

以小波為基礎的分割式影像融合

蔡耀弘

玄奘大學資訊科學研究所
yaohong.tsai@gmail.com

李彥翰

玄奘大學資訊科學研究所
justinleehill@gmail.com

摘要

影像融合技術是將同個地點的二張以上之影像結合成一張新的影像。這項技術在我們使用圖片的訊息時能得到更多資訊，讓影像更適合辨識或是做更進一步的影像處理。例如在一些安全監控的辨識應用上，需要監視器影像的比對，有時我們無法只從一張影像獲得所有資訊，必須要藉著不同光源或焦距來取得影像甚至於是連續影像，經由融合，以顯示所需要的整體資訊。小波(Wavelet)多解析層影像融合為近年來影像融合的重要方法之一，係利用小波多解析層之結構，在各階層藉由不同的融合規則，將兩張以上之影像進行融合。在本文中，我們對小波轉換後的影像做四分樹分割，找出模糊的區域，以減少取得錯誤的資訊，得到更好融合的結果。經過許多的研究，我們提出一種從小波中的低頻段計算而來的區域資訊量 *LMV* (Local measurement value) 來判斷每個影像區塊中的資訊量。最後，我們將此方法套用在現有的融合規則上，並以模擬影像來做實驗，來比較影像融合各種方法。

關鍵字：影像融合、影像比對、小波轉換

Abstract

The objective of image fusion is to combine information from multiple images of the same scene. The result of image fusion is a new image which is more suitable for human and machine perception or further image-processing tasks such as image segmentation, feature extraction and object recognition. In this paper, a new wavelet-based approach for multi-resolution image fusion is presented. Regions are obtained using adaptive decomposition. The local measurement value (*LMV*) is designed for adaptive decomposition. This value is produced from wavelet low frequency band. Finally, the existing fusion rule is applied on the corresponding regions of source images. Experiments showed that the proposed

method can have better fusion results of performance than existing image fusion methods without adaptive decomposition.

Keywords: image fusion, quadtree, adaptive decomposition, wavelet, multi-resolution

一、前言

在影像分析和電腦視覺的技術中，影像融合是一個功能強大的技術。融合後的影像，能夠提高原技術的效能，例如影像分割，特徵擷取和辨識物體等。影像融合技術可以從幾個圖片來源把訊息做互補，改善了影像的可見度和解析度，並強化分析物體的特徵訊息，也可以在檢測與識別物體時減少錯誤[10]。目前，影像融合成功的應用在許多方面，例如在醫療診斷，遙感探測，多焦距的 CCD 和軍事用判斷[4、9、14、15]。

在本篇論文中，我們使用小波技術來做融合的基礎，因為小波分解是一種頻率域多解析的技術，能夠將圖片建立出不同的訊號解析，而且小波係數可以從不同的影像適當地結合起來，以獲得新的係數，讓我們在處理訊息時非常方便[10]。

使用基於小波變換的影像融合方法，必需考慮能夠在沒有損失資訊的狀況下將輸入的影像做處理。以前的研究曾使用計算比較簡單的方法來結合小波係數，像是權重法，選擇最大值甚至做線性及非線性分析。Hong Zhang, Lei Liu 和 Nan Lin [14]提出了一個新的醫學影像融合方法，使用小波係數的基礎上去分析影像能量。Huaixin Chen 提出了以主成分分析法為基礎的影像融合方法 [2]。Nikolaos Mitianoudis 和 Tania Stathaki 使用獨立分量分析，發展另一種不同的方法[8]。

而最近的研究有些基於分割影像的做法，例如，Yingjie Zhang 和 Liling Ge [13]提出的方法是先區分物件，然後判斷各物件的優先次序。利用這些區域的各種特徵來做計算，以確定其中的圖片哪些特徵需要融合到影像之中。這些研究改進了原有的方法，

可以考慮根據影像的特徵，針對不足訊息的來源影像做分割，發展出更有智慧的融合規則。

本文提出的融合方法，包括了小波轉換及自動判斷分割規則。在判斷分割的規則中，結合了小波係數的計算，以四分樹來做切割，針對其中每個區域的小波係數，產生一個區域資訊量 (local measurement value, *LMV*) 的計算方法。最後，我們用一些模擬的影像做實驗，來比較本文所提出的方法與以往的融合方法的效果。

本文的章節簡介如下：在第 2 節我們介紹基於小波轉換的影像融合方法。第 3 節中，提出影像融合的分割方法。在第 4 節我們有一些實驗數據的結果和比較。最後，第 5 節為結論。

二、基於小波轉換的影像融合方法

過去有許多研究顯示，頻率域轉換在影像處理中是非常有用的 [9]，不但能夠方便的表示影像，且能經過計算處理後，又可以還原成影像。所以我們使用小波轉換中的離散小波轉換 (discrete wavelet transform)，來轉換我們要融合的兩張或更多的圖片。接著，我們針對小波係數的低頻段和高頻段特性的不同亦使用不同的規則來做計算。最後，利用我們反轉小波變換完成了融合後的影像。圖 1 為基於小波變換的影像融合流程圖。

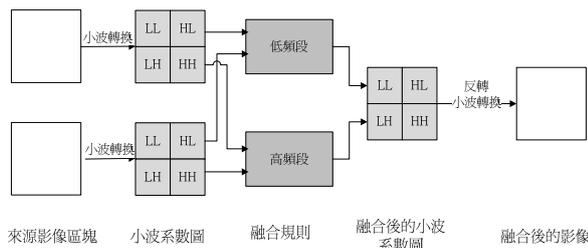


圖 1. 小波融合流程圖

在這裡，H 和 L 分別代表高通和低通濾波器。在這樣的子影像(LL, LH, HL 和 HH)分別代表輸入影像在橫向，縱向和對角方向的平均及不同的訊息。

處理不同頻段的小波係數對融合的結果很重要，不同的特徵訊息隱含在不同層次的小波分解的影像，在這裡，我們需要劃分的頻段有高頻段和低頻段。由於小波係數高頻率的絕對值包含大量的顯著特徵，如影像

邊緣和線。我們會設法選擇相對應較大的高頻小波係數，於公式(1)；小波係數低頻段的訊息所表示的是圖片中較平滑的訊號。因此，考慮到關於小波在低頻段下的影像之間的訊息，一般處理的方法，是使用小波係數最大值法、權重法和平均法，這些方法的高頻部份 (LH、HL、HH) 都取以最大值，而低頻 (LL) 則分別作取最大值、權重分配計算、平均分配計算，依序為公式(2)、(3)、(4)，如下：

$$D_{xx} = \max[D_{xx}^m(M, N), D_{xx}^n(M, N)] \quad (1)$$

xx = LH, HL, HH

$$D_{LL \text{ maximum}} = \max[D_{LL}^m(M, N), D_{LL}^n(M, N)] \quad (2)$$

$$D_{LL \text{ weight}} = \frac{\left[\frac{D_{LL}^m(M, N) \times D_{LL}^n(M, N)}{D_{LL}^m(M, N) + D_{LL}^n(M, N)} \right] + \left[\frac{D_{LL}^n(M, N) \times D_{LL}^m(M, N)}{D_{LL}^m(M, N) + D_{LL}^n(M, N)} \right]}{2} \quad (3)$$

$$D_{LL \text{ average}} = \frac{D_{LL}^m(M, N) \times D_{LL}^n(M, N)}{2} \quad (4)$$

三、分割式的影像融合

一個成功的影像融合可以保存完整的物件資訊。我們融合影像的概念是想辦法留下對焦正確而資訊完整的影像區域。為選擇適當地區，我們計算一個偵測值：區域資訊量 *LMV*，這個偵測值是利用小波係數的算法可以檢測到邊緣，能更有利讓我們從來源影像取出資訊。而我們設計的偵測值 *LMV* 與門檻值 *M* 做比較，決定是否分割，而分割的區塊也計算新的偵測值 *LMV* 與門檻值 *M* 做比較，以此模式不斷的切割下去。

在兩個來源子影像為計算下，*LMV* 的定義為：

$$LMV_{m,n} = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N [D_{LL}^m(i, j) - D_{LL}^n(i, j)] \quad (5)$$

其中 D_{LL} 的值是小波低頻段係數。 A 是 M 乘上 N ， M 與 N 是兩個影像區域 m 與 n 中的像素大小。 LMV 就是兩個子影像區域中 D_{LL} 差異值做平均。而門檻值 M 是起始區域未切割的 LMV 值。

四分樹是在每個部分影像在兩個方向的維度，分割該區域成為四個平等的象限，元影像則分成四個區塊。用四分樹的方式來看，每個節點中若符合切割規則就會分割產生四個葉節點，若沒有需要切割就不會產生葉節點，如圖 2。每個影像區塊的四分樹會切割為四份相同的大小。圖 3 顯示影像使用四分樹做分割的情形。

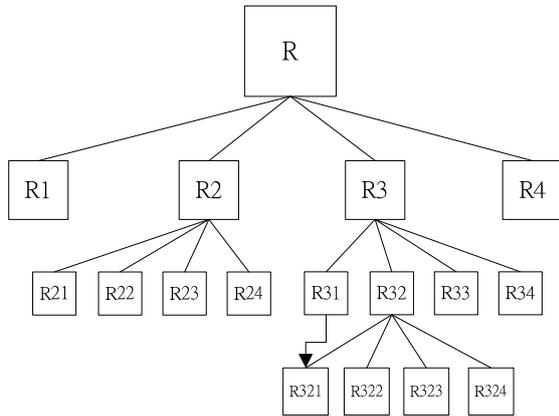


圖 2. 四分樹表示圖

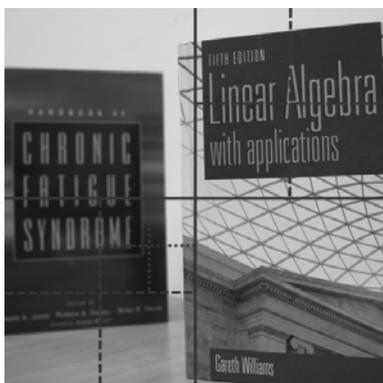


圖 3. 經過分割的影像示意圖

使用分割法區分，選擇一塊適當的區域。所以，使用分割方法可以改善原來沒有

分割方法的融合效果。我們在圖 4 說明，如何加上這個分割的方法。

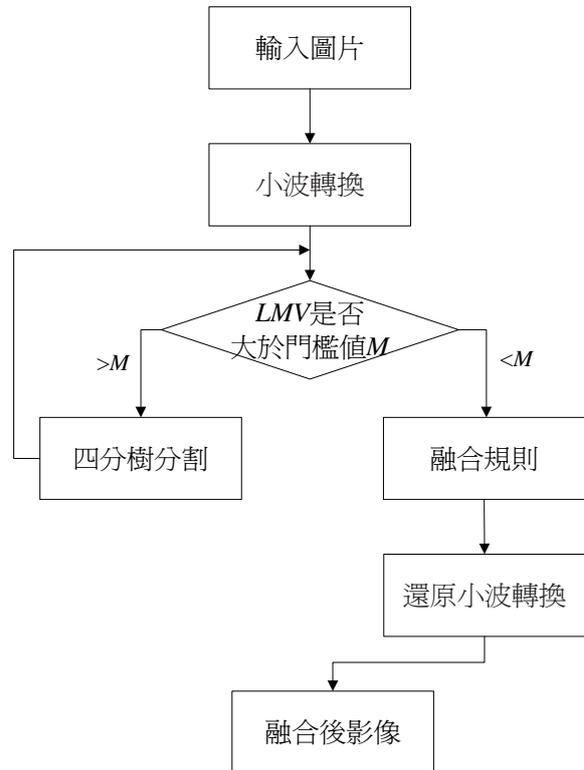
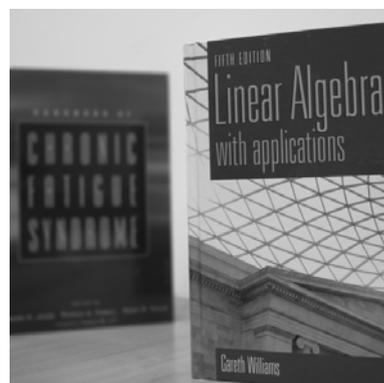


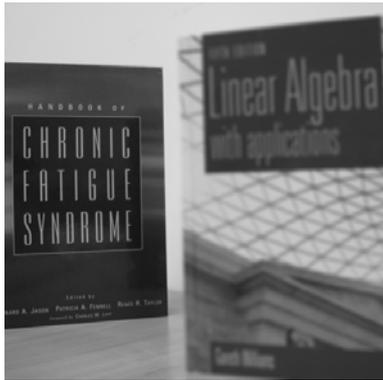
圖 4. 分割式的影像融合方法流程圖

四、實驗結果

我們使用 Matlab R2006a 實作和測試，使用的圖片為灰階 512*512 像素。圖片 5 顯示我們實驗的多重焦距原始影像。而圖片 6 顯示實驗結果的影像，分別是與在公式(2) (3) (4)的 3 種融合規則，取最大值法，權重法和平均值法及本文方法的比較，可以在圖 6 看出能得到更好的融合結果。

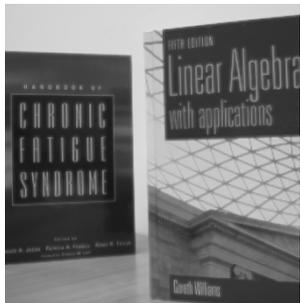


(a) 對焦於近處之影像

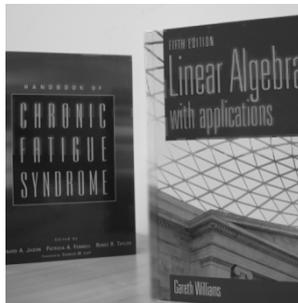


(b) 對焦於遠處之影像

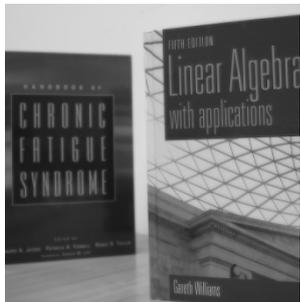
圖 5. 原始焦距影像



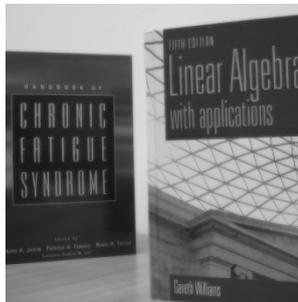
(a) 最大值法影像融合



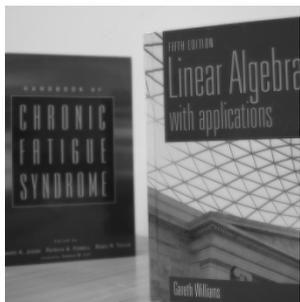
(b) 最大值加上自適應分割法影像融合



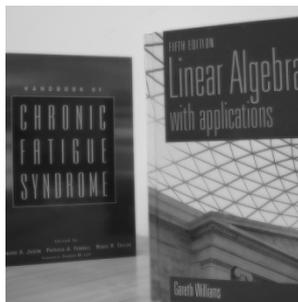
(c) 權重值法影像融合



(d) 權重值加上自適應分割法影像融合



(e) 平均值法影像融合



(f) 平均值加上自適應分割法影像融合

圖 6. 不同方法的影像融合結果

我們使用 $RMSE$ (均方根誤差) 的計算方法作為我們的實驗的測量值, 比較處理過的影像與完整影像的相異程度, 其計算方法。表示如下:

$$RMSE = \left[\frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N [x_R(i, j) - x_F(i, j)]^2 \right]^{1/2} \quad (6)$$

在這個公式中 x_R 的是一個理想完整資訊的參考影像, x_F 是經過處理的融合影像, 影像的尺寸為 $M \times N$, i 與 j 為像素座標。均方根誤差的檢測方式能表示融合影像 x_F 和理想影像 x_R 之間有多少誤差。因此, x_F 和 x_R 之間的 $RMSE$ 越低, 表示融合影像 x_F 更接近理想影像 x_R 。

表 1. 各種融合影像方法的 $RMSE$ 比較表

融合規則	$RMSE$ (無分割法)	$RMSE$ (加入分割法)
最大值法	11.3451	6.009
權重值法	8.7786	7.1841
平均值法	8.7873	7.2621

從表 1 的結果顯示: 加上分割的方法能夠更好。且在使用最大值的融合規則中能改善最多, 比權重值法與平均值法來的更顯著, 可以觀察出我們的分割法能夠直接找出正確的訊息, 故直接選取的數值能比混合計算的數值所得到的訊息來得更完整。

五、結論

本文架構在小波轉換為基礎的影像融合, 以提升效果及處理速度為目標, 加入了區域的測量值 (LMV) 的計算方法來選擇小波係數基於四分樹的數據結構。本文所提出的方法可以比現有沒有分割式的影像融合方法有更好的融合結果, 在多重焦距影像的處理上, 能更有效的提供資訊。

參考文獻

- [1] Aguilar-Ponce, R., Tecpanecatl-Xihuitl, J. L., Kumar, A. and Bayoumi, M., "Pixel-Level Image Fusion Scheme based on Linear Algebra," *IEEE International Symposium on Circuits and Systems*, pp.2658-2661, 2007.
- [2] Chen, H., "A Multi-resolution Image Fusion Based on Principle Component Analysis," *Proceedings of the Fourth International Conference on Image and Graphics*, pp. 737-741, 2007.
- [3] Gonzalez, R. C. and Woods, R. E., *Digital Image Processing*, 2nd ed., Prentice Hall, 2002.
- [4] Gabarda, S. and Cristobal, G., "Cloud Covering Denoising Through Image Fusion", *Image and Vision Computing*, Vol. 25, pp. 523-530, 2007.
- [5] Huang Q., Gao W., and Cai W., "Thresholding technique with adaptive window selection for uneven" *Pattern Recognition Letters*, Vol. 26, pp.801-808, 2005.
- [6] Li, H., Manjunath, B. S. and Mitra, S. K., "Multi-sensor image fusion using the wavelet transform," *Graphical Models Image Process*, Vol.57, No. 3, pp. 235-245, 1995.
- [7] Liu, Z. F., Wang Y. Q. and You, Z. S., "A method to segment moving vehicle cast shadow based on wavelet transform" *Pattern Recognition Letters*, Vol. 29, pp. 2182-2188, 2008.
- [8] Mitianoudis, N. and Stathaki, T., "Adaptive Image Fusion Using ICA Bases" *IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*, Vol. 2, pp. 829-832, 2006.
- [9] Pajares, G. and Manuel de la Cruz, J. "A wavelet-based image fusion tutorial," *Pattern Recognition*, Volume 37, Issue 9, , pp. 1855-1872, 2004.
- [10] Prasad, L., and Iyengar, S. S., *Wavelet analysis with applications to image processing*, CRC Press, Boca Raton, 1997.
- [11] Ranchin, T. and Wald, L., "Fusion of High Spatial and Spectral Resolution Images: The ARSIS Concept and its Implementation", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 66, No. 1 , pp. 49-61, 2000.
- [12] Rosenfeld, A. and Thurston M., "Edge and Curve Detection for Visual Scene Analysis," *IEEE Transaction on Computer*, Vol. C-20, pp. 562-569, 1971.
- [13] Zhang, Y. and Ge, L., "Region-based Image Fusion by Using Region Priorities", *International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking, and Parallel/Distributed Computing*, Vol. 1, pp. 854-860, 2007.
- [14] Zhang, H., Liu L., and Lin N., "A Novel Wavelet Medical Image Fusion Method", *International Conference of Multimedia and Ubiquitous Engineering*, pp.548-553, 2007.
- [15] Zhang, Z. and Blum, R.S., "A Categorization of Multiscale-Decomposition-based Image Fusion Schemes with a Performance Study for a Digital Camera Application", *International journal of the IEEE*, Vol.8, pp. 1315-1326, 1999.