜背景的高頻雜訊，使得在各種複雜背景的影像都能夠達到使用者期望的結果。

關鍵詞：細縫裁減，影像採樣，梯度值，邊緣偵測。

1. 緒論

隨著科技的發展，手機和各種多媒體影音裝置的使用人數快速成長。這些可攜帶式行動裝置的畫面大小受限之下，使用者還是期望能夠呈現高品質的圖片，因此在多媒體影音設備這部份如何有效重定圖片尺寸是一個很迫切需要的技術，希望能用來調整影像的大小或是長寬比例使影像能夠完美的呈現在各種不同大小的螢幕上。所謂調整影像大小，包含由小調大和由大調小，不過以後者具較多問題，因而大多的研究都著重在由大調小，而本論文之研究議題是以影像縮小為主。通常直接對圖片進行比例縮放(*scaling*)即可達到影像縮小的目的，此方法可以完整的保留住圖片中的所有資訊和全域視覺效果，但是如果原始圖片太大或者是裝置的螢幕太小，使用者將有可能無法清楚地看到畫面上較小的感興趣的物件，此外若物件縮放時沒有維持圖片原始的長寬比例則其縮放後的形狀可能會變形，如圖 1(b)所示。而另一種常見的方式是對圖片做裁切(*cropping*)，但裁切後會完全遺失被裁去部分的資訊，而那部分可能包含我們感興趣的物件，所以也不是一個理想的方法。

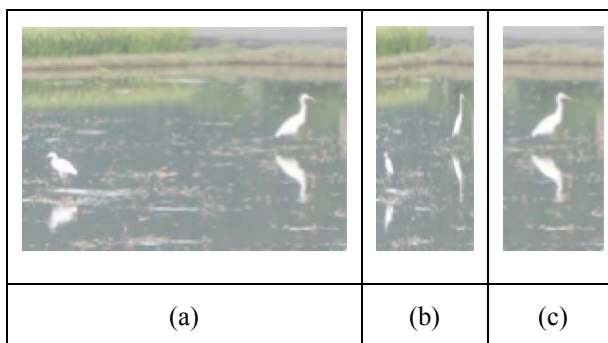


圖 1 比例縮放與裁切結果比較 (a) 原圖(b) 比例縮放(c) 裁切

為了克服一般縮放和裁切的缺點有人提出了依據影像內容來對影像縮小的方法，Avidan and Shamir [1] 最先使用這類依據影像內容來重新調整大小的方法，稱為“細縫裁減”(Seam Carving)，透過計算出影像的能量，找出能量總和最小的細縫(亦稱最佳細縫)並將之移除來達到縮小影像，達到盡量維持圖片中重要物件的大小和形狀的目的。

Avidan and Shamir [1]提出的細縫裁減方法，利用像素的梯度值來計算影像能量，稱之為 *backward energy*，由於大部分的物件會有明顯的邊緣而產生較高的梯度值，因而梯度值可反應出影像中重要的部份。雖然此方法簡單且快速，但是在背景比較複雜的情況下其效果就不太好。因此目前已有許多文獻提出方法來改進這個問題[2-14]。

2. 方法

細縫裁減的目的是要找出一條由像素所連成的單調且連通的路徑，透過移除細縫來達到縮小影像的尺寸同時保留重要物件之目的。一般而言，具有高能量的像素被認為是影像中重要的部份，反之具有較低能量的像素點則代表影像中比較不重要或是平滑的部份，因此一般細縫裁減法都是利用找出並刪除具最低總能量的細縫，以期能保留住重要物件。本章節將介紹本論文所提之能量圖的定義與求法、細縫累積能量計算方法、影像縮小方式、以及系統介面介紹。

2.1 能量圖的定義與求法

在背景有很多高頻雜訊時，其產生的高能量值容易導致細縫從物件中穿越造成物件變形或變太小，因而本研究主要是將背景雜訊降低，使得在複雜背景中的物件能被保留住。為了達到這個目的，我們提出一個產生適當的能量圖的方法，其步驟包含利用中間值濾波去雜訊、利用邊緣偵測產生邊緣圖、利用分群法將中低能量去除得到一能量圖。每個步驟描述如下。

在偵測影像重要物件邊緣之前，我們使用中間值濾波器來降低背景的能量，其能將原圖 I 中的高頻雜訊去除，所得到的影像 I' 仍然能夠保持邊緣的銳利度。

接著對去除雜訊後的影像 I' 進行 Sobel 邊緣偵測產生邊緣圖 G 。

做過前處理後背景區域其能量值可能比前景區域內部的能量值高，使得最佳細縫容易穿過前景區域，因而考慮將邊緣圖 G 中低於某一門檻值 t^* 之能量消除。門檻值 t^* 之求法如下所述。

令 N 代表影像中的像素總和， $N_1(t)$ 代表灰階值小於或等於 t 那一個群組的像素總和， $N_2(t)$ 代表灰階值大於 t 那一個群組的像素總和。令 n_i 代表灰階為 i 之像素出現次數，則 $\mu_1(t)$ 及 $\mu_2(t)$ 分別代表第一個群組和第二個群組的灰階平均值，可表示如式(1)與(2)所示。

$$\mu_1(t) = \frac{1}{N_1(t)} \sum_{i=0}^t in_i \quad (1)$$

$$\mu_2(t) = \frac{1}{N_2(t)} \sum_{i=t+1}^{255} in_i \quad (2)$$

令 $\sigma_1(t)$ 代表灰階值小於或等於 t 那一個群組的標準差， $\sigma_2(t)$ 代表灰階值大於 t 那一個群組的標準差，其可表示如式(3)與(4)所示。

$$\sigma_1^2(t) = \frac{1}{N_1(t)} \sum_{i=0}^t in_i [i - \mu_1(t)]^2 \quad (3)$$

$$\sigma_2^2(t) = \frac{1}{N_2(t)} \sum_{i=t+1}^{255} in_i [i - \mu_2(t)]^2 \quad (4)$$

群組內差異的加權平均值 $\sigma_w^2(t)$ 定義如式(5)所示。

$$\sigma_w^2(t) = \frac{N_1(t)}{N} \sigma_1^2(t) + \frac{N_2(t)}{N} \sigma_2^2(t) \quad (5)$$

最後透過簡單的循序搜尋 ($0 < t < 255$) 即可找到使 $\sigma_w^2(t)$ 最小的 t^* 值，此 t^* 值即為最佳的閾值，如式(6)所示。接著將影像能量值小於 t^* 者設其值為 0，而大於 t^* 者則維持其原能量值，以達刪除中低頻能量，得到調整後的邊緣圖即為能量圖 E ，如圖 2 所示。

$$t^* = \arg \min_{0 < t < 255} \sigma_w^2(t) \quad (6)$$

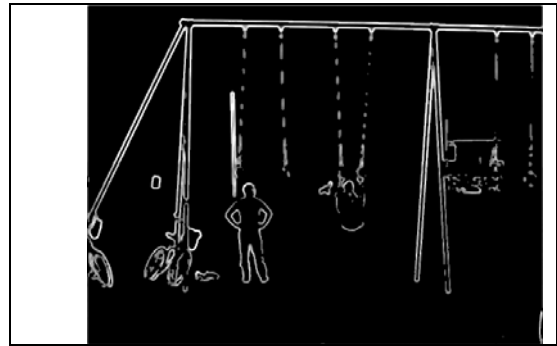


圖 2 調整後的邊緣圖 E

2.2 尋找最佳細縫

一條細縫是由像素所連成的單調且連通的路徑，細縫的方向可以是從左到右的水平方向，也可以是從上到下的垂直方向，但是必須是連貫的一條路徑才不會造成移除後的影像產生不連續的失真，若一張 $N \times M$ 大小的影像，則一條垂直的路徑可以用公式(7)表示，其中 x 是一個函數 $x: [1, 2, \dots, N] \rightarrow [1, 2, \dots, M]$ 。

$$S^x = \{s_i^x\}_{i=1}^N = \{(x(i), i)\}_{i=1}^N, \quad st. \forall i, x(i) - x(i-1) \leq 1 \quad (7)$$

透過產生出來的影像能量圖，我們可以計算出每條細縫的能量累加值，此值越小表示細縫所經過的位置是最平滑或是相對比較不重要，因此我們可以定義具最小能量累加值的細縫為最佳細縫，一個從上到下的最佳路徑可表示如式(8)，其中 f_e 為本文在後面所定義的能量函數。細縫裁減即是透過重複尋找並刪除最佳細縫之程序。

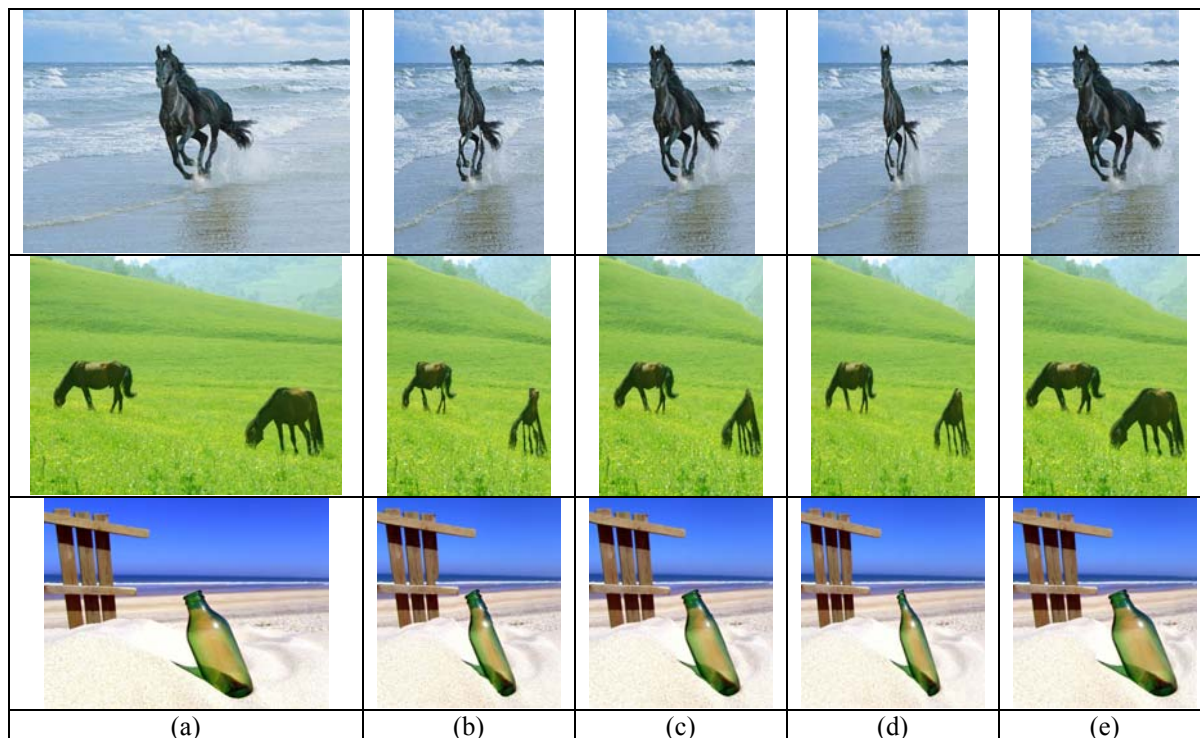


圖 3 影像縮小之結果 (a) 原圖 (b)~(e) Avidan and Shamir、Rubinstein、Han、與本文所提之方法

$$S^* = \arg \min_x \sum_{i=1}^N fe(I(s_i^x)) \quad (8)$$

本文利用 *forward energy*[2]的方式來找出最佳細縫，如式(9) 所示。

$$fe(i, j) = \alpha E(i, j) + \min \begin{pmatrix} fe(i-1, j-1) + C_L(i, j) \\ fe(i-1, j) + C_U(i, j) \\ fe(i-1, j+1) + C_R(i, j) \end{pmatrix} \quad (9)$$

其中 E 為本文產生之能量圖，係數 α 主要是用來調整能量圖的重要性，而 C_L , C_U , 和 C_R 為成本函數，定義如式(10)。

$$\begin{aligned} C_L(i, j) &= |I(i-1, j) - I(i, j-1)| + C_U(i, j) \\ C_U(i, j) &= |I(i, j+1) - I(i, j-1)| \\ C_R(i, j) &= |I(i-1, j) - I(i, j+1)| + C_U(i, j) \end{aligned} \quad (10)$$

3. 實驗結果

本研究的環境在 Mac OSX 10.7.4 的作業系統，使用 JAVA SE 6 並在 NetBeans 7.0 版中做編譯；硬體設備方面，中央處理器(CPU)為 Intel Core 2 Duo 2.4GHz，記憶體為 4G。本系統除了提供數種細縫裁減演算法外，也可讓使用者直接在影像中標示影像中欲保留區塊或欲移除區塊之功能，系統會分別加重與減輕欲保留區塊與欲移除區塊內的能量，以得到使用者想要的結果。

本實驗當中，我們和 Avidan and Shamir [1]、Rubinstein [2]、與 Han [5]所提的方法進行比較。如圖 3 所示，我們所提的方法對主要物件呈現較好的保留結果。

4. 結論與未來展望

目前的細縫裁減(seam carving)演算在複雜背景の影像中都無法有令人滿意的結果，因而本研究提出了一個在複雜背景下的細縫裁減演算法，透過簡單的前處理和邊緣偵測，再利用分群法將影像前景和背景之能量差異強化，進而達到有效裁減複雜背景之目的。

本文提供一個有彈性的介面，可供使用者使用不同的模組與功能，以得到其理想中的影像縮小結果。

在未來的研究中將考慮偵測邊緣斷裂的補救方法以期能保留各種不同形狀之物件。除此，我們也希望將此研究延伸至影片的處理上[15]。

參考文獻

- [1] S. Avidan and A. Shamir, "Seam Carving for Content-Aware Image Resizing," *ACM Trans. Graph.*, Vol. 26, Issue 3, Article 10, pp. 10:1-10:9, July 2007.
- [2] M. Rubinstein, A. Shamir, and S. Avidan, "Improved Seam Carving for Video Retargeting," *ACM Trans. Graph.*, Vol. 27, Article 16, pp. 16:1-16:9, Aug. 2008.
- [3] M. Frankovich and A. Wong, "Enhanced Seam Carving Via Integration of Energy Gradient Functionals," *IEEE Signal Processing Society*, pp. 375-378, 2011.
- [4] W. M. Dong, N. Zhou, J. C. Paul, and X. P. Zhang, "Optimized Image Resizing Using Seam Carving and Scaling," *ACM Trans. Graph.*, Vol. 28, Issue 5, Article 125, pp. 125:1-125:10, 2009.
- [5] J. W. Han, K. S. Choi, T. S. Wang, S. H. Cheon, and S. J. Ko, "Improved Seam Carving Using a Modified Energy Function Based on Wavelet Decomposition," in *Proceedings of the 13th IEEE International Symposium on Consumer Electronics*, pp. 38-41, 2009.
- [6] Daw-Sen Hwang and Shao-Yi Chien. "Content-Aware Image Resizing Using Perceptual Seam Carving with Human Attention Model," in *Proceedings of the International Conference on Multimedia and Expo*, pp. 1029-1032, 2008.
- [7] S. Cho, H. Choi, Y. Matsushita, and S. Lee, "Image Retargeting Using Importance Diffusion," in *Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, pp. 977-980, 2009.
- [8] Kazu Mishiba and Masaaki Ikehara, "Seam Merging for Image Resizing with Structure Preservation," in *Proceedings of the International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, pp. 1001-1004, 2011.
- [9] S. Avidan and A. Shamir, "Seam Carving for Media Retargeting," *Communications of the ACM*, Vol. 52, Issue 1, pp. 77-85, 2009.
- [10] L. Chen, X. Xie, X. Fan, W. Ma, H. Zhang, and H. Zhou, "A Visual Attention Model for Adapting Images on Small Displays," *ACM Multimedia Systems Journal*, Vol. 9, No. 4, pp. 353-364, 2003.
- [11] Y. S. Wang, C. L. Tai, O. Sorkine, and T. Y. Lee, "Optimized Scale-and-Stretch for Image Resizing," in *Proceedings of the International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, ACM*, Vol. 27, No. 5, Article 118, pp. 118:1-118:8, 2008.
- [12] D. Domingues, A. Alahi, and P. Vanderghyest, "Stream Carving: An Adaptive Seam Carving Algorithm," in *Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing*, pp. 901-904, 2010.
- [13] Jinseok Lee and Daijin Kim, "Fast Seam Carving Using Partial Update and Divide and Conquer Method," in *Proceedings of the IEEE International Symposium on Signal Processing and Information Technology (ISSPIT)*, pp. 107-112, 2009.
- [14] G. Pan, W. Li, W. Bai, J. Chen and L. Li, "Reverse Seam Carving," in *Proceedings of the 2011 Sixth International Conference on Image and Graphics*, pp. 50-55, 2011.
- [15] H. M. Nam, K. Y. Byun, J. Y. Jeong, K.S. Choi, and S. J. Ko, "Low Complexity Content-Aware Video Retargeting for Mobile Devices," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, pp. 182-189, 2010.