

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

基於尺寸不變性之穩健式三維頭部追蹤
Robust 3D Tracking of Human Head Based on Invariance of Size

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫
計畫編號：NSC 98-2221-E-009-124-MY2
執行期間：2009年8月1日至2011年7月31日

計畫主持人：莊仁輝
共同主持人：
計畫參與人員：羅國華、郭育璋

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：

中 華 民 國 99 年 7 月 23 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫期中進度報告

基於尺寸不變性之穩健式三維頭部追蹤

Robust 3D Tracking of Human Head Based on Invariance of Size

計畫編號：NSC 98-2221-E-009-124-MY2

執行期限：2009年8月1日至2011年7月31日

主持人：莊仁輝 國立交通大學資訊工程學系(所)

中文摘要:(關鍵字：頭部偵測、人員追蹤、人員定位、快速定位誤差分析、遮掩、多攝影機資訊整合)

「基於尺寸不變性之穩健式三維頭部追蹤」二年計畫的主要目的為，利用高角度的攝影機對監控的場景進行人物頭部偵測，並透過投影幾何的平面轉換對頭部中心進行定位，以建構在單攝影機下之人物定位系統。而當環境中具有多攝影機時，系統可透過選擇性與整合性的多攝影機資訊融合，來整合多攝影機的定位資訊，以達成準確的定位。在第一年的研究計畫中，我們發展一套頭部偵測方法，可穩定地偵測出影像中人物的頭部區域。並且，我們也發展了一套不需要複雜的校正之影像特徵點定位方法，可對人物頭部中心點進行定位。在頭部偵測方面，我們利用兩種主要方法偵測人物頭部，分別為基於髮膚色特徵和前景物輪廓區域最高點之偵測演算法。首先我們利用高斯混合模型分割出人員所在的前景區塊，再藉由偵測各前景區塊中的髮膚色區域，過濾出候選頭部區域。另一方面我們找出前景物輪廓的區域最高點後，由此點附近找出候選頭部區域。最後藉由整合髮膚色特徵和區域最高點所找出之候選頭部區域，即可正確地偵測出場景中的人物頭部中心點位置，並可被作為一影像特徵點進行後續人物定位。在影像特徵點定位的方面，我們可以藉由單一攝影機，在已知特徵點高度以及攝影機位置的條件下，透過投影幾何的平面轉換和三維幾何關係，計算出特徵點在其高度平面上之位置。實驗的結果顯示頭部偵測的結果應用於多人的場景中，仍有良好的正確性，而特徵點定位也能落在一定的誤差範圍之內。其後第二年的研究我們將分析特徵點定位過程中產生的誤差，例如徑向畸變誤差、人為測量誤差和取像誤差，並利用誤差分析的結果來整合多攝影機資訊，使得系統的定位結果能夠為穩定、準確。

英文摘要: (Keyword: Head Detection, People Tracking, Localization, Rapid Error Analysis for Localization, Occlusion, Multi-Camera Information Fusion)

The goal of the two-year project, "Robust 3D Tracking of Human Head Based on Invariance of Size," is to locate people based on head detection and homographic transformation. Not only can each camera in the monitored environment locate people independently, the localization results of the multiple cameras can also be fused to achieve more accurate localization. In the first year, a robust head detection method is developed to obtain the center of human head in images. The result is then used by the proposed feature point-based people localization scheme without complex calibration of cameras.

The above head detection is achieved by two algorithms based on (i) detection of hair/skin color and (ii) identification of local maximum of a contour, respectively, both for a foreground region segmented using the Gaussian mixture model. From the foreground regions,

head candidates are first found separately by (i) and (ii). Then, centers of head are found by integrating the two sets of head candidates, and are regarded as feature points in subsequent people localization. The proposed localization scheme assumes that the height of a feature point is known a priori so that the point location in the plane of the known height can be found by homographic transformation and 3D geometry which only require camera locations. Experimental results show that the proposed head detection is performed satisfactorily even for crowded scene. However, the localization results are not always accurate enough due to errors in the localization process. The errors may arise from radial distortion of cameras, inaccuracy associated with manual measurement, and noises in the imaging process. In the second year, we will analyze these errors and use the analytic results to fuse multi-camera information so as to reduce the localization error and improve system stability.

前言

本計劃我們第一年的目標主要是發展人物頭部偵測以及人物定位方法。並希望以第一年所發展的方法為基礎，在第二年做進一步的延伸研究，以提升定位的穩定與準確性，以下我們將其分為二個主題來詳述我們的研究。

主題一：穩健式之人頭偵測研究

1.1 研究目的

在常見視訊監控系統中多採用高角度的監控攝影機進行攝影，原因是即使影像中出現人群遮掩的狀況，大多數頭部區域仍可以被清楚地觀察到。因此，我們希望透過頭部偵測，判定影像中人物的所在位置，使得後續能對頭部進行定位與追蹤。因此本計畫的首要研究主題，即在於能夠有效地找出監控影像中的人物頭部區域。

1.2 文獻探討

頭部偵測相關的偵測方法包含臉部區域偵測與頭部區域偵測兩類。在臉部區域偵測中，主要是透過系統化的機器學習方式，找出最具代表性的特徵，再搭配 Boosting 分類器就可以快速有效的偵測出人臉的區域[1]。類似的人臉偵測架構，還可以擴展到人員頭肩部與軀體的偵測[2]，達到在遮蔽的情況下，偵測出人員的效果；而頭部區域偵測的方法，則常透過多種特徵資訊來找出可能的頭部區域，如頭的邊緣形狀、顏色、膚色等，在[3]中，即提出以頭至肩部的外形來作偵測，[4]則再多考慮了人物的頭部頂點作為偵測的線索，而[5, 6]則是利用橢圓形的特性來搜尋或比對出頭部區域，在[7]中，則是透過 motion difference 的找出可能發生移動的圓形頭部區域，並利用 Hough transformation 來定出頭部的位置。在本計畫中，我們採用頭部顏色、形狀等資訊作為偵測的基礎，並整合頭部尺寸大小在時序上有緩慢變化的特點，發展一個快速而有效的頭部偵測方法。

1.3 研究方法

我們利用兩種主要的特徵，分別為髮膚色區域與區域最高點。首先我們利用高斯混合模型分割出人員所在的前景區塊，再分別以此兩項特徵各自找出可能的頭部區域，再將結果進行整併，以達成完整的頭部偵測。

1.3.1 髮膚色區域偵測

為了有效降低光線變化所帶來的影響，我們選定 YCbCr 色彩空間來偵測前景區中的膚色的區域，透過多次的實驗，我們選定一個合適的膚色範圍為 $77 \leq Cb \leq 127$ ， $133 \leq Cr \leq 173$ ，而得到的髮色範圍為 $Y \leq 50$ 。針對一室外場景，如圖 1-1(a)所示，進行髮膚色偵測，而所偵測出的髮色與膚色區域顯示於圖 1-1(b)與(c)。

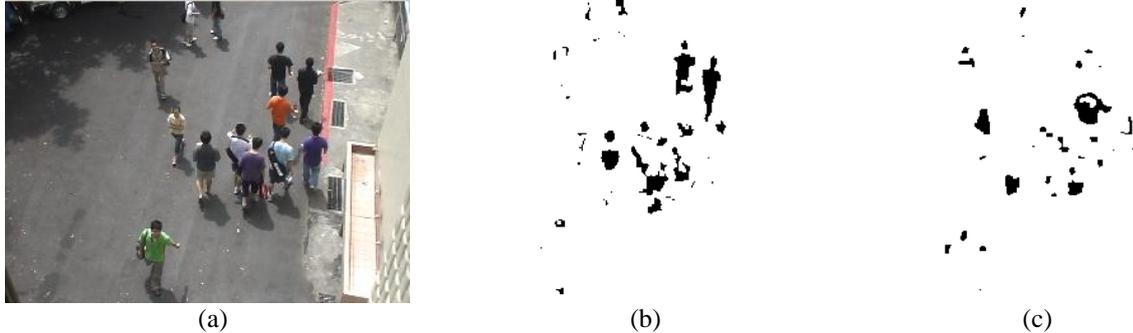


圖 1-1 利用顏色資訊過濾之結果，(a) 輸入影像，(b) 髮色區域，(c) 膚色區域。

接著我們利用連通元件標記法(connected component labeling)，偵測出髮色與膚色區域中的各個不相連的獨立區域。其結果如圖 1-2 中的 (a)與(b)所示，我們以不同的顏色顯示這些區域。我們可以看到圖中仍有很多非頭部的區域，因此我們將以過濾的方式移除這些區域。



圖 1-2 元件連通標記法結果，(a) 圖 1-1(b)執行後之結果，(b) 圖 1-1(c)執行後之結果。

1.3.2 以過濾方式篩選出髮膚色的頭部候選區域

接著我們利用頭部的其他特徵，包含：(1)頭部大小有一定之範圍，(2)頭部形狀近似球形，(3)頭部位於身體最高處，故其下方具有足量之前景區域。針對上述之各項特徵，我們提出了以下幾種過濾方式，針對特徵(1)採用面積大小過濾，針對特徵(2)採用長寬比過濾，針對特徵(3)檢查下方需具足量前景區域，將依序介紹各種過濾的方式如下。

方法 A. 面積大小

針對頭部面積所給予的限制，我們設定了兩個門檻值，來排除掉面積過大或過小的髮膚色區域，透過這樣的方式，影子與黑色衣服等雜訊區域將會被移除。

方法 B. 長寬比

雖然理論上頭部的區域會接近球形，但經過觀察發現我們所偵測出的髮膚色區域中，頭部的區域並非呈現正圓形，因此我們保留長寬比例在一定範圍內的髮膚色區域。我們使用式 1.1 來計算候選區域的長寬比：

$$R^* = H/W \quad (1.1)$$

如果 R^* 值越大，代表此候選區域越細長。本系統中，只要長寬符合 $0.8 \leq R^* \leq 2$ ，我們便保留此候選區域。

方法 C. 下方具足量前景區域

通過上述兩種過濾方式後，我們將更進一步判斷這些區域下方是否有足量之前景區域，藉此判斷其是否為頭部位置所在。我們採用的方法是以區域之質心作為基準點，以垂直方向向下搜尋前景區域的輪廓邊緣，如在一距離內找尋不到輪廓邊緣，代表此區域下方有足量前景區域。如圖 1-3 所示，紫色框線為髮色區域示意圖，我們由紫色框線之質心為基準點，並以黃色箭頭的方向向下搜尋輪廓邊緣，如果搜尋到輪廓邊緣則表示下方前景區域不足，將會被視為非頭部區域而予以刪除。

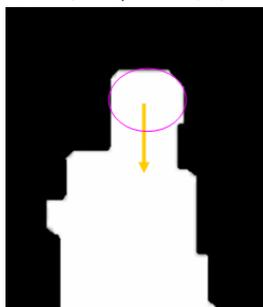


圖 1-3 判斷候選區域下方是否有足量前景示意圖。

利用上述方法 A、B、C 可將大部份之非頭部區域刪除，以圖 1-4 為例，圖 1-4 (a) 與(d)為輸入影像，圖 1-4 (b)與(e)為髮膚色過濾後之前景影像，圖 1-4 (c)與(f)為執行頭部特徵偵測演算法後之結果。我們可以看到一部分的頭部區域已成功偵測出來，但仍有許多未偵測到，因此我們下面將利用區域最高點偵測剩餘的頭部。

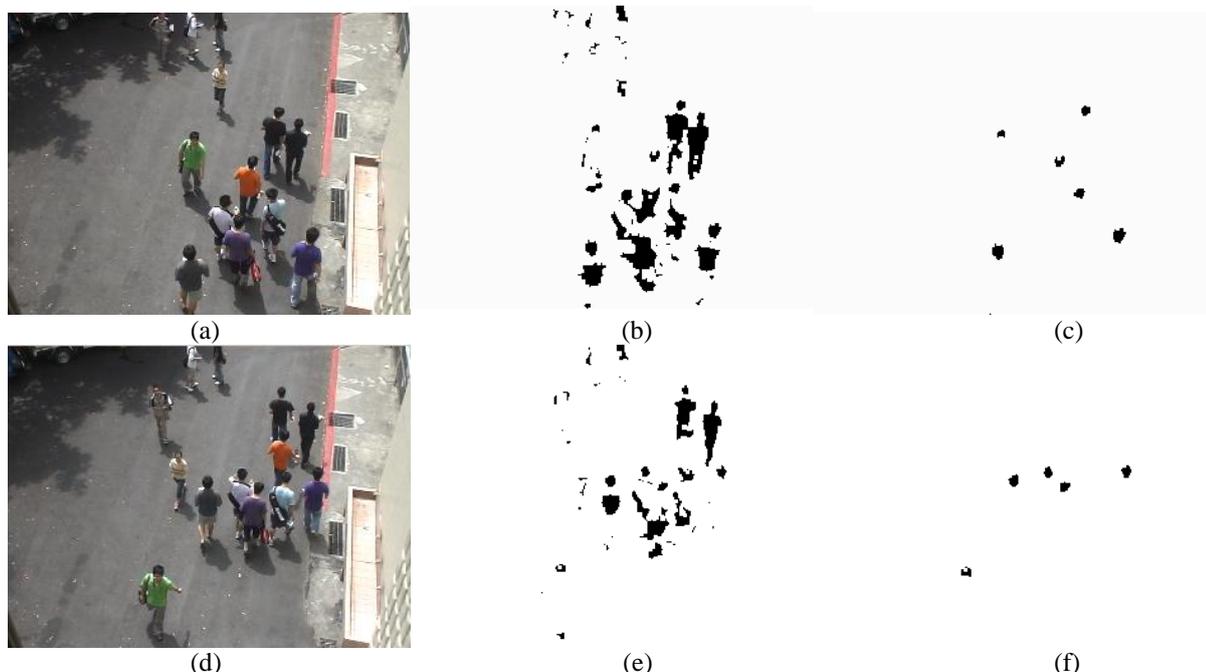


圖 1-4 以髮膚色特徵為基礎之偵測頭部演算法，(a)(d) 輸入影像，(b)(e) 髮膚色過濾後之前景影像，(c)(f) 圖(b)(e)執行頭部特徵偵測演算法後之結果。

1.3.3 以區域最高點偵測出頭部候選區域

由於頭部為人體的頂端，因此在許多應用情境中，我們可以假設一個輪廓之最高點將對應到頭部的位置。但因為一個前景區域內部可能包含了多個人，所以我們利用偵測輪廓區域最高點的方式，找出此前景區域輪廓上可能的人物的頂點。我們提出一個前景物輪廓區域最高點之偵測演算法(local maximum of foreground height, LMFH)，具有三大步驟，首先是找出每個前景區域的輪廓點，接著對這些輪廓點，從前景物輪廓的最高點當作起始點往終點執行區域最高點的偵測，最後再反向(由終點往起始點)執行區域最高點之偵測。令座標原點如圖 1-5 所示，我們利用式子 1.2 來偵測出輪廓的區域最高點，並用式子 1.3 來更新累計高度值，

$$P_{t+1}(y) - P_t(y) < 0 \text{ and } FH_t \geq T_y \quad (1.2)$$

$$\begin{aligned} FH_{t+1} &= P_{t+1}(y) - P_t(y) + FH_t, \text{ if } P_{t+1}(y) - P_t(y) \geq 0 \\ FH_{t+1} &= 0, \text{ otherwise} \end{aligned} \quad (1.3)$$

其中 $P_t(y)$ 為第 t 個輪廓點的 y 座標值、 FH_t 為累計高度值(foreground height)而 T_y 為系統設定的門檻值，當式子 1.2 成立時， $P_t(x,y)$ 即為區域最高點，系統設定 $T_y=2$ ，先將輪廓上所有區域最高點(起伏點)找出，再利用後續演算法排除非頭部位置的區域最高點。

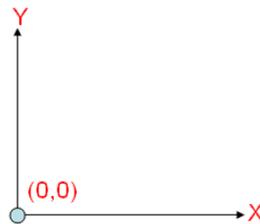


圖 1-5 座標原點示意圖。

找出區域最高點後，我們可以利用一些簡單的判斷排除掉明顯不是頭部位置的區域最高點，如圖 1-6 所示，紅色圓圈所在位置皆符合式 1.2 區域最高點之定義，但是明顯不是頭部位置。我們根據先前假設：頭部為人體之頂端，若區域最高點上方為前景，則可能是輪廓中人員之腋下、胯下(圖 1-6 紅色圓圈)或是前景切割結果破碎處，故只保留區域最高點上方為非前景區域者。此外，利用顏色資訊對保留下來的區域最高點再次進過濾，我們偵測此區域最高點下方 3×3 區塊之顏色範圍，判斷其是否落在髮色與膚色之範圍，若不符合則進行移除。

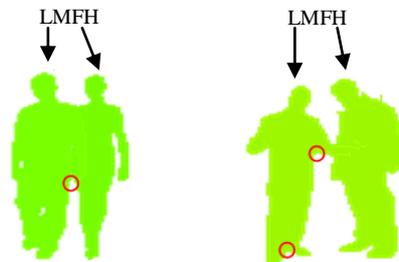


圖 1-6 LMFH 之偵測以及需刪除之位置示意圖。

經由實驗發現，同一輪廓由正向及反向所搜尋到的區域最高點可能會略有差異，以圖 1-7 為例，假設灰色部分為某前景區域，而綠點為輪廓點，若我們由左到右執行 LMFH

演算法，我們會發現找到的累計高度值(RFH)都很小以至於無法偵測出區域最高點。反之，若我們由右到左執行 LMFH 演算法則找到的累計高度值(LFH)明顯會超過 T_y 值，這也是為什麼同一個輪廓要執行兩次 LMFH 演算法的原因。因此，不同方向執行 LMFH 演算法都會產生各自之結果，所以必須檢查兩個不同方向的結果，而檢查的方式如式子 1.4 所示，同一點必須在兩個不同方向都被判定成區域最高點才選出，而像是圖 1-7 中只有單方向被判定成區域最高點的輪廓點將會被濾除。

$$RFH > T_y \quad \text{and} \quad LFH > T_y \quad (1.4)$$

圖 1-8 為 LMFH 演算法執行結果，圖 1-8(a)為輸入影像，圖 1-8 (b)為執行結果，系統所偵測出之前景物輪廓區域最高點以紅圓圈出。LMFH 演算法之優點為計算量少，缺點為無法偵測到位於多人區塊內部的人物，故前景區域內部的頭部區域可由前述的髮膚色特徵偵測出來。

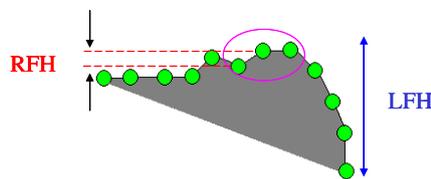


圖 1-7 執行不同方向的 LMFH 演算法之差別。



圖 1-8 前景物輪廓區域最高點之偵測，(a) 輸入影像，(b) LMFH 之偵測結果。

1.3.4 整合髮膚色區域與區域最高點之頭部候選區域

目前我們所偵測出的兩種候選區域如圖 1-9 所示，圖中綠色圈代表髮膚色特徵偵測之結果，而紅色圈代表區域最高點偵測之結果，我們發現圖中有不少地方出現紅色圈與綠色圈重疊之現象，這代表同一頭部被重複地偵測，因此我們的目的就是將紅色圈與綠色圈的資訊進行整合處理。

每個頭部候選區域依照其在影像上之位置會有對應的半徑，我們假設有兩頭部候選區域如圖 1-10 所示，令紅色圈圓心為 O_1 且其半徑長度為 R_1 ，綠色圈圓心為 O_2 且其半徑長度為 R_2 ，系統利用式子 1.5 來判斷是否發生重疊之現象。若發生重疊，將原先之頭部候選區域刪除，並取 O_1 、 O_2 之中點以及 R_1 、 R_2 之平均作為新頭部候選區域的圓心 O_3 及半徑 R_3 ，以取代原先之重疊頭部候選區域，如圖 1-11 所示。依照上述方法將重疊部分整合後之結果如圖 1-12 所示， O_1 、 O_2 和 O_3 為找到的頭部中心點，並以此頭部中心

點為圓心，對頭部候選區域畫上紅色圓圈標示。

$$\overline{O_1O_2} < R_1 + R_2 \quad (1.5)$$

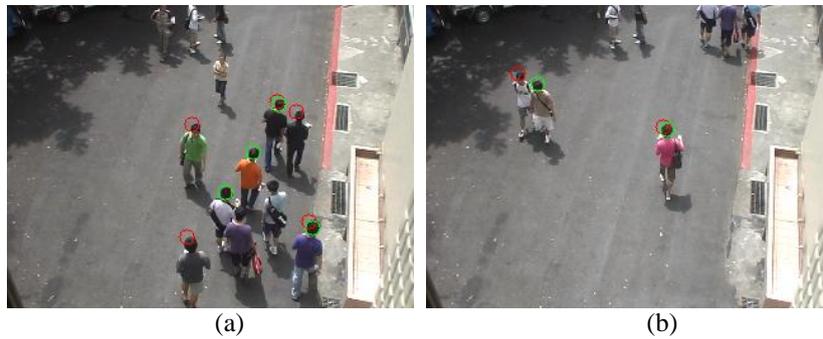


圖 1-9 頭部候選區域偵測之結果(整合前)。

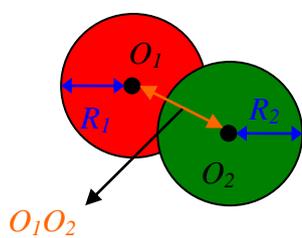


圖 1-10 頭部候選區域示意圖。

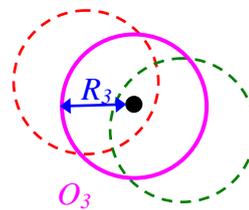


圖 1-11 整合重疊的頭部候選區域示意圖。

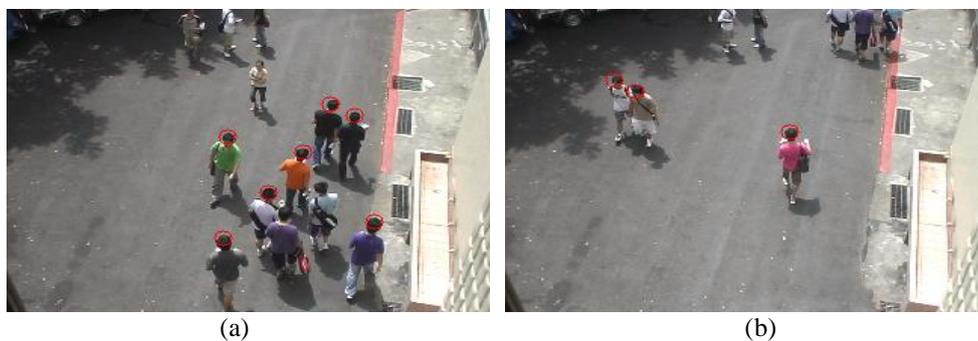


圖 1-12 頭部候選區域偵測之結果(整合後)。

1.4 研究結果與討論

在實驗的部分，我們以三個不同的室外場景進行試驗。圖 1-13 為執行頭部偵測之結果，其中黃色圈為偵測到的頭部位置，而在每張影像的左上角則統計出該張影像的人(頭)數，以圖 1-13 為例，其中圖 1-13(a)、(b)、(c)、(e)、(f)中頭部的偵測都相當正確，僅有圖 1-13(d)、(f)發生了偵測失誤。紅色箭頭所指為未偵測到之人員，由於這些人員所在位置皆於輪廓內部且頭部顏色特徵不明顯，因此無法有效的偵測出頭部區域。而圖 1-13(d)中藍色箭頭所指人員為因為手持雨傘而導致偵測失誤，雨傘內部有兩位人員，但是經由頭部偵測演算法只偵測到一位。

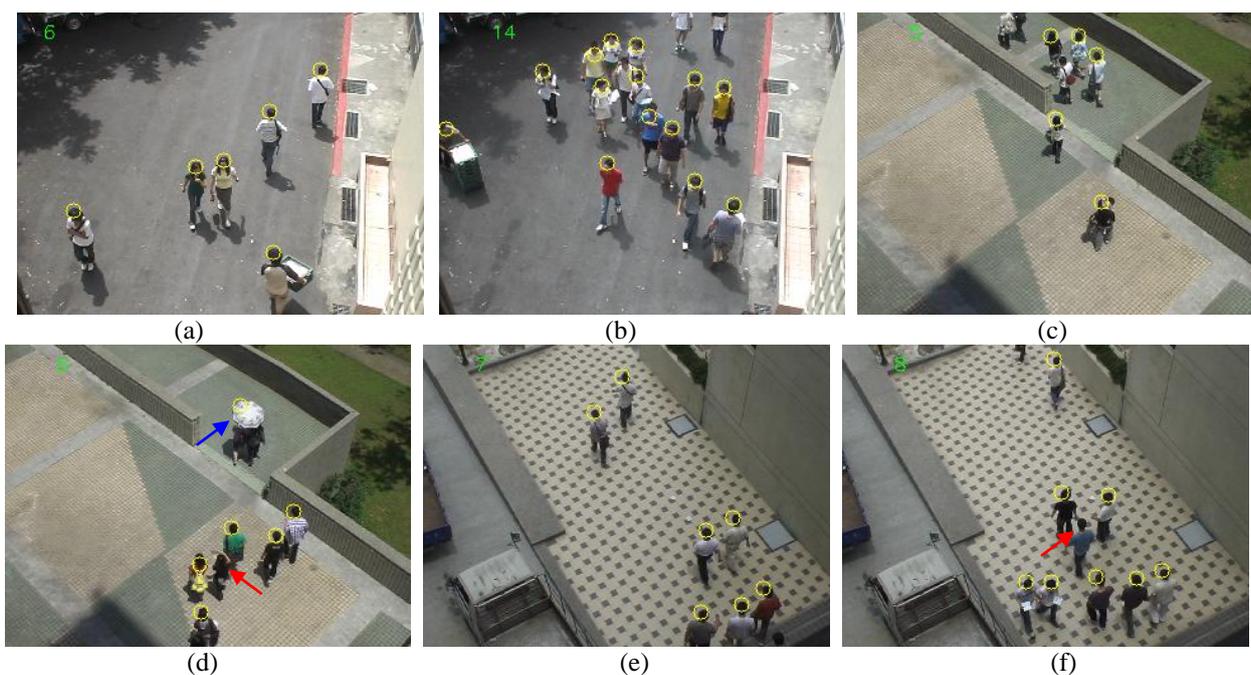


圖 1-13 不同場景中執行頭部偵測之結果。

1.5 參考文獻

- [1] P. Viola and M. J. Jones, "Robust real-time face detection," *International Journal of Computer Vision*, vol. 57, pp. 137-154, 2004.
- [2] B. Wu and R. Nevatia, "Detection and tracking of multiple, partially occluded humans by bayesian combination of edgelet based part detectors," *International Journal of Computer Vision*, vol. 75, pp. 247-266, 2007.
- [3] H. Yoon, D. Kim, S. Chi, and Y. Cho, "A robust human head detection method for human tracking," *IEEE Conference Intelligent Robots and Systems*, pp. 4558-4563, 2006.
- [4] T. Zhao and R. Nevatia, "Bayesian human segmentation in crowded situations," *IEEE Conference Computer Vision and Pattern Recognition*, vol. 2, pp. II - 459-66, 2003.
- [5] S. Birchfield, "An elliptical head tracker," *IEEE Conference Signals, Systems & Computers*, vol. 2, pp. 1710-1714, 1997.
- [6] Z. Zhang, H. Gunes, and M. Piccardi, "An accurate algorithm for head detection based on XYZ and HSV hair and skin color models," *International Conference on Image Processing*, pp. 1644 -1647, 2008.
- [7] S. S. Ghidary, Y. Nakata, T. Takamori, and M. Hattori, "Human detection and localization at indoor environment by homerobot," *IEEE International Conference Systems, Man, and Cybernetics*, vol. 2, pp. 1360-1365, 2000.

1.6 計畫成果自評

人物頭部偵測之結果雖然仍非完美，除了因人物頭部被遮蔽在人群內部或手持雨傘等因素而無法成功將人物頭部偵測出來外，基本上已經是可以接受的結果，大致上能初步提供給後續人員定位系統使用，未來可以針對不同的情形設計新的方法，進一步地提升其偵測效率。

主題二：基於影像特徵點定位之人員定位

2.1 研究目的

在電腦視覺領域中，以攝影機為基礎做物體追蹤與定位一直是個典型且重要的研究議題。此研究議題之所以典型在於物體追蹤與定位技術，在簡單的環境設定中，已有許多效能良好的技術被提出，例如靜態而簡單的背景、單一追蹤目標物、使用已校正的攝影機等。而此研究議題之所以重要在於一旦攝影機拍攝的是真實且複雜的場景，則諸多的變因，像是光線變化、人群遮蔽、場景變動快速等，將使得物體追蹤與定位問題變得複雜而難解。因此近年來視覺監控追蹤與定位的研究發展，多朝向將原本適用於簡單場景的技術，逐步擴展應用到真實而複雜環境中。

在追蹤的過程中常常會需要利用位置資訊，所以準確的定位可以幫助追蹤。因此我們實作一套基於電腦視覺的定位系統，該系統的運用到平面投影轉換關係和三維幾何關係，達成對影像中的目標物進行定位。由於我們的定位系統是以點做為定位目標(point-based)，因此只要存在目標點即可進行定位。至於目標點的選擇可以是立足點、頭部中心點等。

2.2 文獻探討

在[1]中，Mittal 和 Davis 提出以立體視覺(stereo vision)為基礎的多攝影機追蹤模式，用來追蹤人群，透過機率模型決定影像中的每個像素分別是屬於哪一個被追蹤人員；在[2]的方法中，則透過立體視覺資訊，進一步作空間中人物的定位與追蹤；對於[1, 2]的方法，由於需要攝影機之間事先進行校正，故在實際應用上較為不便。在[3, 4]的追蹤研究中，則提出以「頂視監控」的概念來進行人群追蹤；類似的頂視追蹤概念在[5, 6]中亦有探討，構想是基於影像與頂視面的 homographic transformation，在頂視面中估計人物腳點位置並進行多人追蹤的方法；在[7]中，則整合了攝影機資訊與地板感測器，作人員的定位與追蹤。不同於上述[3-7]的追蹤與定位研究，在此計畫中，我們非僅著眼於透過 homographic transformation 轉換，發展頂視平面的定位追蹤，更進一步將探討人頭大小在影像平面與三維模型的關係，以建構出人員位置、高度、頭形等三維資訊，作為三維空間中人員追蹤的依據。此外，延續我們過去發展的幾何計算誤差分析[8]和空間定位誤差分析[9, 10]研究，在此計畫中，我們亦將對上述的三維重建計算(如人員定位與頭部高度、大小等估計量)，作誤差分析研究，這樣的誤差分析結果，將成為多攝影資訊整合的重要依據，期望在多攝影機環境下，能夠有效整合不同攝影機的追蹤、定位差異，以得出更精確的定位、追蹤效果。

2.3 研究方法

我們進行影像特徵點定位時需要幾個已知條件，第一是知道真實空間中攝影機的中心位置資訊，第二是知道真實空間中目標點的高度資訊，第三則是預先計算好的單應性轉換矩陣(homographic matrix)用來將影像上的座標轉換到參考平面上。由於在估算真實空間目標點位置的過程中，我們會利用攝影機的中心位置和目標點的高度，因此在實作的方面，攝影機的中心位置與單應性轉換矩陣可藉由事先測量與計算得到；目標點的高度資訊，則可假設場景中有一道閘門，閘門上有高度資訊的刻度，當目標點進入場景時會先通過這道閘門，因此我們事先得到此目標點的高度資訊，在此我們用頭部中心點當作目標點。

有了這些資訊後，我們即可估算出真實空間中目標點的位置。如圖 2-1 所示，首先

我們在影像平面上取出目標點 P_{IP} ，再藉由單應性轉換矩陣 H ，將影像目標點投影到參考平面 π_1 上，即得到投影點 P_{RP} ，轉換關係如式子 2.1，其中 $P_{IP}=[u, v, 1]^T$ ， $[x, y]^T$ 則為真實空間中參考平面上的 X 座標和 Y 座標。接著算出參考平面投影點和攝影機中心點的三維連線 L 和 π_2 平面之方程式，其中 π_2 平面與 π_1 平面平行且平面高度等於目標點的高度。最後再計算出三維連線 L 與 π_2 的交點 P_{HP} ，此交點即為估算的定位結果。

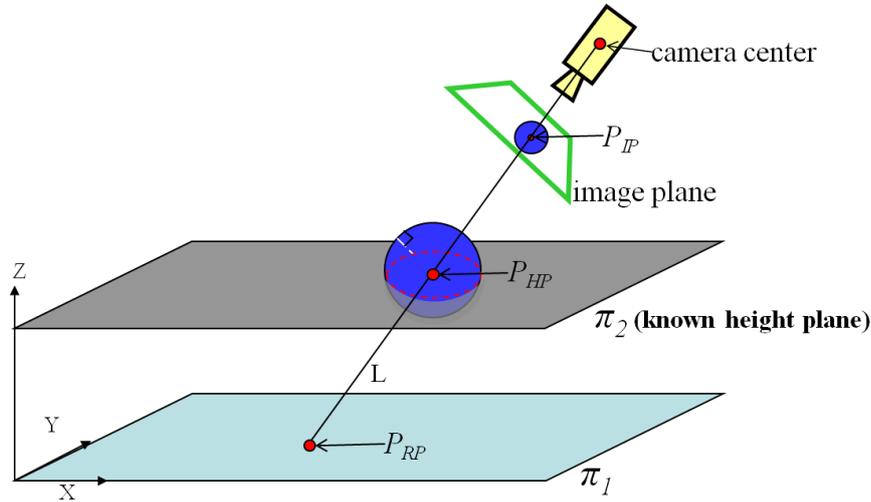
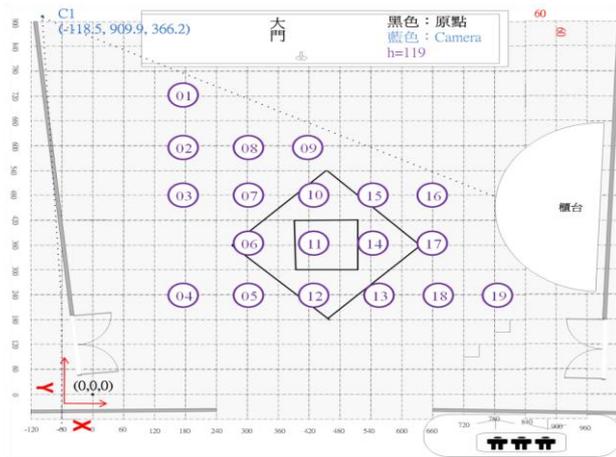


圖 2-1 單攝影機的定位示意圖。

$$H \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} sx \\ sy \\ s \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

2.4 研究結果與討論

如圖 2-2 所示，(a)為實驗場景的俯視圖，其中紫色圓圈為用來測量的目標點位置，共有 19 個位置；(b)為場景影像，其中黑色十字對應到(a)中之紫色圓圈內的虛線交叉點，紅色米字為我們選取的參考點，共有 5 個參考點。在此實驗場景中，我們將目標點設在地平面(參考平面)上，即目標點的高度平面等於參考平面。接著利用我們所提出的定位方法，估算出 19 個定位位置。圖 2-3 為定位結果，其中藍色點為估算出來的位置。整體平均誤差為 17.36 公分。



(a)



(b)

圖 2-2 實驗場景，(a)場景頂視圖，(b)場景影像。

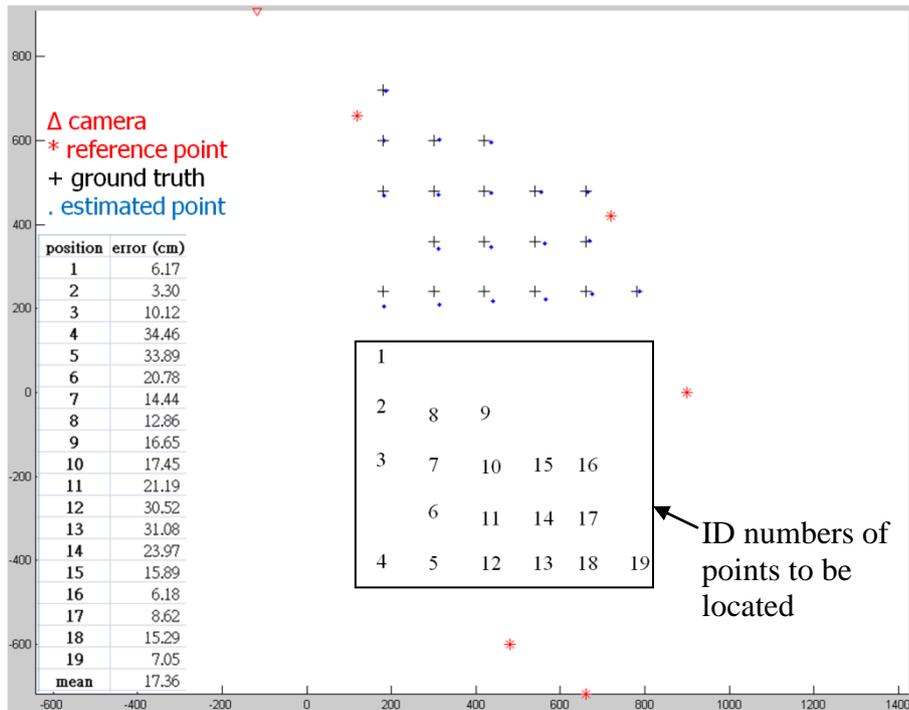


圖 2-3 實驗場景之定位結果。

由於攝影機和目標點皆靜止不動，並且我們設定目標點所在高度平面與參考平面相同，但是卻存在明顯的定位誤差，其誤差來源有徑向畸變誤差(radial distortion)、人為測量誤差和取像誤差，這些誤差將會導致定位的準確度下降。因此我們未來將對定位過程中可能的產生的誤差加以分析與改善，期望減少誤差對於定位的影響。

2.5 參考文獻

- [1] A. Mittal and L. S. Davis, "M2Tracker: a multi-view approach to segmenting and tracking people in a cluttered scene," *International Journal of Computer Vision*, vol. 51, no. 3, pp.189-203, 2003.
- [2] S. Bahadori, L. Iocchi, G. R. Leone, D. Nardi, and L. Scozzafava, "Real-time people localization and tracking through fixed stereo vision," *Applied Intelligence*, vol. 26, pp. 83-97, 2007.
- [3] T. Darrell, D. Demirdjian, N. Checka, and P. Felzenszwalb, "Plan-view trajectory estimation with dense stereo background models," *IEEE International Conference Computer Vision*, pp. 628-635, 2001.
- [4] S. V. Martnez, J. F. Knebel, and J. P. Thiran, "Multi-object tracking using the particle filter algorithm on the top-view plan," *European Signal Processing Conference*, 2004.
- [5] S. M. Khan and M. Shah, "A multiview approach to tracking people in crowded scenes using a planar homography constraint," *European Conference Computer Vision*, pp. 133-146, 2006.
- [6] R. Mieziako and D. Pokrajac, "Localization of detected objects in multi-camera network," *15th IEEE International Conference Image Processing*, pp. 2376-2379, 2008.
- [7] C. R. Yu, C. L. Wu, C. H. Lu, and L. C. Fu, "Human location via multi-cameras and floor sensors in smart home," *IEEE International Conference Systems, Man and Cybernetics*, pp. 3822-3827, 2006.
- [8] J. S. Liu and J. H. Chuang, "A geometry-based error estimation of cross-ratios," *Pattern Recognition*, vol. 35, pp. 155-167, 2002.
- [9] J. H. Chuang, J. H. Kao, H. H. Lin, and Y. T. Chiu, "Practical error analysis of cross-ratio-based planar localization," *IEEE Pacific Rim Symposium Image Video and Technology*, Santiago, Chile, 2007.
- [10] Y. T. Tsai, K. H. Lo, H. L. Huang, and J. H. Chuang, "Error analysis of a real-time vision-based pointing system," *International Computer Symposium*, pp. 202-206, 2008.

2.6 計畫成果自評

由實驗結果可以看出來我們所提出的定位方法確實可行，且只需經由簡單的事先校正就可以達成即時的定位。然而定位的結果仍有一些定位誤差。目前我們已著手分析這些誤差對於定位的影響。未來，我們希望能運用誤差分析的結果，更進一步的提升系統的定位穩定性與準確性。