

電腦視覺在虛擬實境中的應用 (III) - 總計劃
The Application of Computer Vision Techniques in Virtual Reality

計劃編號：NCS88-2213-E-009-036

計劃期限：87/8/1-88/7/31

主持人：陳稔 國立交通大學資工系教授

E-mail: zchen@csie.nctu.edu.tw Tel: 03-5731875

一. 中文摘要

(關鍵詞： 虛擬實境，電腦視覺，三維幾何模型，多基線立體對應，彩色結構光人體頭部偵測及追蹤，臉部影像的產生，多平面視訊接圖)

本整合型計劃共開發五項虛擬實境的技術。各子計畫詳細的成果內容，詳述於各子計劃報告書內，今對五項子計畫主要內容扼要以說明如下：

- (1). 子計劃一採用多個並排的相機，利用相機中對應點的二維座標存在一個平面關係，以及以包含相機光軸的平面切割三維空間為兩個半空間，以有效降低多視圖之間點對映的搜尋空間。
- (2). 子計劃二採用彩色結構光的顏色編碼及利用物體的八分樹，大大降低結構光格子線對映的空間及唯一性的比對。此外，本計畫可以解決物體自我遮蔽及窄小物面所發生格子線誤連或對應性不易判斷等問題。
- (3). 子計劃三利用雙眼立體系統決定人頭上數個特徵點，進而得到人投近似的橢圓體，可以再對照 model-based 的人頭做人頭的精確定位以及運動參數估測。
- (4). 子計劃四利用人頭數個對稱性組成單元的參數模型，經由輸入影像中可看到的單元的擷取，推算各該單元的相對尺寸，進而可以產生不同視角下的人臉影像。
- (5). 子計劃五利用戶外自然場景影像中物體分佈有不同層次的景深來推算物體相對的景深。這一技術可以將數個場景接圖成一個大場景，也可以產生不同視角下的新場景。有效降低多視圖之間點對映的搜尋空間。

Abstract

(Keywords : Virtual Reality, Computer Vision, 3D Object Solid Model, Multiple Baseline Stereo Matching, Color Structured Lighting, Human Head Detection and Tracking, Facial View Generation, Multi-Plane Based Video Mosaic)

This joint research project is to develop five key vision-based techniques for the use in virtual reality. Their individual detailed descriptions are given in the respective subproject reports. A brief sketch of these subprojects is described below:

- (1). Subproject 1 proposes to use a multiple baseline vision system to construct the 3D scene in which a multiple of n cameras are evenly situated on the same baseline. First it derives a hyper-plane equation between the coordinates of the n corresponding points. This relation will reduce the search space for finding the n corresponding points between the n images. In order to further reduce the search space, the 3D scene space is partitioned into two half spaces by each hypothetical plane that is defined to contain the optical axis and to be perpendicular to the image plane of each camera
- (2). Subproject 2 is to apply a color-structured lighting to construct the 3D object geometric model. It uses an octree model derived from the multiple images of the object and the color labels of the projected grid lines in the image to solve the stereo grid line correspondence problem. Besides, the octree model can be also used to handle the grid line misconnection due to the object self-occlusion and the elongated

object parts on which the projected grid lines are generally short.

- (3). Subproject 3 is to use a self-developed binocular vision facility to develop a model-based head tracking system. First it will extract head features from 2D images, then it aligns an ellipsoid constructed from the stereo pairs of the head against a 3D head model to obtain the rotation and translation parameters. Two Kalman filters (one for rotation and one for translation) will be used to predict the 3D head motion.
- (4). Subproject 4 derives some 3D key facial feature point positions from an input image, which are then fitted to a 3D generic head model to obtain a real head model. This estimated head model is then texture-mapped and can be used to generate a new facial view given a specified viewing angle.
- (5). Subproject 5 applies both the plane case and the general case of image alignment to register multiple images. The general case can be used in the situation where the depth variation is significant, while the plane case can be used when the scene depth variation is little. A multi-plane case will be developed which is expected to work well for general pictures with reasonable depth variation.

二. 子計劃一：利用多基線立體對應建立三維環境模型的研究

計畫編號：NSC 88-2213-E-014-003

主持人：賈叢林教授 中正理工學院電機系

我們提出一種多攝影機的三維重建方法，不必很大的搜尋空間即可得到正確精密的三維資訊。在電腦視覺中，影像匹配演算法會依應用所需而有正確性、精密性與搜尋效率的考慮因素，但是此三個因素是互為權衡的。以不同視點之多影像所提供的豐富資訊可以解決正確性、精密性的問題，但其代價為搜尋負荷過大。本研究考慮以影像間的幾何限制條件使對應搜尋的限制在小的範圍內。我們利用精密幾何

關係的一維矩陣(直線)型多攝影機系統來建立景物的三維模型，其中影像匹配是以鄰近影像的特徵點匹配作初始匹配，以幾何限制條件降低搜尋範圍，以遠距影像增進匹配的精密性，以多數影像的多數來解決混淆問題，在紋理像素匹配方面則採互相關匹配方法，邊緣像素則採特徵匹配法以解決景深不連續的問題，如此可獲得綿密的深度資訊。由各攝影機所得的深度影像也融合成較可靠的三維景物資訊，最後以實際拍得的影像做實驗呈現我們方法的效果。

三. 子計劃二：利用彩色結構光之視覺技巧建構三維物體幾何模型 (3D Vision-Based Object Reconstruction Using Color Structured Lighting)

計畫編號：NCS88-2213-E-009-037

主持人：陳稔 國立交通大學資工系教授

協同主持人：賈叢林 中正理工學院電機系教授

本計畫利用彩色結構光的視覺技術建構三維物體的幾何模型。在結構光法中，主要問題在解決 CCD 影像及投影機 LCD 中條紋間的對應關係。在本計畫中，我們將光源投射器中投射條紋打物體八分樹模型 (Octree model) 上，做為其在真實物面上大概位置，藉此可得該線投影在二維影像上的預測位置。再根據預測位置，在其鄰近區域，利用顏色等限制找出其相對應的 observed stripe。

八分樹模型除了可以解決上述點對應問題外，還可以解決另外幾項問題：

1. 當物體有自我遮蔽 (self occlusion) 時，不同景深的二個物面上不同的條紋有時會誤連成同一條，而造成三維重建的錯誤。此時，靠八分樹模型即可排除此種誤連，
2. 當物面變窄時，物面上的條紋亦變短，此時要用 epipolar line constraint 來確定這些條紋的點對應，由於可用鄰近資訊較少，會很難做。此時可用八分樹模型解決此窄物面的重建。在解決對應問題後，便可著手去建物

體表面條紋的三維位置。產生 **wireframe model**，同時，執行物面的平滑化。最後，我們做不同視圖重建物面的整合。

四. 子計劃三：以主動雙眼視覺系統偵測並追蹤動態影像中人頭的運動(**Detection and Tracking of Human Head Motion Using an Active Binocular Vision System**)
計畫編號：NSC88-2213-E-001-010
主持人：洪一平 中央研究院資訊科學研究所 研究員

本計劃的主要目標是要利用本實驗室已精密校準的主動式立體視覺系統，發展一個人頭追蹤系統並估算出人頭的運動量。這個人頭追蹤系統包括四個主要模組：1. 人頭在動態影像中的出現偵測；2. 二維影像中的人頭自動偵測；3. 人臉特徵之自動偵測與追蹤；4. 人頭運動之運動參數估測和預測。本研究計畫中，我們的主要成果包含：(一) 二維影像中快速與強健的人頭偵測。(二) 人臉特徵之自動、可靠的偵測與追蹤。(三) 人頭運動之運動參數估測和預測。

五. 子計劃四：從單張影像產生新視角下的人臉影像(**III**)
計畫編號：NSC 88-2213-E-035-012
主持人：何信瑩 逢甲大學資訊工程學系副教授

本計劃提出一套以基因演算法為基礎的最佳化方法，利用一個具有彈性之參數化一般型人臉模型 **FGPFM**，能夠從未經校正的單張人臉影像建立該人臉的三維模型，藉由已知視角的投影轉換和貼圖技術而產生新視角下的人臉影像。本方法利用將人臉特徵的投影轉換之值作為 **FGPFM** 的參數，三維人臉模型和二維人臉影像在同一視角的一致性定為修正人臉模型的目標函數，人臉模型建立問題可視為尋找最佳化參數問題。當求得滿足目標函數的最佳參數後，**FGPFM** 可有效率地修正為特定人之三維人臉模型。本方法中採用一套專門有效率解決大量參數最佳化問題的智

慧型基因演算法來加速求得最佳的參數解。最後以針對本方法的敏感度分析和具有貼圖效果的新視角人臉影像之實驗來驗證本方法的可行性。

六. 子計劃五：以影像為基礎之 **VR** 中利用多平面視訊接圖建構虛擬環境(**Using Video Mosaics with Multi-plane to Construct Virtual Environments in an Image-based Virtual Reality**)
計畫編號：NSC 88-2213-E-035-011
主持人：賴榮滄 逢甲大學資工系教授

我們的 **VR** 系統是以影像為基礎。此系統將使電腦圖形和影像同時出現在一張圖像上。自然界中的物體，例如樹木、花草和動物，很難有效的用數學模型來表現。假如這些物體用數學模型來表示，整張圖將不自然與不好看。如用視訊接圖來創造虛擬環境，我們將可得到一張更自然與真實的圖樣。在上年度的計劃，我們使用平面接圖(**plane case**)和概括接圖(**general case**)二種方式來解決圖像註冊(**image registration**)問題。我們發現當圖像深度變化不明顯時，平面接圖即能得到很不錯的結果。但當深度變化很大時，我們則須利用概括接圖法來解決圖像註冊問題，但概括接圖則需花費很長的時間(約為平面接圖的 30 倍)來完成接圖工作。因此於本計劃，我們將用多平面接圖法(**Video mosaics with multi-plane**)來接圖。此種方法的好處是計算複雜度比概括接圖少很多，而且圖像深度亦可有相當明顯的變化。