

珍藏文物數位化與重現：大型圖像的數位化與展現

李音儀 黃志中 范紀文 周照欽 何建明

{iylee, yvb, fann, ccchou, hoho}@iis.sinica.edu.tw

中央研究院資訊科學研究所 電腦暨通訊系統實驗室

摘要

典藏數位化的過程中，典藏單位為了保存原始文物的豐采與完整性，在以品質為前題的考慮下，若遇到大型圖像需數位化或是數位化的解析度較高時，則其所需的儲存空間亦隨之增加。針對如此的情況勢必在技術上需有所突破，方能處理大型圖像分區塊數位化與影像顯示上的問題。

本文旨在探討如何於數位化的過程中，在符合典藏單位的需求下進行大型圖像的數位化與解決高解析度數位化後的影像顯示問題。本文針對此問題分為以下幾節加以說明，第一節將說明典藏級影像接合與顯示上遭遇什麼問題，接著第二節將簡短的介紹數位典藏相關的影像接合與顯示技術發展的情況，第三節系統設計概念與架構，介紹兩項技術的系統架構與功能，第四節技術整合與運用，說明兩系統如何與典藏資料管理系統整合，第五節結論，分享我們發展數位典藏相關核心技術時的經驗與心得。

關鍵字：圖像接合、影像數位化、數位典藏

1 前言

一般的圖像數位化處理與呈現技術已相當成熟，但在博物館與典藏的環境中，因其對典藏品保存的要求極高，同樣在對數位化的品質上會有較

高的要求，尤其對於影像的色彩與接合上的要求更是嚴謹，以滿足數位化文物長久保存的需求。就資訊技術而言，如此的需求將直接挑戰目前影像儲存、處理與呈現的技術，典藏數位化的過程中必需突破目前這些技術上的困境，方能完全滿足典藏單位的需求。

數位典藏不應只是要將文物數位化保存，更重要的是如何展現數位化後的文物，因數位典藏在數位化時主要是以文物數位化後的品質為主要的考慮，故其所需的儲存空間亦隨所要求的品質而增加。以典藏級的影像而言，係以 TIFF 不壓縮的格式儲存，其所佔用的儲存空間往往都至少在數十 Mega 以上，如此大的影像檔案實非現今網際網路的傳輸能力所能即時傳送的，必需做適當的處理方能將此類資訊內容傳送到目的端展現，因此在影像品質與儲存空間上需同時兼顧，又需能快速展現影像，解決此棘手的問題正是我們在處理珍貴文物數位化時所面臨的難題之一。

數位典藏環境中典藏單位大部份會面臨到數位化圖像的問題，在數位化的類型中，尤以數位化標的物大於數位化設備可視範圍的圖像處理最為困難，此類型影像若以人工進行大型圖像的數位化工作，必須以人工分多次掃描實體文物再使用影像處理軟體

將各個區域的影像進行接合，如此進行數位化是相當的耗費人力。能否透過資訊科技解決影像自動接合的問題，以節省大型影像數位化時的人力耗用。

以上兩項問題若從資訊科技的角度而言，似乎是兩項完全不同也沒有關係的技術，但是若從數位典藏數位化大型圖像的角度而論，其實這是一個如何數位化與呈現影像的問題。本文將就此問題，提出我們的看法與研究的成果。

2 相關技術發展現況

影像接合與展現技術應用的範圍相當地廣泛，諸如醫學影像處理、遙測影像處理、大型影像數位化處理等皆可運用此技術。影像展現技術目前不外乎是以電子地圖、Java Viewer 及以外掛程式的方式處理，日本京都大學 [11] 以 Java Viewer 與電子地圖的方式展示拓片石刻影像，有別於其它以小圖(Thumbnail)為主的展現方式。目前常見的影像接合技術種類繁多，如以 wavelet-based 、 edge-based 、 corner-based 、 contour-based 等 feature-based 的方法；半自動指定 control points 再行轉換計算的方法；phase correlation、spatial correlation 等 correlation-based 的方法；或是 Genetic Algorithm-based 的方法等等[3]。在影像接合技術中研究的課題還包括採用哪種 feature space、相似度的計算(similarity measure)，以及各種搜尋的策略(search strategy) 等等 [2]。The NASA/Goddard Space Flight Center (GSFC) Image Registration Research group [4] 發展了一個整合型的工具

箱，包含目前幾種重要影像接合技術的工具，並提供一些評估，讓使用者選擇最適合的影像接合工具，一些影像處理軟體也會附帶發展影像接合的功能，譬如 The MatchWorks 的 Image processing Toolbox[5] Comsol 的 Image Processing Toolbox[6]、Astra Image[9] 2.0 等，以及部份學術單位亦有發展出一些影像接合軟體，譬如 WebReg[10]。

3 系統設計概念與架構

本系統就資訊系統使用的角度而言，可說是一套大型影像的數位化系統，提供大型影像後製作的接合處理與影像展示的功能，其主要係由影像接合系統與影像展現系統兩部份組成，以下分別就兩系統加以說明。

3.1 影像接合系統

影像接合系統主要可分為接圖核心技術與流程控制兩部份，接圖核心技術部份主要係負責兩個影像接合點的尋找與接合位置的計算工作，而流程控制部份主要係導引影像數位化工作的進行，以提高影像接合的速度與成功率，以下就此兩項技術加以介紹。

3.1.1 接圖核心技術

為了確保影像接合的成功率與準確率，我們必需對影像接合做必要的一些限制，其主要限制有二點。

A. 影像必需有一定比例的重疊

兩影像的接合必需有一定程度的重疊，根據兩個影像的重疊程度計算出影像上的特徵點後，比對兩張圖上特徵點的相對位置以找出兩兩對應的關係，計算出兩張圖應該旋轉的角度、位移、甚至是放大縮小的比

例。因此，兩張圖必須要有一個重疊的範圍，利用重疊範圍內特徵點的對應關係，計算出兩張影像的對應關係。

B. 重疊範圍內的特徵點不能太少

由上可知，兩張影像接合是否成功必須靠重疊範圍的特徵點對應，因此，重疊範圍的特徵點多寡會影響到接圖的成功率與準確率。

這些限制條件對於一個典藏單位的使用者不一定是那麼容易了解，在我們與典藏單位使用者接觸的經驗中，最常被詢問的問題就是「重疊範圍必須要多少呢」。這個問題對於我們來說也不是很容易回答，因為必須從接圖技術的角度來看重疊範圍特徵點是否容易取出。因此，為了減少使用者對於重疊範圍到底要多少才合適的疑惑，我們在系統設計上先行計算出最合適的重疊範圍需多大，以解決數位化時重疊區域大小的問題，這部分將在下一節做詳細的說明。

了解到我們接圖技術的限制後，接下來我們將就接圖核心技術做一說明，包括如何取得特徵點？如何利用特徵點的對應找出兩張圖旋轉的角度、位移、放大縮小比例。基本上接圖的核心技術是從中研院資訊所廖弘源老師的實驗室技術轉移而來，此種技術是以 edge-base 的 feature-based 的方法[1]，在這我們做了適度的調整以因應計劃的需求。

A. 特徵點的取得

特徵點取得的方法主要是經由小波轉換(wavelet-transform)，取得所謂的邊緣點(edge point)作為特徵點。

B. 尋找影像中相互對應的特徵點

先找出每一個特徵點的方向(orientation)，再紀錄兩張影像中兩特徵點方向差異(orientation difference)的統計圖(histogram)，藉由這個統計圖(histogram)，我們可以以最高的值(maximum peak)約略得知這兩張圖的旋轉角度的差異應該是多少，這是一個近似值，我們以這個旋轉角度旋轉第一張影像後，對第一張圖的每一個特徵點，找尋第二張影像相對位置中一個矩形範圍內最相似的特徵點作為對應的特徵點。兩特徵點相似度是以 cross correlation 的結果來決定。解決了角度問題，且已將第一張影像轉好角度後，兩張影像間的對應關係就是線性的，藉由檢查兩組相對應的特徵點的線性關係，最後再刪除掉一些錯誤的對應特徵點。

C. 兩張影像轉換公式的取得

由以上步驟所得，兩張影像中的特徵點是一對一相對應的關係後，我們就可以藉此計算出兩張影像位移、轉角度及放大縮小的轉換公式(transformation)。

D. 轉換公式再校正

初步得到的轉換公式，仍需要經由一個反覆校正的程序來提高轉換公式的正確率。在這個接圖技術中，反覆校正的次數約 3 次可以達到一個很好的正確率。

3.1.2 流程控制

由上述對於我們所採用的接圖技術的了解，兩張影像重疊的程度將會影響接圖的成功與否。為了增加接圖的成功率和正確性，我們必須讓兩張圖重疊的部分盡量增加，但是為了使用者整體掃描圖檔接合圖檔的速度，兩張圖重疊的部分是越少，使用者作掃描的動作會越少。因此，如何告知使用者一個適合的重疊範圍以確保同時達到接圖的成功率以及速度，確實是一個難題。有鑑於此，我們發展了一個接圖流程，在這個流程中，使用者是先掃描圖片的第一部份，存檔送入系統後，系統算出下一張圖最好是從哪個位置再繼續掃描以達到接圖成功率與速度上的平衡，並顯示在螢幕上，使用者就可以不需要思考，只要約略依照系統所建議的最佳下一張開始掃描圖檔的位置繼續掃描即可。整個流程一直不斷重複以上動作直到整張圖接好為止。如此的流程安排有以下的優點[7]。

A. 提昇接圖速度

我們所發展的系統是假設使用者會照著我們所建議的下一最佳掃圖位置去掃描圖檔，因此系統會了解到兩張圖重疊的範圍在哪裡，我們便可據此裁切出重疊範圍的子圖，以重疊範圍的子圖進行特徵點的選取，直到最後計算出兩張圖正確的旋轉、位移及放大的接圖轉換公式。再以此重疊範圍的子圖相對於整張影像的相對位置去計算出兩張原來影像正確的接圖轉換公式。如此可省去許多不必要的計算(兩張影像不重疊的部分)，以提昇接圖的計算速度。

B. 提昇接圖成功率與正確率

同上所述，去掉不重疊部分的特徵點計算，以兩張幾乎近似的子圖來作接圖，成功率與正確率自然會比以整張原圖去比對特徵點來的好。圖 3.1 為接圖結果，此橫排第一張圖與目前這一張圖上的紅線為系統建議下一次掃描的位置。

除此之外，我們也有一次能把所有圖接好的系統[7]，可以先排好每張子圖的相對位置後，一次全部接合。這個系統的缺點就是如果其中有一張圖因為重疊範圍取不好而導致接不起來，就導致接圖失敗。

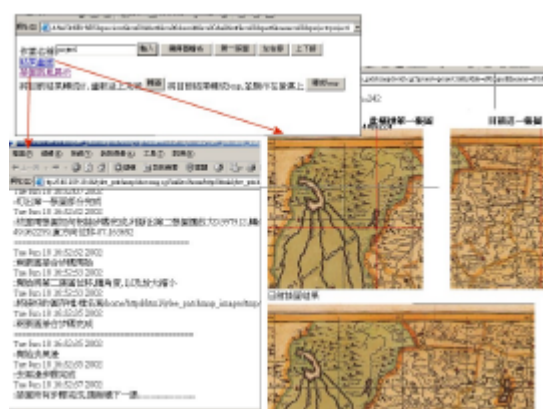


圖 3.1 接圖流程畫面

3.1.3 影像展現系統

影像展現系統第一版的運作方式，係將客戶端（即秀圖界面）所展示的影像照片實體存放在影像伺服器端，當使用者點選欲瀏覽的典藏品時，影像伺服器端即時把指定之典藏品的原始圖檔（最高解析度之典藏級影像檔）從檔案系統中讀出，經過型態轉換（如 TIFF 轉成 BMP），切割（擷取使用者欲瀏覽的部份），再做必要的格式轉換（轉成 JPEG 檔）之後，回傳

給客戶端展示，在此過程中的處理都需要大量的 CPU 運算，造成伺服器端沉重的負擔。



圖 3.2 大型影像展示系統第一版

因此本研究嘗試借助客戶端機器日漸強大的運算能力，把部份非關鍵性的工作（如影像的放大，縮小，切割等）交由客戶端的機器來處理，以減輕伺服器的工作量與增進其服務品質。

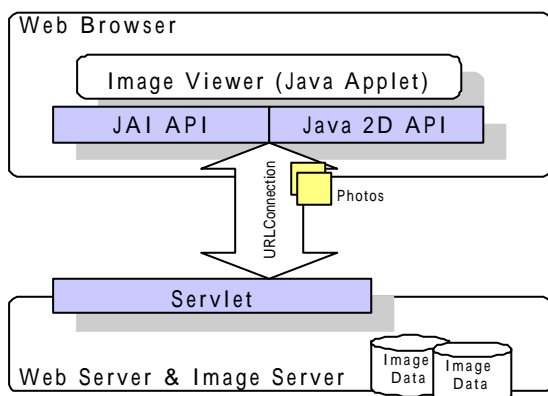


圖 3.3 影像秀圖系統架構

本系統的系統架構如圖 3.3 所示。此系統（Image Viewer）修改自開放源碼網站所提供的 JimageView，本研究據此將其改寫為 applet，並對部份功能加以修改調整。當使用者點選欲瀏覽的圖片時，Image Viewer 便被即時下載到客戶端來，並且透過 URL 物件和

DataInputStream 物件從指定的 URL（預設為網頁伺服器端）讀取該圖片的影像檔到客戶端，此影像檔為影像伺服器端預先轉好，存放在檔案系統或資料庫中的影像檔，其解析度已經根據版權和網路頻寬等考量因素而降低至使用者可接受之最低解析度；此時 Image Viewer 將喚起一個執行緒（Thread）來讀取圖檔至 BufferedImage 物件中，然後畫在 JPanel 物件上將影像呈現出來。接下來使用者可以直接在界面上操作放大，縮小和局部瀏覽等功能，此時 Image Viewer 將喚起另一個執行緒，該執行緒會根據使用者下的操作指令和參數（例如放大指令和放大倍數）使用 JAI 物件產生出新的影像（RenderedOp 物件）之後轉存在 BufferedImage 物件中，再回傳呈現給使用者，而這些功能都將利用客戶端機器的 CPU 資源，如此便可減輕伺服器的負荷，其影像展示界面如圖 3.4 所示。



圖 3.4 大型影像展示系統第二版

4 技術整合與運用

不論是影像接合或是影像展現技術皆是數位典藏技術的一部份，影像接合技術屬於數位典藏的後製作處理

技術，與典藏資料管理系統並無直接的關連，故本系統係以獨立運作的方式提供影像接合的服務。但在我們新開發的多媒體中心系統中，正規劃將影像接合系統整合到其中，使典藏單位可以直接將數位化後的影像送到多媒體中心進行後製作的處理，使整個影像後製作的處理與管理能完整整合在單一系統內，以降低後製作的成本。

影像展現系統我們已發展出是 Html-Base 與 Applet-base 兩種版本，此兩種版本雖然展現的方式不同，但是其底層架構是近似的，甚至是可以共用的，目前本研究正規劃整合兩個影像展現系統的底層，以達技術底層平臺的共用與提供不同展示界面的目的，以因應各個計劃不同影像展現的需求，目前如數位博物館老照片計劃（如圖 4.1 所示）、數位典藏金石拓片網絡計劃、數位典藏考古發掘計劃等採用此影像展現系統展示其大型的影像，陸續亦有相關單位正接洽使用當中。



圖 4.1 老照片計劃照片影像展現系統應用

5 結論

數位典藏中對於大型圖像數位化與展示的需求殷切，但從資訊技術的角度而論，其中仍然有許多的問題需待資訊技術人員與典藏單位一同克

服。目前本研究所發展的技術尚有許多可以改進的空間，未來我們將就以下幾個部份強化影像接合與展示的技术，以滿足典藏單位的需求。

A. 影像無縫接圖技術的改良

目前影像接合核心仍有所誤差無法完全達到無接縫的要求，未來在接圖核心部份需發展一些重複逼近準確的方法來提高接圖的精確度。

B. 降低影像接合的限制條件

目前為提高影像接合的速度與成功率，對於影像有諸多的限制條件，諸如影像外圍不能有黑邊、需指出接合的順序等，都限制了本技術的可用性，應儘可能去除這些限制，使系統有足夠的能力可以應付大量接圖的需求。

C. 提高影像展現系統的可攜性

目前在使用新版影像展現系統時必需事先安裝 Java Plug-In 與 JAI，在使用上造成許多的不便，未來將在既有的功能基礎上，朝向不需事先安裝任何元件，以提升使用上的方便性。

D. 影像展現系統與動態影像伺服器的整合

影像的顯示與處理往往需要較大的記憶體空間，但對於一次讀入完整的大型圖檔而言，這是有其困難的。若能改進為只讀入目前所需顯示的部份影像，不但解決影像太大無法顯示的問題，亦可提升顯示的速度。

在大型圖像的數位化與展現上仍有需多的問題待克服與解決，在此領域中我們目前將朝提升影像接合系統的處理速度、接合精準率與降低影像

接合限制上努力，同時在影像顯示上朝線上即時影像展示發展，以解決在典藏環境中大型影像數位化時所常遭遇的影像接合與顯示問題。

6 參考文獻

1. J. W. Hsieh, H. Y. M. Liao, K. C. Fan, M. T. Ko and Y. P. Hung, "Image Registration Using a New Edge-Based Approach," *Computer Vision and Image Understanding*, Vol. 67, No. 2, pp. 112-130, August 1997.
2. L. G. Brown, "A survey of image registration techniques," *ACM Computer Surveys*, vol. 24, no. 4, pp. 325-376, Dec. 1992.
3. Prachya Chalermwat, "High Performance Automatic Image Registration For Remote Sensing", *A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy at George Mason University*, Fall, 1999.
4. The NASA/ Goddard Space Flight Center(GSFC),
<http://webserv.gsfc.nasa.gov/>
5. The MathWorks,
<http://www.mathworks.com/>
6. The Comsol's Image Processing Toolbox, <http://www.comsol.se/products/image/>
7. http://140.109.18.46/iylee_patchmap/patchmap2.cgi
8. http://140.109.18.71/cgi-bin/iylee_patchmap/listmaps
9. Astra Image,
<http://www.phasespace.com.au/>
10. WebReg,
<http://nayana.ece.ucsb.edu/registration/>
11. 日本京都大學人文科學研究所孝堂山畫像石，
<http://www.kanji.zinbun.kyoto-u.ac.jp/db/takuhon/fhtml/a02-12.html>.