

# 多媒體檔案管理系統應用於數位典藏之探討

陳心渝,周照欽,鍾子帆,何建明

中央研究院

資訊科學研究所

{kwakwai8, ccchou, fan245, hoho}@iis.sinica.edu.tw

## 摘要

隨著各類數位典藏系統的持續開發及使用，數位典藏系統都與圖片、聲音、影像有高度的保存需求，數位典藏系統對多媒體檔案管理的需要是不可置否的，所以將圖片聲音影像等資訊建立一套多媒體檔案管理系統來做完整歸納及整理，讓典藏系統的建置不光只是文字敘述的保存，更可以在需要使用圖片、聲音、影像等多媒體的時候，能夠有完整而系統化的整合運用，並可提供作進一步的深入研究。本研究的主要目的在說明多媒體檔案管理系統在整個數位典藏系統環境下的角色、系統的功能與架構，以及多媒體檔案管理系統在搭配數位典藏系統的時候，是如何整合應用。

## 關鍵字

多媒體檔案管理系統、DjVu

## 1. 前言

數位典藏國家型科技計畫[1]的主要目標是將國家重要的文物典藏數位化，建立國家數位典藏品資料庫。方法之一便是發展文物相關數位典藏系統。隨著各類數位典藏系統的持續開發及使用，大量的數位化物件也隨之產出，這些數位化物件以高解析度影像檔案為大宗，其次是動態影像（類比式錄影帶、DVD、VCD 等）和聲音檔（類比式錄音帶以及 wave 或 MP3 格式之數位檔案），也因此數位典藏系統對多媒體檔案管理的需要是不可置否的；然而，這些龐大的多媒體檔案，無論是處理或儲存上，都將耗費大量的 CPU 運算資源和儲存媒介，以拓印的影像檔為例，每張圖片(TIFF 格式)平均在 10000X10000 像素以上，平均每張圖檔大小在 300MB，而這樣的圖檔在做影像處理時所需佔用的記憶體更是驚人，

因此如何集中並提昇 CPU 的運算能力和提供龐大的儲存媒介將會是各典藏系統所面臨到的問題。

目前國內已經有許多成熟且提供簡易線上影像處理功能的線上影像檔案管理系統（電子相簿系統），例如 Yahoo! 奇摩相簿[2]和 PChome Online 相簿[3]，其方便簡易的管理介面和瀏覽介面是廣受大眾歡迎的原因之一，因此在數位典藏系統中，多媒體檔案的管理與其在網路上的呈現也必須兼顧這樣的特色，才能容易被社會大眾所接受，以達到該計畫之推廣與教育的功能。此外，因為數位化典藏品在製作過程中的原則之一為力求保留典藏品之原貌並把失真程度降至最低，如此製作出來的影音檔案在學術上才具備研究的價值，因此數位典藏系統中還有一項有別於其它電子相簿的需要，那就是線上檢視超高解析度影像檔。此外另存在一些數位典藏計劃需要配合的機制，包括透過 Uniform Resource Name[5]的機制提高檢索和維護的效率，以及異質系統間整合和資料交換之機制。

為因應前述之問題，本實驗室已開發出一套多媒體檔案管理系統[4]，其建置目的在於集中所有合作典藏單位的多媒體檔案，以專業的技術和集中且高效能的硬體設備和超大容量的儲存媒體，提供最有效率的檔案管理機制和多樣化的多媒體處理功能，同時減少各單位因專業技術的欠缺所帶來的多媒體檔案管理之困擾以及高階硬體設備和儲存設備的重複購置造成資源上的浪費，同時此系統也必須能夠穩定、長期使用而又能容納大量數位資料的系統，因此在多媒體檔案管理系統的架構上我們就朝這此目標規劃，在稍後有詳細的介紹。

本篇論文將於第二節介紹多媒體檔案管理系統的架構與運作流程。第三節詳述多媒體檔案管理系統與數位典藏系統的整合過程。在第四節將舉出已結合多媒體檔案管理系統的數位典藏系統應用實例。第五節則提出多媒體檔案管理系統未來要改善及加強的地方。

## 2. 多媒體檔案管理系統

### 2.1 設計理念

多媒體檔案管理系統（以下簡稱多媒體中心，NDMMC）設計的理念在於集中所有合作典藏單位的多媒體檔案，以專業的技術和集中且高效能的硬體設備和超大容量的儲存媒體，提供最有效率的檔案管理機制和多樣化的多媒體處理功能，同時減少各單位因專業技術的欠缺所帶來的多媒體檔案管理之困擾以及高階硬體設備和儲存設備的重複購置造成資源上的浪費。多媒體中心的設計是以“使用者”為導向，每個使用者可以擁有一本或多本“相簿”，每本相簿可包含多個影音檔案。現階段多媒體中心已正式上線並可提供以下的功能：

- 多媒體檔案管理：多媒體檔案包含了靜態的照片（各典藏單位針對其典藏品所掃描製作出的高解析度影像檔和壓縮過的圖檔）、影片（錄影帶、DVD、VCD 和其它常見的動畫檔案等）以及聲音（Wav、MP3 等）等三類型。多媒體中心提供了這三類檔案的儲存、新增、修改、刪除、檢索、線上瀏覽、後設資料的編輯等功能。
- 相簿管理：相簿是一個多媒體檔案的集合，該集合可以同時包含影像、動畫和聲音檔在內，就像 Windows 的檔案夾一樣，相簿提供了使用者一個方便的分類和管理介面。多媒體中心提供了相簿的新增、修改、刪除、內容的編輯、相簿說明的編輯、封面編輯等功能。
- 使用者管理：使用者在多媒體中心扮演了管理者的角色，他可以對自己所管理的多媒體檔案執行任何操作；多媒體中心本身提供了使用者管理的機制，包括新增、修

改（使用者資料修改）、刪除和登入登出等功能。

- 線上即時影像處理功能：針對靜態的影像和特定的幾類動態影像檔（如 GIF89），多媒體中心提供了包括旋轉、不同壓縮比之壓縮功能等線上即時影像處理功能。
- 高解析度影像檔的線上瀏覽：無論是多媒體中心或是各單位的典藏系統，線上即時的影音導覽是一個重要的特色，而各典藏單位為了能保存典藏品的原貌，都會以高解析度的方式掃描製作典藏品的數位影像檔，但礙於有限的網路頻寬，這些清晰且珍貴的影像若要在網路上透過瀏覽器線上瀏覽，常常必須經過各種壓縮和轉換以降低其檔案大小，但這些處理造成嚴重的模糊失真，也失去了學術上的鑑賞價值。多媒體中心因此特別針對高解析度的影像檔引用了 DjVu 影像壓縮技術[6]，使用者只透過加裝了 DjVu plug-in 的瀏覽器便能快速地在線檢視原尺寸大小的高解析度影像檔，並可直接做拖曳、放大縮小、旋轉、局部標示等功能。DjVu 影像壓縮技術的細節將在後面做進一步介紹。
- 多樣化的整合界面：多媒體中心旨在提供合作單位之數位典藏品的管理功能，因此必須配合各單位之典藏系統的架構和功能上的需求提供不同程度的整合方式，目前所提供的整合機制有兩種，分別為主從式整合和模組式整合，將於第三章詳述。

### 2.2 影像分級

為了方便管理和線上即時瀏覽的需求，多媒體中心除了保存合作之典藏單位所交付保管的影像檔之外，同時會為所有影像檔另外轉出三種不同等級的影像檔，分別為索引級，預覽級和鑑賞級，分述如下：

#### 2.2.1 索引級

由原始圖檔以等比例轉出最長邊不超過 200 個像素的 JPEG 檔，其轉出之影像檔最大約 36KBytes，視圖檔之畫面和色彩而不同；

此等級的圖檔用在目錄索引時供使用者預覽用之縮圖。

### 2.2.2 預覽級

從原始圖檔以等比例轉出最長邊不超過 640 個像素的 JPEG 檔，若原始圖檔為動態圖檔（如 GIF89a）則保留其原始檔案格式，僅做尺寸的轉換，其轉出之影像檔最大約 80KBytes，適合做為鑑賞級影像之預覽，以及透過未裝 DjVu plug-in 的瀏覽器時之有限解析度的檢視。

### 2.2.3 鑑賞級

此等級的圖檔目的為讓使用者能透過有限的網路頻寬，線上即時瀏覽原始圖檔的風采，因此鑑賞級的圖檔必須能同時兼顧影像的品質、影像檔大小和在網路上的傳輸能力，它必須維持原始圖檔的尺寸大小，且具備原始圖檔所能呈現出的最細緻的影像，同時又能夠在一般人可忍受的等候時間內透網路呈現在使用者面前，因此我們選擇使用 DjVu 為鑑賞級的圖檔格式。

DjVu 為 1996 年 AT&T 實驗室為了解決影像壓縮的問題所開發出的一套開放性的標準，同時也是開放性原始碼。它是一個可以產生良好的高解析度圖片的技術，因為它是以小波轉換為基礎連續色調壓縮技術[7]產生出小檔案，可以很快速逐漸的呈現無縫擴大而有限制的圖片，但在使用端只需要極小的記憶體；此外，DjVu 的即時減壓技術讓圖片能讓通常需要 25Mbytes 的記憶體空間來處理的圖片，只需要 2Mbytes 的記憶體空間就能處理完成。因此在增進轉圖的效率上有很大的幫助。

DjVu 在網際網路上可呈現非常高解析度的掃描文件，數位文件，及照片；它允許內容發展者掃描高解析度的彩色書籍、雜誌、書目、手冊、報紙、歷史或古老的文件，並且讓這些文件在網路上被瀏覽。DjVu 能夠將掃描文件的影像分離，並分辨出文字及圖片的部分之後分層儲存，在進行壓縮會針對不同層所存放之影像性質以最佳化的壓縮方式進行壓縮，因此它能在極小的檔案中呈現出幾乎等同於原

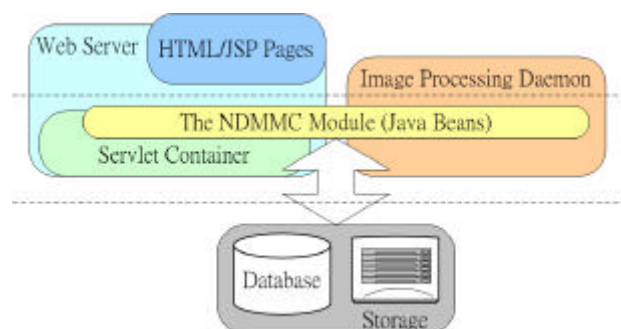
始圖檔的影像品質，同時透過這種影像分離技術所壓縮出來的縮圖檔能同時具備清晰的文字影像和圖形影像。

DjVu 目前達到對彩色文件壓縮比大約比 JPEG 或 GIF 高五到十倍，對黑白文件壓縮比 TIFF 檔高三到八倍。掃描 25Mbytes 300DPI 的全彩文件可以壓到 30 到 100KB，300DPI 的黑白文件可以壓到 5 到 30KB。這些高品質的掃描文件都可放在每一頁的 HTML 網頁裡。彩色文件通常包含了文字及圖片，DjVu 檔案的特色就在於檔案比同樣品質的 JPEG 檔還小 5 到 10 倍，對黑白頁的壓縮是比 JPEG 小 10 到 20 倍，比 GIF 小 5 倍。DjVu 也大約比掃描出來的黑白 PDF 檔案小 3 到 8 倍。DjVu 的瀏覽器 Plug-in 可直接的由網站上免費下載，讓使用者可直接在 Internet Explorer 及 Netscape 上觀看影像。

綜合以上三種等級的圖檔再加上原始圖檔，一個影像檔在多媒體中心將會有四個不同大小和類型的拷貝，以服務不同性質的瀏覽方式和需求，其中以原始圖檔在儲存媒體中所佔的空間比例為最大，約佔總使用空間的 94%，因此在比較這三種等級的檔案所能提供的功能和其所佔用的儲存媒體資源，這些額外的付出是可以被接受的。

## 2.3 系統架構

多媒體中心分為兩大部份：多媒體中心網站系統和獨立的影像處理伺服器，這兩個部份均採三層式架構，分別為使用者介面層，核心功能模組層，以及資料庫及檔案儲存層，且底下兩層為共用，如下圖所示。



圖表 1 多媒體中心系統架構圖

### 2.3.1 多媒體中心網站系統

多媒體中心網站系統是一個採用 JSP (JavaServer Pages)技術[8]所架設的網站系統，其最上層為使用者介面層，主要由 HTML 及 JSP 頁面所構成，負責使用者的圖形化輸入輸出介面，這些介面包含了所有多媒體中心的線上功能之輸出入介面，例如多媒體檔後設資料的編輯介面，線上影像處理功能介面，使用者管理介面和相簿管理介面等。最下層為資料庫及檔案儲存層，主要由關聯式資料庫和磁碟陣列所組成，負責所有多媒體檔及其衍生檔案（索引、預覽和鑑賞級之檔案）之儲存、相關後設資料之儲存、以及使用者資料和相簿資料之儲存。上下兩層的溝通則是經由中間的核心功能模組層來達成，這一層主要由數個 JavaBeans[9]元件以及一個負責編譯執行 Java Servlet 的 Application Server 所組成，這些元件實作了所有多媒體中心的核心功能，包括對下層資料庫之查詢與維護、多媒體檔案儲存管理、各種等級之影像檔轉出功能、以及線上影像處理功能等。有了這些元件，任何典藏系統都將有能力利用多媒體中心的資料庫和超大容量之檔案儲存媒介來實作多媒體中心之大部份功能。

### 2.3.2 影像處理伺服器

影像處理伺服器為一支獨立且常駐的 Java 應用程式，主要功能為處理所有有關影像檔的批次作業以及一些必須反覆在指定時間點執行的工作，例如批次轉檔、檔案批次上傳、以及等。伺服器同樣也可被設計為三層式的架構，最上層為應用層，是應用程式的主體，其所負責的工作為透過下層（核心功能模組層）所提供的 API 來完成所有交付的批此作業並和最底層的資料庫和儲存媒介溝通。此外，因為多媒體中心是一個多人使用的多媒體管理系統，在同一時間常會面臨許多使用者的要求，對此影像處理伺服器會以多執行緒（Multi-thread）的方式來平行處理所有使用者交付的工作，因此應用層的另一項重要工作便是監控和管理所有執行緒的生命週期。

影像處理伺服器和多媒體中心網站系統共用核心功能模組層和資料庫及檔案儲存層，因此也共同管理所有的多媒體檔案和其相關資訊，不同的地方是，在對核心功能模組層的使用上，影像處理伺服器是直接叫用模組層所提供的 API，但在多媒體中心網站系統中則必須以 Bean 的形式載入，並透過 Application Server 編譯成 Servlet 之後才能執行。



圖表 2 多媒體中心 - 相簿瀏覽

## 3. 多媒體中心與數位典藏之整合機制

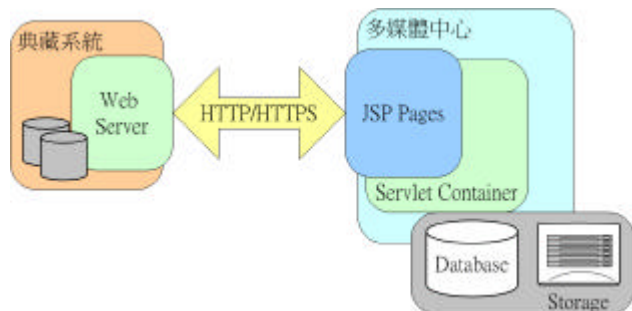
多媒體中心的目的是集中管理各個合作單位之數位典藏品，同時提供各單位快速方便的查詢和管理介面，因此系統本身必須配合各單位之典藏系統的架構和功能上的需求，提供不同程度的整合方式，目前所提供的整合機制可分為兩種，分別為主從式整合和模組式整合，分述如下。

### 3.1 主從式整合

以 Client-Server 的架構進行整合。多媒體中心視各個典藏系統為它的客戶端，典藏系統則視多媒體中心為服務中心，經由 HTTP 要求服務中心的 Servlet 程式為其服務，然後將結果（資料庫查詢所得之資料，或可存取影像檔的超連結等）回傳給典藏系統做進一步處理。以影像檔上傳為例：數位典藏系統將欲上傳的



影像檔的相關資訊和 Base64 編碼過的影像檔以 HTTP POST 的方式送到多媒體中心負責處理檔案上傳的 JSP 程式，多媒體中心接收並處理完之後回傳結果頁面給典藏系統，完成檔案上傳的工作。

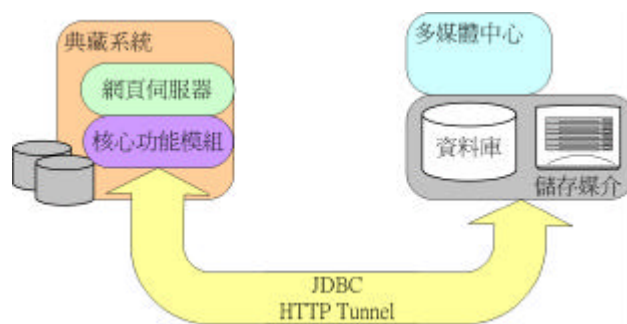


圖表 3 主從式整合架構

主從式整合因為透過 HTTP（或 HTTPS）通訊協定，因此可以輕易地穿越架設於典藏系統和多媒體中心之間的防火牆，同時對於那些不需要對多媒體檔案做進階處理的典藏系統而言，主從式整合提供了一個簡單且快速的整合制，同時也降低了典藏系統在處理數位典藏品時所須付出的硬體成本。

### 3.2 模組式整合

模組式整合機制則利用了多媒體中心的模組化設計，直接將其核心功能模組層以外部函式庫或 JavaBean 的形式整合進數位典藏系統中，因此典藏系統可以輕易地叫用核心功能模組所開放出來的 API，百分之百取用多媒體中心核心功能模組所有的功能，而卻不需要提供額外的儲存媒介和資料庫伺服器，因為核心功能模組將會和多媒體中心共用底層的儲存設備和資料庫，而此時典藏系統儼然成為多媒體的延伸系統。檔案的交換以及控制碼的傳遞則透過 Http tunneling 的方式以確保在兩者的防火牆之間能通行無阻。



圖表 4 模組式整合架構

模組式整合由於是將多媒體中心之核心功能模組內嵌於典藏系統中，因此典藏系統在環境上必須有相當程度的支援，並且能運用核心功能模組所開放出來的 API，而這些 API 的設計也會判斷並阻擋所有可能的不正當操作，以免典藏系統對 API 不合法的使用造成多媒體中心主體的危害。

## 4. 應用實例

目前已有多個合作單位的數位典藏系統與多媒體中心功能整合，形成較具規模的典藏系統，本節將分別以故宮書畫典藏系統[10]、民族學調查照片管理系統[11]、台灣展資料庫[12]來說明數位典藏系統與多媒體中心整合之細節。

### 4.1 故宮書畫典藏系統- 主從式整合

故宮書畫典藏系統是故宮書畫處用數位典藏的方式將歷代珍貴的書籍畫冊加以保存。除了一些針對書畫所拍攝的圖片外，還有針對書籍畫冊重要文字的說明。

故宮書畫典藏系統與多媒體檔案管理系統整合的方法是用之前最早開發的多媒體檔案管理系統架構，就是將必備的相關系統及檔案資訊傳到多媒體檔案管理系統，在多媒體檔案管理系統接收之後，再由多媒體伺服器作運算處理之後將結果傳回典藏系統。此版的方式是很直接又最容易為大家常用的方式來作系統之間的結合，但是在典藏系統要整合多媒體檔案管理系統時，程式碼較為複雜，同時傳輸過程中夾帶重要資訊，若傳輸過程有阻礙，將會有錯誤狀況發生，在資訊傳輸安全上也不

是很優良，這是很多系統在整合時都會面臨到的問題，我們希望能做進一步改良。

故宮書畫典藏系統的操作方式是選擇一張圖要上傳至多媒體檔案管理系統，上傳方式如(圖表 5)。圖片上傳之後，游標指到剛新增的資料，點選瀏覽，即可看到剛上傳的小圖(索引級)，小圖再點一下就可看到較大的圖(預覽級)(圖表 6)。



圖表 5 上傳圖檔



圖表 6 圖畫呈現

#### 4.2 民族學調查照片管理系統 – 模組式整合

民族學調查照片系統是一個以瀏覽照片內容為主的系統，同時也紀錄一些圖片資訊，以網路瀏覽相簿的方式觀看，也可選取不同相簿的照片形成一個特殊主題的展覽。

在整合民族學調查照片系統時，我們採用模組式的方式，做典藏系統與多媒體中心之間的整合，讓典藏系統也能自成一個多媒體中心。我們使用的 Bean 元件能在短時間之內就完成建相簿、上傳照片……等功能，比第一版的功能更快速及穩定，而且在程式碼的撰寫

上，也簡便的多，方便整合。使用 Bean 來作為典藏系統及多媒體檔案系統間整合的方式，這是第一版跟第二版最大的不同之處。

在檔案上傳的部分我們是使用自行開發的 WebUpload 技術上傳圖檔，在頁面(如圖表 7 所示)上可以看到的是已經將多媒體中心整合到民族學調查照片系統上，而有許多的使用者可自行操作的功能。



圖表 7 查詢列表及操作功能

上圖中紅色框框的放大圖如下圖所示，相簿名是：滇西傣族田野調查，再連結進去就是相簿的說明，還有移除此相簿、加入照片、移除相片、設定相簿封面等功能。都是讓使用者直接操作，同時典藏系統也是一個多媒體中心(圖表 8)。



圖表 8 功能列表

#### 4.3 台展資料庫 – DjVu Plug-in 的操作應用

台展資料庫是一個結合東西洋畫集的查詢系統，查詢項目分有以全部作品、創作者、畫作題目、作品年代(圖表 9)。在查詢之後能夠呈現出您所查詢的畫冊圖片，還有對單張圖片做細部的移動、放大、縮小、旋轉等功能。

台展資料庫系統同樣也是運用第二版的 Bean 元件來做與典藏系統間的溝通，由於它是以畫面查詢為主的系統，我們希望它的呈現畫面的速度能有一定的水準；此系統要求必須要對每一張圖片有可細看的功能，於是我們在整合上又加入了另一個元件，也就是運用

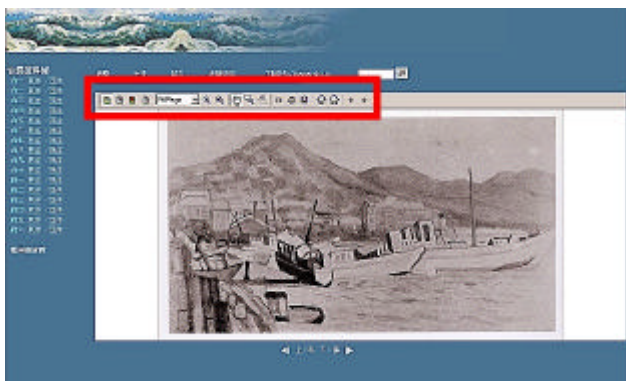
DjVu 的影像壓縮技術，在上述有提過，DjVu 的技術，利用此元件我們可局部放大縮小旋轉，更能讓數位圖片研究的利用價值更高。

要線上觀看 DjVu 圖檔必須在瀏覽器加裝 DjVu Plug-in，DjVu plug-in 可以使用在不同平台的瀏覽器上。DjVu Plug-in 讓使用者很容易用拖曳方式瀏覽圖的各個部位。



圖表 9 台展資料庫的查詢入口

在查詢之後，進入西洋畫冊的頁面圖片列表，如果想要看放大的圖片，就用游標點想看放大的圖，放大後的圖(Archive)(圖表 10)，是整合 DjVu plug-in 的功能才能看見附檔名為.djvu 的大圖，在圖表 10紅色框框住的部分就是 DjVu Plug-in 的工具列，可以對研究圖片的工作有幫助。



圖表 10 觀看單張圖模式

DjVu Plug-in 提供的功能包括 Zoom in、Zoom out、拖曳、選定區域放大、向左旋轉 90 度、向右旋轉 90 度功能……等等，可以輸入 1% -999% 之間的影像比例尺，挑選適合

自己觀賞的影像大小，詳細功能圖示請參考(圖表 11)：



圖表 11 裝了 DjVu Plug-in 的操作畫面

## 5. 結論與未來展望

多媒體中心目前雖然已經與多個數位典藏系統作結合，但是仍有很不足的地方，須待改進，預計下列幾個方向：

- 加入影像的區塊說明的功能：在瀏覽單張圖片的時候，加入游標移到圖片上就有對此細部的說明區塊，這樣可增加對研究照片或圖片的幫助。
- 加強聲音和影片的處理和展示：目前多媒體中心針對圖片的處理酌墨較多，對聲音及影片的處理目前是只有撥放觀看的功能，我們希望能對這兩部分功能加強。
- 改善轉圖的效率：目前上傳圖片的轉圖機制仍是由多媒體伺服器來執行，我們希望能提高伺服器的效能，提高轉圖的效率，讓多媒體中心能更有效運作。
- 改善圖檔批次上傳的機制：目前在多媒體中心已提供 10M 的圖檔批次上傳的機制，但就數位典藏的圖片來說這是不夠的，因為每個圖片為講求它的可研究性及保存性，所設的解析度都很高，檔案也很大，10M 的限制是需要被改進的。
- 提供更多線上影像處理服務：針對影像處理有很多不同的問題，都是多媒體中心需要加強的地方。例如像 3D 數位物件的管理與呈現、平面影像的接圖、數位典藏圖片都會有浮水印[13]的問題，將來多媒體中心對浮水印的問題也會做一番探討研究；另外線上即時的影音串流 (Streaming) 服務也是下一階段的目標。
- 落實 URN 的管理和檢索功能：每個數位化物件均被賦予一個唯一的 Uniform Resource Name (URN)，使用者或典藏單位便可根據 URN，透過任何 URN resolution service 來



查詢該物件，並取得它在網際網路上的實體位址。

- 強化使用者管理功能：使用者在數位典藏計畫中扮演著相當重要的角色，無論是何種型式和功能的系統，設計上都必須以使用者為出發點做考量，因此如何讓使用者管理更加人性化也是未來目標之一，例如加入群組式管理，允許多使用者在不同的權限下共同管理多媒體檔，以及在典藏系統與多媒體中心之間導入 Single Sign-on 的機制，免去使用者登入時遇到重重關卡的困擾等。

## 6. 致謝

感謝何建明老師對我們系統的建議與指導。感謝中研院資訊所「電腦系統與通訊實驗室」-數位典藏系統小組所有同仁，參與測試及給予改良意見。

## 7. 參考文獻

- [1] 數位典藏型國家科技計劃  
<http://www.ndap.org.tw/>
- [2] YahooKimo 電子相簿  
<http://tw.photo.yahoo.com/index.html>
- [3] PChome 電子相簿  
<http://photo.pchome.com.tw/>
- [4] 鍾子帆、何建明，「數位典藏之多媒體檔案管理與呈現」，第一屆數位典藏技術研討會，July. 2002

- [5] Moats, R., "URN Syntax", RFC 2141, May 1997, available at  
<http://www.ietf.org/rfc/rfc2141.txt>
- [6] Patrick Haffner, Yann Le Cun, Léon Bottou, Paul Howard, Pascal Vincent. "Color Documents on the Web with DjVu", Proceedings of the International Conference on Image Processing, vol 1, pp 239-243, Kobe, Japan, October 1999
- [7] R. DeVote, B. Jawerth, and B. Lucier. "Image compression through wavelet transform coding", IEEE Trans. Inform. Theory, 38(2):719-746, March 1992.
- [8] JavaServer Pages™ Technology,  
<http://java.sun.com/products/jsp/>
- [9] The JavaBeans™ Component Architecture,  
<http://java.sun.com/products/javabeans/>
- [10] 故宮書畫系統  
<http://ndweb.iis.sinica.edu.tw/npm/System/index.jsp>
- [11] 民族學調查照片管理系統  
[http://ndweb.iis.sinica.edu.tw/race/Login\\_Form.jsp](http://ndweb.iis.sinica.edu.tw/race/Login_Form.jsp)
- [12] 台灣展資料庫  
<http://ndweb.iis.sinica.edu.tw/twart/System/index.jsp>
- [13] 黃世昆、林宗伯、洪偉能，「數位內容保護與追蹤機制」，第一屆數位典藏技術研討會，July. 2002