

對有遮蔽物的建築物影像作影像修補

¹唐政元, ²吳怡樂, ¹劉啟宗, ³陳加珍, ³林顯昌

¹華梵大學 資訊管理系

²台灣科技大學 資訊工程系

³工業技術研究院 電子與光電研究所

E-mail: cvtang@cc.hfu.edu.tw

摘要

為了使 3D 建築模型在視覺上更真實，利用 2D 影像來做貼圖。本篇論文目的是利用影像修補技術解決拍攝建築物，前景物件(例如：標誌、樹木等)遮蔽建築物的問題，將影像中的遮蔽物移除且自動修補移除遮蔽物後的缺口。

在論文中，影像修補分為兩個部分：一是單張影像修補，二是使用序列影像，以幾何特性找出適合修補影像缺口的資訊。

在單張影像修補，有學者提出對影像中大區域遺失部位做修補，其修補方式是從本身影像中，已知資訊猜測出未知資訊進行修補。本論文提出使用序列影像，以 Homography 與 Image Rectification 幾何特性來降低猜測。因為在建築物上有許多平面，因此利用 Homography 的特性幫助修補，另一個使用 Image Rectification 主要是可以在修補缺口時，限制尋找影像資訊範圍。

關鍵詞：影像修補、Homography、Rectification、3D 模型、投影幾何。

1. 前言

古蹟文物代表一個國家的文化，近年來古蹟文物的保存越來越受到重視。現今數位科技的發展日新月異，對於建築物除了實體的保存之外，可藉由數位科技將它數位化，透過 3D 模型建構以虛擬實境呈現，更能長時間保存古蹟建築物的原有樣貌。

然而利用數位影像科技於建築物的數位化模型建構與呈現，為了使 3D 建築模型在視覺上更真實，而利用 2D 影像來做貼圖。在進行 3D 建築模型貼圖時會遇到一個問題，就是當我們利用攝影機對建築物拍攝多角度連續影像，在拍攝過程中通常會物件(例如標誌、樹木)遮到建築物，為了解決這個問題，我們利用影像修補技術，移除 2D 影像中的遮蔽物，並且自動修補移除遮蔽物後的缺口(或稱為目標區域)。

例如圖 1 為新竹縣北埔鄉(北埔鄉是客家文化大鎮)的古蹟金廣福，在影像中有樹和車輛遮住建

築物的某些部分，我們使用影像修補(Image Inpainting)技術[3],[4],[5],[6],[7],[9],[12]移除樹和車輛並且修補移除後的缺口。



圖 1 金廣福(左)為原始影像(右)為移除物件後

對於影像中有損壞或是其它不要的物件做移除，在所有相關於影像修補的文獻中大部分都是藉由人工的方式利用影像編輯軟體，粗略的選取影像中要移除的物件，然後將移除物件後的缺口自動填補。

修補移除遮蔽物後的缺口或者稱目標區域，常見的名詞有影像修補(Image Inpainting)與材質合成(Texture Synthesis)[1],[2],[8],[14]。材質合成是由一個材質樣本(Texture Sample)合成一個目標區域，而影像修補是由已知的影像資訊猜測出未知的影像資訊進行修補。

2001 年 Manuel M.Oliverira 等人提出修補演算法[3]，以及 2004 年 Alexandru Telea 提出 Fast Marching Method(FMM) [4]，快速的修補影像中小區域遺失或損壞的部分，對於小區域的目標區雖然加快了影像修補的速度，但是對於修補較大目標區域，會產生模糊的現象。

在 2004 年 A. Criminisi 等人結合材質合成與影像修補[5]兩個演算法的優點，可對影像中較大物件移除後的區域做修補，及 2005 年 Wen-Huang Cheng, 等人提出一個強健式演算法[6]，針對 A. Criminisi 等人提出演算法中的優先權值計算加以補強，來提高優先權值，另外 2005 年 Jian Sun, 等人提出一個方法，先將影像中的結構部分[13]修補後再將其餘的部分填補。

其他，也有學者提出使用多張影像修補方法[20],[21]。另外影像修補也應用於自動修復老舊影片與自動物件偵測移除與編輯[22],[23]。

本文主要是探討單張影像修補的效果與其優缺點，對於單張影像修補的缺點希望利用序列影像的資訊，以幾何的特性做影像修補來改進單張影像的缺點。

2. 單張影像

大部分的修補缺口，都是由人工方式，利用影像編輯軟體移除影像中的物件，再由修補演算法自動修補缺口，修補過程由影像本身已知影像資訊猜測出未知的影像資訊。例如圖 2(左)為原始影像，將這張影像中不要的物件移除後，如圖 2(中)所示白色為修補區域，修補結果為圖 2(右)所示，可看出遺失的影像資訊已經由已知區域的影像資訊修補完成。下列將簡短介紹單張影像修補方法：



圖 2 (左)為原始影像(中)為移除物件後(右)結果

2.1 基於範例影像修補(EXEMPLAR-BASED IMAGE INPAINTING)

Criminisi、Perez 與 Toyama(2004)提出的的影像修補演算法[5]，其修補的核心技術就是影像 edge 的方向與強度及像素的信賴度。

自動填補目標區，首先計算目標區輪廓的填補順序，填補過程當中，填補順序會影響影像修補的結果，藉由 Confidence Term 與 Data Term 相乘，決定第一個填補的位置，取得位置再從位置框取一個 Patch，由來源區域尋找相似的 Patch，找到後將填補目標區。其中尋找相似的 patch 是以 Sum of Squared Differences(SSD)來計算兩個 Patch 相似度。

2.2 強健式優先權計算(ROBUST PRIORITY COMPUTING)

Wen-Huang Cheng 等人提出一個強健式演算法[6]，針對 A. Criminisi 等人提出方法中的優先權計算加以補強，來提高優先權值。他們發現填補的數次愈多，因為 Confidence Value 的關係使得 Confidence Term 與 Data Term 相乘後，優先權變的愈不可靠，所以將優先權值改為 Confidence Term 與 Data Term 相加，並且將 Confidence 使用可調整的函數(Regularizing Function)調整 Confidence。使得在修補次數愈多的情況下，優先權不會愈來愈低。

2.3 結構擴展(STRUCTURE PROPAGATION)

Jian Sun (2005)等人提出對影像大部分遺失的結構，經常可以由一些曲線(Curves)來模擬，在填補其它區域之前應該修補結構部分。此方法稱結構

擴展[13]，是藉著從已知來源區域的曲線，擴展使用者指定的未知區域。

修補結構由使用者指定曲線，首先將物件移除，物件移除後沿著已知區域中結構部分，連接目標區域劃上曲線，從已知區域中結構部分來填補目標區域中指定的曲線結構。修補指定曲線結構時在目標區域曲線上稀疏抽樣，產生固定點(Anchor Points)，以固定點(Anchor Points)為中心選取一個 Patch，再從來源區域的結構選取一個 Patch，假設已知區域 Patch 與目標區 Patch 大小相同，這兩個 Patch 中有兩曲線。計算曲線兩條曲線的距離，在加總距離最短(Shortest Distance)，代表選取的 Patch 結構是相近，用來填補未知區域的曲線。

3. 多視角幾何

本論文研究影像修補技術，使用序列影像以幾何關係來做影像修補，所以在這個章節簡短介紹影像幾何關係。

投影幾何是指，相機經由不同角度旋轉與位移拍攝物體，物體表面上的各點反射出來的光線投影到二維影像，影像與影像彼此之間，相對投影幾何關係。

3.1 HOMOGRAPHY

三維空間中共平面的對應點投影在二維影像上，兩張影像中的對應點會存在某種投影幾何關係，利用共平面上的對應點計算出 Homography 矩陣(H)[24]，其中 H 是一個 3×3 的矩陣，求出 Homography 矩陣(H)後，將第一張影像上的座標帶入 $x'_i = Hx_i$ ，求出第二張影像上的座標，如圖 3 所示。



圖 3 Homography 對應點

3.2 極線幾何與基礎矩陣

在二張影像之間的內部投影幾何關係稱之為極線幾何(Epipolar Geometry)，與影像中之物體的形狀、顏色無關，主要的影響是來自於相機的內部參數及外部參數。基礎矩陣(Fundamental Matrix)便是用來描述二張影像之間的極線幾何關係。

3.2.1 極線幾何

極線限制主要是由兩個不同的觀察點所產生。我們可以經由兩部不同位置的相機中心，或是經由一部移動中的相機中心，來獲得兩個或兩個以上不同位置的觀察點。極線幾何的關係，簡單的說就是

由通過基準線之平面與兩個影像平面所相交而成。想像 X 是一可同時被兩部相機所觀察到之三維空間上的點， x 是 X 投影在第一部相機的影像 Π 上之二維對應點， x' 是 X 投影在第二部相機的影像 Π' 上之二維對應點。影像上的二維對應點 x 與 x' ，三維空間上的點 X ，以及二部相機之中心可以形成共平面的情況。從不同相機中心穿越影像上的 x 與 x' 投影回三維空間，可發現其二射線相交於三維空間的 X 點。且此二射線會落在由 X 、 O 和 O' 所形成極線平面(Epipolar Plane)。

極線幾何的關係最主要目的是用來協助尋找二張影像上點與點之間的對應關係。假設已知 Π 上之一點 x ，我們希望在 Π' 上找到相對應於 x 的一點 x' ，利用上述之極線幾何的特性可得知， x 經由極線平面必會落在其相對應 Π' 的極線 l' 上。

3.2.2 基礎矩陣

基礎矩陣是用來描述在極線幾何中，任一點與其對應之極線之間的關係。在未校正相機之下，當我們只在影像上測量，直接將取得的資訊進行運算的話，基礎矩陣便是一個重要的方法，因為它包含了所有兩張不同影像相關聯的幾何資訊。

我們可以利用基礎矩陣來表示極線限制的關係。對於同一場景於不同角度所拍攝而得的兩張影像，其中 x 為第一張影像中的特徵點的座標，而 l'_x 為其在第二張影像上所對應的極線，兩者透過基本矩陣，會有一線性關係：

$$l' = Fx, \text{ 其中 } F \text{ 為基礎矩陣。}$$

因為 X 在第二張影像上的對應點 x' ，當 x' 位於直線 l'_x 上，因此 x 的座標會與 l'_x 的方向向量內積為零，故

$$x'^T l'_x = x'^T Fx = 0$$

3.2.3 影像 RECTIFICATION

影像 Rectification 使用基礎矩陣，將兩張影像的極線轉換成水平[10],[11],[18],[19]，使兩張影像 y 座標一樣。在做影像修補時，可以限制尋找影像的範圍。

4. 序列影像

在上一個章節中討論單張影像修補方法，那些演算法修補影像中的目標區域時，是從已知的影像資訊猜測出目標區域未知的影像資訊。但在比較複雜的影像(由許多結構與材質構成)，如圖 4 所示，影像中的窗戶被前景完全遮蔽，而在背後的影像資訊是藉由已知的資訊猜測出未知的資訊，從圖中看到移除前景後的影像資訊遺失太多，是沒辦法完全猜測出來的，所以想藉由較多張不同角度拍攝的影像，因為在不同角度拍攝的影像，可以看到在另一個角度拍攝的影像沒被前景遮蔽的資訊，來減少猜測前景背後的影像資訊，本文提出 Homography 與 Rectificaion 兩個方法做影像修補。方法如下：



圖 4 單張影像修補(上左)為新竹縣北埔鄉金廣福(上右)為修補結果(下左)為新竹縣北埔鄉姜阿新故居(下右)為修補結果

4.1 影像修補使用 HOMOGRAPHY

因為在建築物上面會有許多的平面，而 Homography 的特性在兩張影像的共平面上會有某種幾何關係，因此可以利用 Homography 的特性做影像修補。首先對三維空間中的物體或場景拍攝多角度連續影像，物體或場景投影在二維影像上，如圖 5 所示，假設 X 為三維空間中的點，因為對建築物拍攝角度不同三維空間中的對應點 X 投影到二維影像上的 x 對應點在不同位置。

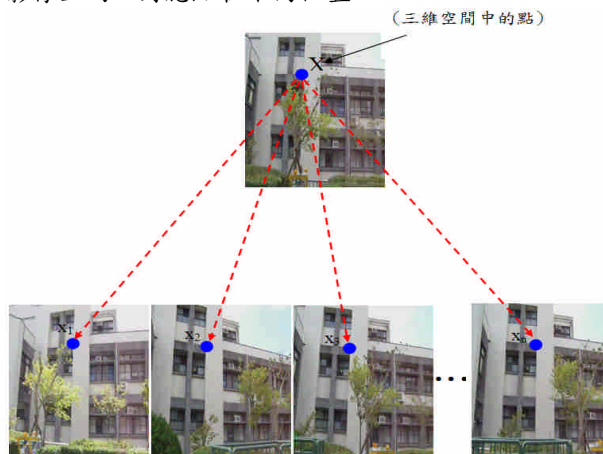


圖 5 序列影像(拍攝多角度連續影像)

三維空間中共平面的對應點投影在二維影像上，兩張影像有 Homography 對應點關係，通常我們在計算 H 矩陣時，是以人工的方式點選四組或四組以上對應點，求出影像與影像的 Homography 關係，在這我們嘗試以自動化的方式選出較好的對應點組合[15]，計算 H 矩陣，可以取代人工點選對應點，自動化步驟如下：

- 1.將兩張影像利用 Harris Corner Detector 方法，分別找出影像上的特徵點，如圖 6 所示。
- 2.在影像平面上選取一個範圍，在選取的範圍內，以 Sum of squared differences(SSD)方法找出相同的對應點，如圖 7 所示。

3. 找出對應點之後，利用 Least Median of Squares 簡稱 LMedS，再結合 bucket 方式(圖 8 與圖 9)，找出較好的對應組合 [16]，如圖 10 所示，由 LMedS 結合 bucket，所找到一組較好的對應點。

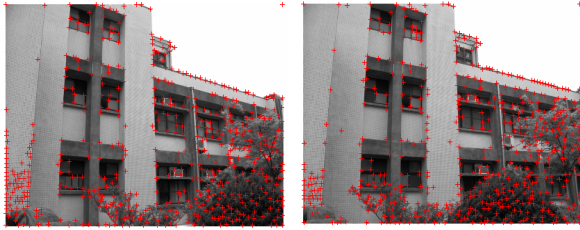


圖 6 找出特徵點

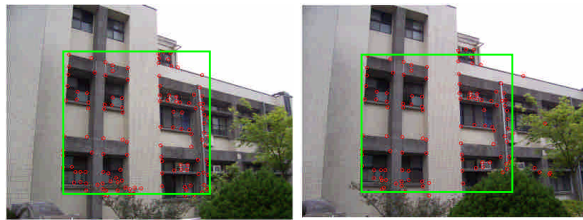


圖 7 找出對應點



圖 8 使用 bucket

	H_1	H_2	H_3	H_4	...	H_m
排序	r_{11}^2	r_{21}^2	r_{31}^2	r_{41}^2		r_{m1}^2
	r_{12}^2	r_{22}^2	r_{32}^2	r_{42}^2		r_{m2}^2

↓ Min	Median					

(residual)	r_{1n}^2	r_{2n}^2	r_{3n}^2	r_{4n}^2		r_{mn}^2

圖 9 Least Median of Squares 示意圖

LMedS 將所有的資料作排序後，取中間的數值，並找出最小的那一組資料。在圖 9 中任意選取四組以上的點計算出 H ， r 代表的是 residual: $r = \sqrt{(\hat{x}_i - x_i)^2 + (\hat{x}'_i - x'_i)^2}$ 。其中 \hat{x}_i ， x_i ， \hat{x}'_i ， x'_i 為影像一與影像二的對應點，其 Homography 幾何關係為 $\hat{x}_i = H_i x_i$ ， $\hat{x}'_i = H_i^{-1} x'_i$ ， $i=1,2,3,\dots,m$ 。



圖 10 找出較好的對應組數

利用自動的方式，找出好的對應組合，再由找出的對應點，計算兩張影像的 Homography 幾何關係。利用 Homography 特性做影像修補，我們從序列影像中取出三張以上不同角度拍攝的影像，如圖 11，其中上面的一張影像為我們要做修補的影像，與其它四張影像計算 H 矩陣。

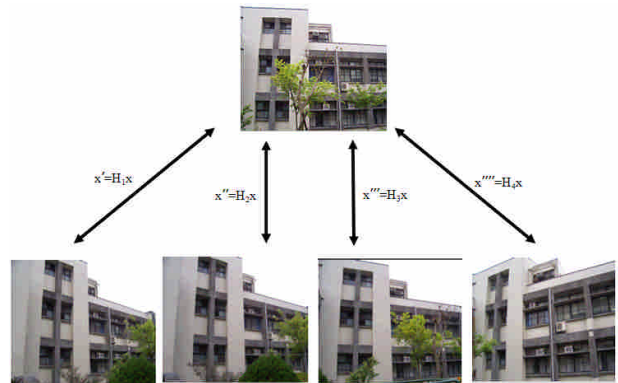


圖 11 從序列影像中取出五張影像，計算 H 矩陣

由於圖 11 所示，來源區域的影像資訊來自四張不同角度拍攝的影像，將影像利用 H 矩陣重新計算出新的座標以插補的方式(如圖 12)，使原本影像是斜拍的角度變成與要修補影像的角度一樣，如圖 13 所示每一張影像都轉換成跟修補影像的角度一樣。

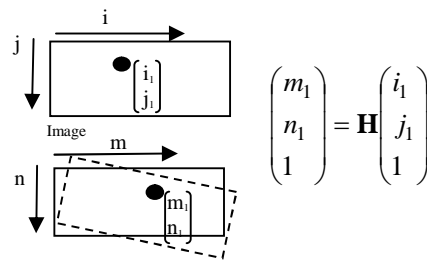


圖 12 影像內插法



圖 13 投影轉換

在進行影像修補工作時，首先由人工移除物件如圖 14(右)，然後自動的將移除後的區域修補完成，在自動修補的過程中以優先權的計算方式，計

算出第一修補的座標位置，將計算出的修補位置，與對應到其它影像的相同位置上，如圖 15 所示，以點為中心選取一個 Patch。



圖 14 移除遮蔽物(左)為原始影像(右)為移除物件



圖 15 取得影像中的 Patch

然後再從多張影像中，取出的 Patch 利用 SSD 計算出比較相似的 Patch，如圖 16 所示，將計算出的 Patch 填補目標區域，直到目標區填補完為止，如圖 23 右所示。



圖 16 第一次修補結果

使用 Homography 影像修補方法：

1. 對物體或場景不同角度拍攝連續影像，取出連續影像中的 frame, $f_1, f_2, f_3, \dots, f_n$ 。
2. 計算 $f_1, f_2, f_3, \dots, f_n$ 的 Homography 幾何關係。
3. 利用 H 將 Frame 做投影轉換。
4. 以人工方式選取目標區。
5. 自動修補目標區：
 - 5.1 取得目標區輪廓, 計算優先填補順序, 取得目標區 patch 與來源區 patch。
 - 5.2 使用 Sum of squared differences 計算相似 patch。
 - 5.3 將新 patch 填補目標區。
6. 將填補過的目標區更新。
7. 重複 5~6 步驟, 直到目標區補完為止。

4.2 影像修補使用 RECTIFICATION

因為 Homography 的方法只限制在共平面上，在非共平面的建築物使用影像 Rectification 方法來修補影像，使用 Rectification 的好處是可以限制尋找 Patch 的範圍，增加尋找 Patch 的正確率。



圖 17 影像 Rectification (上左)影像 1(上右)影像 2(下左)(下右)Rectification 後的影像

圖 17 上面(左右)兩張不同角度拍攝的影像，經過極線轉換後，兩張影像的對應點會在相同水平線上，而且對應點的 y 座標相同，如圖 17 下(左右)所示。影像經過 Rectification 後，進行影像修補，對圖 18(左)影像中的物件做移除後，(右)白色區域為要修補的目標區域。



圖 18 移除遮蔽物(左)為原始影像(右)為移除物件

而在修補目標區域時，利用優先權計算優先填補的座標位置，如圖 19(左)所示選取一個 13×13 大小的 Patch，該修補的影像資訊可從圖 19(右)相對應的極線上也選取相同大小的 Patch，再利用 SSD 計算出適合做為修補的影像資訊。



圖 19 影像修補過程尋找 Patch

當計算完極線上所有的Patch後，選取距離最短的，表示Patch的顏色與目標區週圍顏色相同，將選取出來的Patch中心像素值填補目標區Patch相同位置上，如圖20所示，一直重複到所有目標區被填補完為止，如圖27所示。

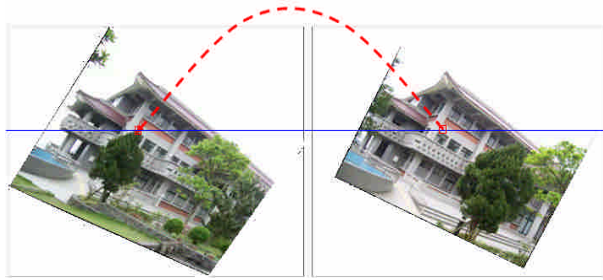


圖 20 修補影像將(右)影像資訊填補(左)遮蔽物部分

使用 Rectification 影像修補方法：

1. 物體或場景不同角度拍攝連續影像，從連續影像中取出兩張影像。
2. 選取對應點計算基礎矩陣，Rectification 影像。
3. 以人工方式選取目標區。
4. 自動修補目標區：
 - 4.1 取得目標區輪廓，計算優先填補順序，從 rectification 後的影像，取得目標區 patch 與來源區 patch。
 - 4.2 使用 Sum of squared differences 計算相似 patch。
 - 4.3 將新 pixel 填補目標區 pixel。
5. 將填補過的目標區更新。
6. 重複 4~5 步驟，直到目標區修補完為止。

5.實驗結果

圖 21 是一張結構複雜的影像，當物件遮蔽較多的影像資訊，將物件移除後因為影像資訊缺少太多了，所以無法完全猜測出實際資訊。如圖 21(右上)(左下)(右下)影像缺口部位無法完整修補。



圖 21 單張影像實驗結果(左上)為原始影像(右上)Exemplar-Based(左下) Robust Priority Computing ($\omega = 0.7$)(右下)Structure Propagation

使用 Homography 影像修補，因為建築物有許多平面，因此利用 Homography 的特性做修補，首先針對 video 中取多張影像如圖 22，藉由多張影像

資訊減少猜測將缺口修補完成，圖 23(右)為修補結果。由於使用多張影像，而每張影像的亮度因為拍攝角度關係有所不同，在修補後造成明亮度不一至，不過大致上影像缺口重要的影像資訊，已經完整的修補好。



圖 22 不同角度拍攝的影像



圖 23 使用 Homography 修補(左)為原始影像(右)為修補結果

圖 24(左上)為要修補的影像，圖 24(右上)(左下)(右下)為來源區域，用來修補移除物件後的影像資訊。圖 25(右)為修補的結果。圖 26(右)為另一角度影像修補的結果。



圖 24 不同角度拍攝的影像



圖 25 使用 Homography 修補(左)為原始影像(右)為修補結果



圖 26 使用 Homography 修補(左)為原始影像(右)為修補結果

在不共面上則使用影像 Rectification 的方法使兩張影像的 epiplar line 平行，要修補的目標區中可在另一張影像的極線上尋找，此方法可以提高正確率，修補結果如圖 27(下)。



圖 27 使用 Rectification 修補(上)移除物件(下)修補結果

6. 結論

在單張影像修補，將物件移除後進行自動修補目標區域，是利用整張影像中已知的影像資訊猜測出，未知目標區域的影像資訊，當移除物件後，影像資訊遺失太多，導致無法完整猜測出影像資訊。

所以我們使用 Video 連續多角度拍攝，從多張影像中可取得某些沒被遮蔽的影像資訊，且在拍攝限制上必須要能夠看到沒被遮蔽的影像資訊，否則無法完整的重建出遺失資訊的區域；再以幾何特性來幫助修補影像中的缺口。本篇論文目前使用 Homography 與 Image Rectification 的特性。經過實驗證明這兩個方法，確實能夠在修補缺口時減少猜測，實際的將缺口重要部份完整的修補。

由於使用多張影像，而每張影像的亮度因為拍攝角度關係有所不同，在修補後造成明亮度不一至，未來希望能改進這個缺點，並增加影像的解析度。還有希望能夠利用更多的幾何特性來幫助影像修補，再來是開發一個較好操作的使用者介面，使我們在在影像修補時更方便。

參考文獻

- [1] Alexei A. Efros and Thomas K. Leung, "Texture Synthesis by Non-parametric Sampling," *IEEE International Conference on Computer Vision, Corfu, Greece, September 1999*.
- [2] Alexei A. Efros, William T. Freeman, "Image Quilting for Texture Synthesis and Transfer," *Association for Computing Machinery's Special Interest Group on Graphics and Interactive Techniques, (SIGGRAPH 2001)*.
- [3] Manuel M. Oliveira, Brian Bowen, Richard McKenna, Yu-Sung Chang, "Fast Digital Image Inpainting," *Proceedings of the International Conference on Visualization, Imaging and Image Processing (VIIP 2001), Marbella, Spain, September 3-5, 2001*.
- [4] Alexandru Telea, "An Image Inpainting Technique Based on the Fast Marching Method," *Journal of Graphics Tools, 2004*.
- [5] A. Criminisi, P. Pérez and K. Toyama, "Region Filling and Object Removal by Exemplar-Based Image Inpainting," *IEEE Trans. Image Processing, Vol. 13, No. 9, 2004*.
- [6] Wen-Huang Cheng, Chun-Wei Hsieh, Sheng-Kai Lin, Chia-Wei Wang, and Ja-Ling Wu, "Robust Algorithm for Exemplar-based Image Inpainting," *International Conference on Computer Graphics, Imaging and Visualization, (CGIV), 2005*.
- [7] Iddo Drori, Daniel Cohen-Or, and Hezy Yeshurun, "Fragment-Based Image Completion," *ACM Special Interest Group on Graphics and Interactive Techniques, (SIGGRAPH 2003)*.
- [8] Jiaya Jia, Chi-Keung Tang, "Image Repairing: Robust Image Synthesis by Adaptive ND Tensor Voting," *Proceedings IEEE CVPR 2003*.
- [9] Kuei-Yuan Cheng, *Research on Improving Exemplar-Based Inpainting*. Master thesis, Department of Computer Science and Information Engineering, National Taiwan University, Taiwan June 2, 2005.
- [10] Z Chen, C Wu, HT Tsui, "A New Image Rectification Algorithm," *Pattern Recognition Letters, 2003*.

- [11] S. N. Lim, A. Mittal, L. S. Davis, N. Paragios ,
“Uncalibrated Stereo Rectification for Automatic
3D Surveillance,” *IEEE International Conference
in Image Processing (ICIP)*, 2004.
- [12] A Levin, A Zomet, Y Weiss, “Learning How to
Inpaint from Global Image Statistics,”
*Proceedings of 9th IEEE International
Conference on Computer Vision*, Vol.1, 2003.
- [13] Jian Sun, Lu Yuan, Jiaya Jia, Heung-Yeung Shum,
“Image Completion with Structure Propagation,”
*ACM Transactions on Graphics (SIGGRAPH
2005)*.
- [14] Peng Tang. *Application of Non-parametric
Texture Synthesis to Image*. Master of Science
Computer Science, University of New Mexico,
May 2004.
- [15] Wen-Hsiao Kuo. *A Study on Image Matching for
Uncalibrated Image Sequences*. Master thesis,
Department of Information Management, Huaan
University, Taiwan, May 2005.
- [16] Yi-Nung Liao. *Research on Robust Estimation for
Computer Vision*. Master thesis, Department of
Information Management, Huaan University,
Taiwan, May 2005.
- [17] Yan Hung Ding. *3D Reconstruction of Buildings
from Uncalibrated Image Sequences*. Master
thesis, Department of Information Management,
Huaan University, Taiwan, May 2005.
- [18] [Du Huynh's, http://www.csse.uwa.edu.au/~du/](http://www.csse.uwa.edu.au/~du/).
- [19] Richard I. Hartley, “Theory and Practice of
Projective Rectification,” *Internation Journal of
Computer Vision*, Vol 35, No 2, pages 115-127,
1999.
- [20] Sung Ha Kang, Chan, T.F, Soatto, S, “Inpainting
from multiple views,” *IEEE 3DData Processing
Visualization and Transmission*, 2002.
- [21] Rasmussen, C. Korah, T, “Spatiotemporal
inpainting for recovering texture maps of partially
occluded building facades,” *IEEE International
Conference on Image Processing*, 2005.
- [22] Kedar A. Patwardhan, Guillermo Sapiro, Marcelo
Bertalmio, “Video Inpainting of Occluding and
Occluded Objects,” *IEEE International
Conference on Image Processing*, Genova, 2005.
- [23] Y. Wexler, E. Shechtman, M. Irani, “Space-Time
Video Completion,” *IEEE Computer Society
Conference on Computer Vision and Pattern
Recognition (CVPR'04) - Volume 1*, pp. 120-127,
2004 .
- [24] C.-Y. Tang, H.-L. Chou, Y.-L. Wu and Y.-H.
Ding, “Fast and Robust Algorithm Using Coplanar
Constraints to Estimate Fundamental Matrices,”
*2006 IEEE International Conference on Systems,
Man and Cybernetics (SMC2006)*.