

視覺式計人次暨性別辨識系統

林柏宏、謝禎罔

大同大學資訊工程系

cchsieh@ttu.edu.tw

wrlai@saturn.yzu.edu.tw

賴薇如

元智大學通訊工程系

rlai@yzu.edu.tw

在展覽會場或是購物中心，許多人會有一段時間在觀看廣告看板或是電視牆，廣告主認為觀看的人數是一項重要的資訊。在本論文中，我們設計出一個新的即時計人次系統，並可辨識潛在客戶性別。首先，我們利用 Adaboost 偵測人臉，再慮除非人臉或不是在觀賞廣告的人。為了精確算出觀看廣告看板的人流數目，我們擷取人臉、軀幹、與質量中心，將這些特徵存入資料庫做相似度比對。在資料庫更新上，我們採用 LRU 的機制，刪除不常使用的特徵資料。在性別辨識的功能上，我們擷取的辨識特徵主要為頭髮及人臉大小，計算比例，依此判斷目標是否為男或女。在實驗結果中，人數計次和男女辨識的準確率分別約為 94.1%和 95.5%，而執行效能在一個人電腦上可達 15~20fps。

關鍵詞：數位看板、人數計次、性別辨識、人臉偵測

一、簡介

近年來，全程數位化、網路化的視訊監控系統優勢愈發明顯，其高度的開放性、集成性和靈活性，為整個安全監控產業的發展提供了廣闊的發展空間，而智慧視訊監控則是網路化視訊監控領域最前端的應用模式之一。其中所提到的智慧視訊技術主要是指：“自動的分析和擷取視訊源中的關鍵資訊”。借助電腦強大的處理功能，對視訊畫面中的大量資料進行高速分析，過濾掉用戶不關心的資訊，為監控者提供有用的關鍵資訊。智慧視訊監控系統能夠識別不同的物體，發現監控畫面中的異常情況，並能夠以最快和最佳的方式發出警報和提供有用資訊，從而能夠更加有效地協助安全人員處理危機，並最大限度的降低誤報和漏報現象。

一些公共場合如火車站、購物中心等，人數計次的統計對於廣告主是一項重要的資訊。例如群眾會聚集在哪些地方或是哪些廣告較具有吸引力，都是廣告主迫切想要知道的資訊。並且透過男女辨識，更可以適時的優化廣告內容。人數計次的相關研究與應用已有多位學者提出，其中有基於人臉偵測的技術。但在計人次系統，如何

找到有效的特徵和做比對是一個難題，由於每個人的五官特徵大同小異，在遠距離下辨識度不足以採用，並且有時會因頭部的角度造成特徵差異性過大的問題，導致系統判斷錯誤。

本計畫的目標是提出利用人臉、軀幹和質量中心等特徵，在偵測到人臉後，利用這三種特徵做比對，大幅提高人數計次的準確率，減少因為目標物的擺頭、移動或是遮蔽的情況，發生人數計次的誤判。我們把重點集中在統計觀看電視牆或是數位看板的人數計次，以及性別辨識上。

二、文獻探討

在最近幾年有許多有關人數計次的研究文獻[1-4]，並且都是針對如何提升人數計次的準確度。大致上，有關人數計次的方法，我們需要分類物體，才知道哪些物體是我們想要的目標物體，大致上物體分類可以分為兩大類[5]：分別是人體偵測方法和特徵偵測方法。在人體偵測的方法上，一旦有人被偵測到，系統就會把此人算入總人數中。例如 Haritaoglu et al.[6]提出的 W4 系統，利用人型資訊辨別獨立的人數個體。而 Viola et al. [7]利用外觀和運動偵測行人。這兩種方法的主要缺陷是適應性太低，只能在某些場合下適用。在某些情況下，像是行人並肩走在一起或是彼此遮擋，這些方法在計人次上就會發生失誤的狀況。

Chen et al. [8]提出的應用於電子廣告看板的人數計次系統，首先利用 PCA(Principal Component Analysis)訓練系統分辨人臉和非人臉，當抽取軀幹特徵後使用 Distance Transform [9]分辨目標人物和資料庫中的資料是否相同，再利用 FLD(Fisher Linear Discriminant)機制濾掉非人臉並且沒在觀看數位廣告看板的人臉，更新資料庫的方法則是利用 FIFO 的機制。雖然他們的這種

方法可靠性有一定的水準，但是由於他們抽取的特徵只有軀幹特徵，當發生一堆穿制服的人在廣告看板前瀏覽的時候，他們的系統會將所有的人都認為是同一人，這時候準確率就會下降許多。並且當資料庫中的空間已滿，而且有新的人進入的時候，會將最早儲存的資訊刪除，再把新的目標人物存入資料庫，這樣的機制對於目前還在畫面中的人，但是卻把其特徵資訊刪除掉的機會非常大，因此對於人數計次的統計上，也會造成一定的誤差。彭振軒[10]提出的使用樣板比對做出入口行人數量統計，他們是將攝影機擺在上方由上往下拍攝，做法首先找出移動物體，並且利用連通元件濾掉雜訊並且面積過小的物體，抽取出邊緣偵測與資料庫中的資訊作模組比對確定目標是行人，利用行人的座標達到追蹤的功能，直到行人離開後，再將此人數加總。但是此方法對於我們的觀看廣告看板的人數計次系統下，由於他們是將攝影機由上往下擺設，所以在拍攝的時候並不知道是否真的觀看廣告看板，並且也不知道目前在畫面中的人是否已經重複過，這樣的話，觀看廣告看板的人數資訊就不準確也不可靠。

以上的這些方法，算出的人數數量相對於真正的人數只能是一個近似值，並且會造成部分誤差。但是對於觀看廣告看板的人數必須是一個與實際人數不會相差太大的統計數字。我們所提出抽取人臉、軀幹、質量中心特徵，相對於Chen et al. [8]只抽取軀幹特徵，我們更額外的利用人臉和質量中心特徵，讓人數計次更加準確，接著利用模組比對找出相似度，不會讓之前出現過的人，被重複計算到總人數中，而我們使用的LRU資料庫更新機制，會讓最久未被使用到的資訊刪除掉，由於資訊最久未被使用代表此人最有可能已經不在畫面中，因此與FIFO相比較之下，我們的機制比較可靠。更進一步地，我們還使用髮量多寡與人臉大小的比例判斷性別，藉以調查目前觀看的廣告是受到哪一種性別的青睞。

三、系統架構

在本篇論文中，我們提出了一個利用人臉、軀幹，質量中心特徵，LRU資料庫更新機制以達

到人數計次，並且可利用髮量和人臉大小的比例特徵辨識性別，圖(1) 是系統架構圖。首先，我們利用視訊擷取一連串序列的影像，再找出真正觀看電視牆或是數位看板的人臉，由於人臉偵測會意外地偵測到沒有真正觀看廣告的人臉資訊，因此我們加入了前處理，例如：膚色偵測、人臉尺寸和遮蔽判斷濾除非人臉的部分。然而只有人臉特徵，不足以作辨識的功能，我們還抽取了身體紋理和質量中心特徵將這三種特徵存入資料庫中。接著以LRU的方式更新資料庫的行人資訊，將最長時間未被使用到的資料刪除。為了不讓重複的人次出現，我們利用NCC((Normalized Cross Correlation) [11]特徵比對方法，找出最大相似度，達到行人辨識和追蹤的功能，最後輸出人數統計的資訊。而在男女辨識的功能上，我們採取了適應性髮色與膚色偵測，為的是要準確的找出頭髮與人臉的面積，再藉由髮量與人臉大小的比例判斷男女，最後再統計男女出現的次數。藉由我們擷取的人臉、質量中心和軀幹等特徵，系統可以有效的執行人數統計。利用頭髮與人臉大小相對的比例，可更進一步達到辨識性別的功能。

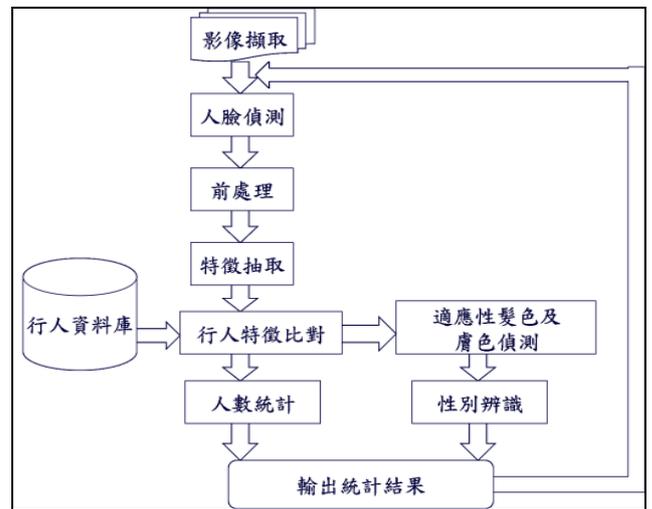


圖1. 系統架構圖。

四、前處理

本論文使用的人臉偵測技術是Viola and Jones 在2001年所提出[12]。他們提出了一種使用灰階圖形中的弱特徵來檢索人臉的方法。

Lienhart and Maydt [13] 於2002年對此方法改進，增加傾斜特徵的定義。並將此方法擴展到全旋轉縮放情況下的人臉偵測。此人臉偵測方法的特色就是使用黑白相間的特徵來尋找人臉的位置與大小，不同的人種或是膚色並不會影響偵測的結果。

但是在環境複雜的情況下，此種人臉偵測方法只要找到類似五官的黑白相間特徵，便會認定是張人臉，造成誤判的機率提高。為了讓我們的系統準確率提升，我們使用了以下三種前處理過濾掉不可靠的人臉。

(一) 臉部大小

為了統計觀看廣告看板的人數，觀看的人臉必須是完全面對著廣告看板。但是為了避免有人只是剛好走向廣告看板並且離廣告看板有一段很長的距離，系統就會認為此人並未觀看廣告看板。所以我們限制了人臉大小為0至80，目的是為了確定系統找到的是真正觀看廣告看板的人，以維持資料庫的可靠度。

(二) 膚色偵測

對於人臉偵測的功能，並沒有對於膚色有進一步的偵測，所以導致被偵測的人臉並不完全可靠，為了加強準確性，我們加入膚色偵測的功能，確定系統找出的人臉是一張有膚色並且符合五官特徵。在我們的系統中，我們首先將RGB空間轉換成YCbCr空間，轉換公式如式(1)

$$\begin{aligned} Y &= 0.299 * R + 0.587 * G + 0.114 * B \\ C_b &= 0.5 * B - 0.169 * R - 0.331 * G \\ C_r &= 0.5 * R - 0.419 * G + 0.081 * B \end{aligned} \quad (1)$$

由於膚色在YCbCr空間中有一個固定的區域分佈，如式(2)，當我們找到人臉後，我們會對找到的人臉區域做檢查，假設膚色的像素個數小於一個門檻值，系統便會認定找到的人臉是錯誤的。

$$Skin = \begin{cases} 77 < Cb < 127 \\ 137 < Cr < 173 \\ 190 < Cb + 0.6 * Cr < 215 \end{cases} \quad (2)$$

(三) 遮蔽判斷

架設攝影機於廣告看板上時，由於採取由上往下拍的角度，因此常常會發生某些人會被其他移動的人遮蔽住身體的情況發生，導致沒有足夠的特徵資訊，所以我們設定假如有遮蔽的情況發生，如圖(2)所示，並且此人是在觀看廣告看板的話，系統先將此人的臉特徵資訊存入資料庫，直到此人的遮蔽情況解除後，我們再將此人的身體特徵資訊和質量中心資訊存入資料庫，雖然這樣可能會比實際人數的總數少，但能避免人數異常增加的情況發生。



圖2. 遮蔽的情況。

五、特徵抽取與比對

(一) 臉部紋理

當完成人臉偵測以及前處理的步驟後，我們可以確定在畫面中找到的人臉，都是在觀看廣告看板，並且對它有興趣的人。我們擷取出人臉特徵並且存入資料庫中。為了找出精確的相似度，我們採用的方法是NCC比對方法，如式(3)所示， γ_1 是由NCC計算出來後的人臉特徵相似值。由於每一個人的人臉五官特徵基本上都大同小異，因此人臉的NCC特徵並不足以用來做辨識，所以我們還擷取了軀幹特徵以及質量中心作比對，並且對每一個特徵作加權比重的分配。在此系統中，因為人臉的NCC辨識度最低，因此在設定上，人臉的加權比重分配設定最小，圖(3)是擷取出來的人臉特徵。

$$\gamma_1 = \frac{\sum_{x,y} [f_i(x,y) - \bar{f}_i][f_j(x,y) - \bar{f}_j]}{\left(\sum_{x,y} [f_i(x,y) - \bar{f}_i]^2 \sum_{x,y} [f_j(x,y) - \bar{f}_j]^2 \right)^{0.5}} \quad (3)$$



圖3. 擷取的人臉特徵。

(二) 軀幹紋理

除了擷取的人臉特徵外，我們還擷取了軀幹特徵，這是因為人臉的辨識度太低，所以我們為了提升辨識率，因此必須擷取軀幹特徵彌補。由於每一個人穿著衣服都不一樣，所以我們認為軀幹是一個有效的特徵。我們擷取從脖子到腰部的範圍做比對，比對的方法如式(4)所示， γ_2 是由NCC計算出來後的軀幹特徵相似值。和人臉特徵一樣，作加權比重的分配，在此系統中，我們軀幹的比重設定最大。圖(4)是擷取出來的軀幹特徵。

$$\gamma_2 = \frac{\sum_{x,y} [t_i(x,y) - \bar{t}_i][t_j(x,y) - \bar{t}_j]}{\left(\sum_{x,y} [t_i(x,y) - \bar{t}_i]^2 \sum_{x,y} [t_j(x,y) - \bar{t}_j]^2 \right)^{0.5}} \quad (4)$$



圖4. 擷取的軀幹特徵。

(三) 質量中心

由於在廣告看板面前的人會經常移動，抽取特徵的時候，會造成特徵模糊的情況發生，並且引發系統誤判。所以，我們採用計算移動距離的方法，達到追蹤的功能，假設目前有某人在瀏覽廣告看板，系統會計算此人的臉、軀幹和質量中心的特徵，當此人揮動手臂或是任意移動時，

系統會馬上將此人的資料存入資料庫，但是在移動的時候，會造成特徵的模糊，而且造成辨識度不足的情形發生，因此我們利用計算質量中心的移動距離，彌補此種情況發生。假設目前此人的質量中心的移動距離小於一個門檻值，系統會認為目前移動的人和資料庫中的某一人是同一個人，並且刪除資料庫中舊有的資料。假如移動距離大於一個門檻值，系統就會認為此人是一個新的目標人物，並且把新的路人資訊存入資料庫中。

(四) 特徵比對

當系統擷取完三個特徵後，我們將人臉和軀幹特徵利用NCC做比對，產生 γ_1 及 γ_2 ，再來就是利用質量中心算出來的距離 d 。 $d=P1-P2$ ， $P1$ 和 $P2$ 代表個別物體的位置。如式(5)所示， S 代表相似度， W_i 是加權比重值。假如 S 大於一個門檻值，系統就會認為目前在影像中的目標，和資料庫中有最大相似度的是同一人，並且只要此人在影像中持續看著廣告看板一段時間，例如十秒，系統就會把此人加總到總人數，假如在資料庫中的人和影像中目標人物的相似度都小於門檻值，系統就會認為此人是一個新的目標人物，並且將此新目標人物的人臉、軀幹和質量中心存入資料庫。

$$S = W_1\gamma_1 + W_2\gamma_2 + W_3d \quad (5)$$

(五) 更新資料庫

在更新資料庫上，我們採取LRU(Least Recently Used)機制，當資料庫沒有多餘的欄位可以儲存新的目標人物資訊時，我們會將在資料庫中最久未被使用的資料欄位刪除，並且將新的目標人物資料儲存到此欄位中。因為我們認為未被使用的資料代表著某人已經離開畫面中很長一段時間，所以資料庫中的資料才會最久未被使用到。跟FIFO(First In First Out)的機制比起來，此機制會把最先儲存的資料優先刪除，這種機制只要畫面中的人超過設定的資料庫大小，便很有可能把還在畫面中的路人的資料刪除，而造成系統的誤算，以FIFO方式來更新資料庫統計出來的資料就不準確，而LRU的機制比較合理。

六、性別辨識

(一)適應性髮色偵測

以Adaboost偵測出的人臉，可先以一個矩形框住成為人臉區域，接著由人臉區域上方設定一小方框抽取出我們要的頭髮樣本，如圖(5)所示。

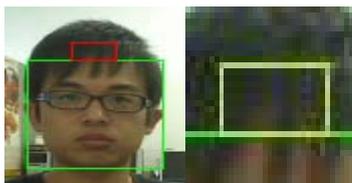


圖5. 人臉區域與頭髮採樣區域。

本論文使用YCbCr色彩空間，是因為頭髮色彩分析時，顏色資訊較為集中，並且比較不會受到光影的影響。對頭髮分別計算出YCbCr的平均值與標準差，如式(6)與(7)，其中 n 是頭髮區域的像素個數。計算出各別的平均值與標準差後，就可以訂定出個人的髮色區域模型。如式(8)~(10)。有了髮色的YCbCr上下邊界後，就可以分類每一個像素是否為髮色，髮色條件如式(11)，找出的頭髮部分如圖(6)。

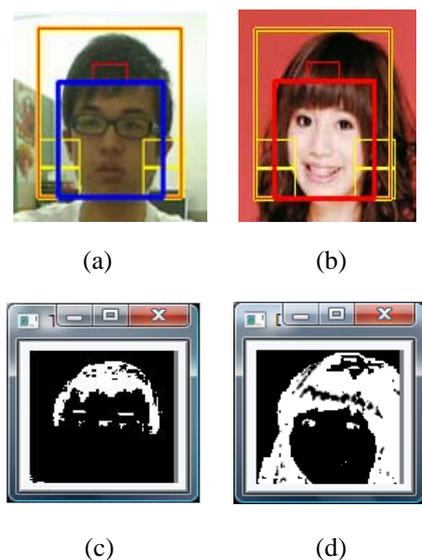


圖6. 利用適應性髮色找出的頭髮。

$$\mu_i = \frac{1}{n} \sum_{(x,y) \in Hair} I(x,y), i = Y, C_b, C_r \quad (6)$$

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{(x,y) \in Hair} (I(x,y) - \mu_i)^2}, i = Y, C_b, C_r \quad (7)$$

$$UBound_i = \mu_i + 3\sigma_i, i = Y, C_b, C_r \quad (8)$$

$$LBound_i = \mu_i - 3\sigma_i, i = Y, C_b, C_r \quad (9)$$

$$LBound_i < I(x,y)_i < UBound_i, i = Y, C_b, C_r \quad (10)$$

(二)適應性臉部膚色偵測

我們利用人臉偵測找出的人臉，並往人臉區域中間去抽膚色樣本，因為在這個區域，不會出現頭髮或是背景，因此擷取出的膚色就更準確，如圖(7)所示。

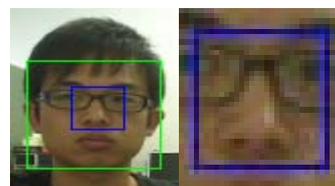
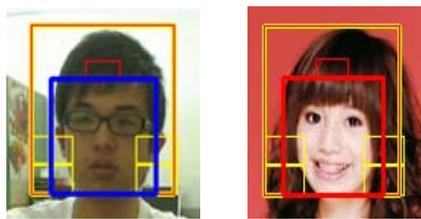


圖7. 人臉區域與膚色採樣區域。

同理，使用YCbCr空間是因為利用YCbCr分析時，顏色資訊較為集中，並且比較不會受到光影的影響。對臉部膚色分別計算出YCbCr平均值與標準差，如同式(6)與(7)。當有了臉部膚色區域後，利用抽取膚色樣本的YCbCr空間，計算出各別的平均值與標準差，訂出個人膚色的上下邊界，如同式(8)~(10)。有了膚色的色彩空間的上下邊界後，就可以分類每一個像素是否為膚色，臉部膚色條件如式(10)，以此方法找出的膚色比以往傳統的YCbCr找膚色方法更有彈性。利用我們的方法，可以適應更多人種的膚色，例如白人或是黑人等，也不怕光影的變化影響，找出的人臉膚色如圖(8)。



(a) (b)



(c) (d)

圖8. 適應性膚色找出的人臉區域。

(三)性別辨識

找出頭髮的區域與人臉的區域後，我們會算出目標人物的髮量有多少，並且將此人的臉面積算出，利用髮量與臉部的比例(H/F)去判斷性別，如式(11)。此外，再去找出目標人物的脖子兩邊的髮量($ROI_{u,b}$)，是否超過一個門檻值，有的話就判定為女生，反之則判斷為男生。

$$Gender = \begin{cases} Male & \text{if } (H/F) < T_1 \ \& \& \ (ROI_{u,b} < T_2) \\ Female & \text{if } (H/F) \geq T_1 \ \& \& \ (ROI_{u,b} \geq T_2) \\ Unknown & \text{if } (ROI_b \gg ROI_u) \end{cases} \quad (12)$$

如圖(9)所示，脖子兩頰邊的四個區域是我們用來判斷髮量的ROI，在這四個區域中，我們利用適應性髮色找出的頭髮髮量作為判斷男女的依據。除了髮量，我們還利用頭髮與人臉大小的比例做判斷。而在左右邊各取兩個區域，是為了去除在複雜背景下，假設找到的髮量是下方比上方多，代表受到背景顏色像髮色的情況發生。把這情況去除後，男女辨識的準確率又可以提升許多。

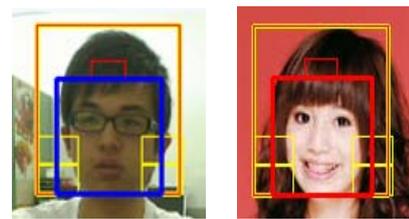


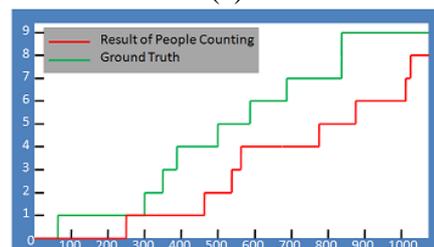
圖9. 男女辨識系統圖。

七、結果與討論

本系統使用桌上型電腦測試，CPU為AMD Phenom(TM) 9550 Quad-Core Processor 2.20 GHz，記憶體為2G Bytes。我們的系統執行時間約為15~20 fp/s，而在準確率上，以在南港世貿展覽館舉行的2009資安展，此系統現場測試，圖(10)(a)是系統執行的畫面。我們系統在人數計次上，由於多了人臉和質量中心，因此我們的人數計次準確率達到94.1%，而執行速度約20fp/s，相較於有些系統的1~5fp/s處理速度，我們的效率更快並且更準確。圖(10)(b)是人數計次的結果，綠色線段代表影片中實際的人數，而紅色線段代表我們系統統計出來的總人數，總人數在左上角顯示出來，在下方顯示出男女的個數。圖(11)是另一組實驗的結果，場景是在實驗室內，結果也符合實用。



(a)



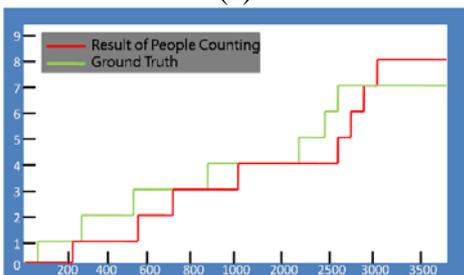
(b)

圖10. (a)展覽會場的系統畫面圖。(b)實際人數與計次人數統計圖。

由於現在的男女生，有時候連人都不太能辨識出來，像是中性化的女性，以及長的比較女性化的男性，和個子嬌小的男性，會造成系統上的誤判。但是把以上這些情況去除後，我們的系統男女辨識率能達到95.5%，表一是我們利用靜態圖片做出的結果。



(a)



(b)

圖11(a)實驗室內測試畫面。(b)實際人數與計次人數統計圖。

表1. 性別辨識的結果。

Gender	實際情況		性別辨識系統		辨識率
	男生	女生	男生	女生	
Total	25	20	27	18	95.5%

八、結論

本篇論文提出一個新的人數計次的方法，更進一步利用適應性髮色與膚色偵測找出頭髮部分與臉部膚色部分，利用髮量與人臉大小比例做男女辨識，並且應用於數位廣告看板上，適應性髮色偵測並不會只限制在找尋黑髮的範圍，更可以找出其他顏色的髮色。而適應性膚色偵測也可以利用來找出其他人種的膚色。系統開始先做人

臉偵測，再利用前處理過濾掉一些不可能的人臉資訊，當找到人臉資訊後，將人臉、軀幹和質量中心等特徵儲存到資料庫，最後做Template Matching以NCC計算出相似度，再將目前出現在畫面中的瀏覽看板的人數，和男女個數做一個統計。

除了人臉特徵，我們還抽取了軀幹及質量中心，原因是人臉的五官辨識度不足，但是使用軀幹與質量中心後，使得人數計次的統計更加準確。在適應性髮色與臉部膚色偵測下，我們辨識男女的功能可達到一定準確率，目前遇到的問題，是當在一個與髮色有相同顏色的背景下，以及短髮女生與長髮男生的例子，會造成系統上的誤判。未來我們希望能夠克服這一些情況，並且讓我們的性別辨識功能更加完善。

誌謝

本篇論文由國科會產學合作計畫補助，計畫編號為NSC 97-2622-E-036 -003 -CC3，贊助廠商為桓基科技。

參考文獻

- [1] C. C. Tsai, W. C. Cheng, J. S. Taur, and C. W. Tao, "Face Detection using eigenface and neural network," in *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, Oct. 8-11, Taipei, Taiwan, 2006.
- [2] Z. Liu and C. Liu, "A hybrid color and frequency features method for face recognition," *IEEE Trans. on Image Processing*, vol. 17, no. 10, Oct. 2008.
- [3] R. Vincenzo and U. Lisa, "An improvement of AdaBoost for face-detection with motion and color Information," in the 14th International Conference on Image Analysis and Processing, Sept. 10-14, pp. 518-523, 2007.
- [4] A. Senior, A. Hampapur, Y. L. Tian, L. Brown, S. Pankanti, and R. Bolle, "Appearance models for

- occlusion handling,” in Proceedings 2nd IEEE Int. Workshop on PETS, Kauai, Hawaii, USA, Dec. 9, 2001.
- [5] W. Hu, T. Tan, L. Wang, and S. Maybank, “A survey on visual surveillance of object motion and behavior,” *IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics-Part C: Applications and Reviews*, vol. 34, August 2004, pp. 334-352.
- [6] I. Haritaoglu, D. Harwood, and L. S. Davis, “W4: real-time surveillance of people and their activities”, *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, vol. 22, no.8, August 2000, pp. 809-830.
- [7] P. Viola, M. J. Jones, and D. Snow, “Detecting pedestrians using patterns of motion and appearance,” in *IEEE International Conference on Computer Vision*, vol. 2, pp. 734-741, October 2003.
- [8] D. Y. Chen, C. W. Su, Y. C. Zeng, S. W. Sun, W. R. Lai, and H. Y. M. Liao, “An online boosted people counting system for electronic advertising machines,” *Technical Report No. TR-IIS-08-009*, Academia Sinica, Taiwan, September 4, 2008.
- [9] G. Borgefors, “Distance transformations in digital images,” *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, vol. 34, issue 3, pp. 344–371, June 1986
- [10] 彭振軒, “使用樣板比對做進出口行人數量統計,” 國立中央大學資訊工程研究所碩士論文, June 2006。
- [11] B. Kai and D. H. Uwe, “Template matching using fast normalized cross correlation,” *Proceedings of SPIE-The International Society for Optical Engineering*, vol. 4387, pp. 95-102, 2001.
- [12] P. Viola and M. Jones, “Rapid object detection using a boosted cascade of simple features,” *Computer Vision and Pattern Recognition, in Proc. IEEE Computer Vision and Pattern Recognition*, vol.1, pp. 511-518, 2001.
- [13] R. Lienhart and J. Maydt, “An extended set of Haar-like features for rapid object detection,” in *IEEE International Conference on Image Processing*, vol. 1, pp. 900-903, Sep. 2002.