

基於 RFID 與視覺技術之出入口人員追蹤識別系統

陳又銘
朝陽科技大學
資訊工程系 碩士生
s10027601@cyut.edu.tw

廖琬洲
朝陽科技大學
資訊工程系 教授
hcliao@cyut.edu.tw

摘要

近年來，無線射頻辨識技術(RFID: Radio Frequency Identification)的應用已經非常普遍了，也有許多研究將 RFID 與視覺技術做結合，來擴展 RFID 技術的應用領域。本研究是針對配戴主動式 RFID Tag 通過出入口的情境下，提出一套方法來運用 Tag 的訊號強度(Radio Signal Strength Indication, RSSI)，可以結合攝影機的即時影像，達成物體的鎖定識別與追蹤的目標。

此研究中主要挑戰是 RSSI 訊號是非常不穩定的，而且不同的 Tag 其 RSSI 資訊有很大的差異。因此，方法的設計上首先將 RSSI 資訊利用卡爾曼濾波器來處理，讓訊號較為穩定，接著設計一個適應性的門檻值來決定是否要進行影像上物體的鎖定，鎖定過程中也依據 Tag 通過出入口的變化特性，設計了一個訊號衰減檢測機制來確認鎖定的目標是否有誤，發現鎖定錯誤的時候會重新進行鎖定的動作。最後，針對實作的雛形系統所做的實驗結果顯示，本研究所提出方法可以有效地克服 RSSI 訊號不穩定的問題，達成出入口人員進出鎖定識別與追蹤的目標。

關鍵詞：視覺追蹤、影像融合、室內定位、卡爾曼濾波器。

Abstract

Recently, the RFID (Radio Frequency Identification) technology is widely used in many areas. Some studies combine the RFID and visual techniques to extend the application domains. In this study, a method is proposed to locate, identify, and track persons with active RFID tag while they passing through an entrance.

The main challenge of this study is the unstable RSSI (Received Signal Strength Indication) values of an RFID tag. The RSSI information is also significant difference among tags. Firstly, a Kalman filter is used to smooth the received RSSI values. Then, an adaptive threshold of RSSI is designed. When the RSSI is

larger than the threshold, it triggers the locating of the target person on the image. However, the located target may be wrong since the locating process is triggered too early and another person is coincidentally passing the entrance. Therefore, an RSSI attenuation checking mechanism is designed based on the temporal features of the RSSI values while a person passing the entrance. The locating process will be restarted if the checking cannot pass. An experimental study is also designed to evaluate the performance of the proposed method. The results show that the implemented prototype based on the method can overcome the problem caused by the unstable RSSI values and achieve the purpose of this study to locate, identify, and track persons while they passing through the entrance.

Keywords: Visual Tracking, Image Fusion, Indoor Positioning, Kalman Filter.

1. 簡介

目前攝影機的架設可說是無所不在，特別是在人口稠密的都會區，而特定區域或者大樓的出入口更是必定會架設攝影機的地點，可以確實地監看進出的人員，然而對於進出人員的身份，單單依賴影像資訊並不足以識別該人員的身份，若是要透過影像辨識技術，如：人臉辨識，來進行身份識別的話，除了攝影機的鏡頭以及架設方式需要特別考量，以取得清晰正面之人臉影像，另外還需要部署運算設備或者資料庫儲存空間上的考量，更重要的是影像辨識容易受到環境因素的影響，如：光線亮度的變化，這導致這類影像處理技術不易運用於一般出入口來進行人員識別。

另一方面，RFID(無線射頻識別)技術已經普遍運用在各種環境中，透過 RFID 標籤來進行各種人員或者物體的識別與追蹤，如：機場行李、公司人員識別、醫院病患識別[7][8]等。RFID 除了可以進行身分辨識外，有許多研究已經將 RFID 應用在室內定位上[1][4]-[6]。一般在室內定位上，RFID 資訊用於定位的有：Time of Arrival (TOA)、Time Difference of

Arrival (TDOA)、RSSI (Received Signal Strength Indication) 與 Angle of Arrival (AOA) 等。其中，由於 RSSI 訊號強度會依據 RFID Tag 與 Reader 距離的遠近而有所變化，因此也成為室內定位的重要資訊[1]，一般主動式的 RFID Tag 其訊號發送距離可以達到 100 公尺左右。不過，僅僅感應 RFID Tag 的訊號強度，無法與實際的攝影機影像畫面上的移動物體互相對應，似乎也無法有效地針對個別使用者提供服務。

基於上述在實際環境下透過影像來進行人員識別上的問題以及 RFID 技術與攝影機影像上移動物體之間對應上的需求，本論文中提出一套以 RFID 以及視覺技術為基礎的人員追蹤與識別系統，可以結合 RFID 與視覺技術的優點並克服彼此的缺點，藉此達成出入口人員的識別與追蹤。因此，當某一特定人員配戴之 RFID Tag 的 RSSI 訊號靠近出入口時，系統會透過影像技術來偵測出入口兩側攝影機影像上的移動物體，以確認人員是進入或者離開的狀況，接著一旦 RSSI 訊號強度超過某一適應性的門檻值，則代表該人員正通過該出入口，屆時就會透過影像來確認並進行持續的視覺追蹤。後續章節將逐一說明本論文提出系統的運作方法，實作的雛形系統展示以及實驗結果。

2. 相關研究

圖形識別技術一直是視訊監視系統相關應用發展的重點，因為可以透過這些技術從影像中獲得所需資訊，並且根據這些資訊來提供適合的服務，如：常見的移動物體追蹤、人臉辨識等。而如何將 RFID 技術與視覺追蹤技術做有效的結合，則是一個新的挑戰。

RFID 技術常應用於貨物追蹤管理[9]、醫療照護[7][8]與室內定位[4-6]等。而在室內定位方面，由於主動式 RFID 的訊號範圍雖然很廣泛，但其訊號卻容易受到環境的干擾，造成訊號的不穩定，因此，Bekkali 等人為了要穩定 RFID Tag 的 RSSI 訊號強度的變化以利於室內定位，而使用了卡爾曼濾波器 (Kalman Filter)[11]。

為了克服 RFID 在室內定位上準確度不足的瓶頸，有學者將視覺技術與 RFID 做結合 [1][3]，利用移動物體偵測技術，將所偵測到的移動物體，用於輔助室內定位的結果，也可以進行人員的追蹤，但是主要限定於一個特定空

間中，除了要配置多台 RFID 的 Reader 之外，RFID 訊號的強度也需要經過紀錄與學習，才能用於該空間的定位上面，這限制了這類技術應用到實際環境下的可能性。另外，Isasi 等人則是將 RFID 設置於入口處並搭配攝影機，如果視覺偵測到的移動物體，與感應到的 Tag 數目不同，那其中沒有 RFID 資訊的移動物體，就有可能是入侵者，需要利用多攝影機的視覺追蹤技術，來對入侵者進行持續的追蹤[2]。

在本研究中所提出的系統則是針對實際環境下一般大樓的出入口，假設同時通過出入口的人數較少的情況，利用人員配戴之 RFID Tag 的 RSSI 資訊，可以偵測是否有人員靠近出入口，接著利用視覺追蹤技術來針對並通過出入口的目標進行鎖定與追蹤。透過有效地結合 RFID 以及視覺資訊，可以達成人員識別與追蹤的功能，後續透過人員的識別資訊可以容易地進行影片檢索。

3. 方法

為了運用 RFID 與視覺資訊來達成出入口人員的追蹤與識別，本論文提出之系統的運作流程如圖 1 所示，主要分為三個階段：物體偵測階段、RSSI 偵測階段以及視覺追蹤階段。在物體偵測階段，會針對每一張即時影像來持續更新一個高斯混合模型 (Gaussian mixture mode, GMM)[10]來作為背景影像，接著進行背景相減法，並利用影像型態學的膨脹與侵蝕運算，來進行前景物體的偵測。接著，在 RSSI 偵測階段，系統會針對接收到之 RFID Tag 的訊號，先確認是否為新的 Tag，新 Tag 會建立其對應的相關資訊，接著利用卡爾曼濾波器來對 RSSI 訊號強度進行濾波，為了鎖定通過出入口的目標，影像上面會設定一個偵測線，來作為物體進入出入口的事件觸發，如圖 2(a)所示，當接收到某個 RFID Tag 的 RSSI 數值大於該 Tag 對應的門檻值，且影像中有物體位於出入口的偵測線前，則系統就會鎖定該目標，並且視覺追蹤以及攝影機換手(handoff)的動作。當切換到第二支攝影機的畫面時，系統一樣會根據預設的通過線如圖 2(b)所示，來進行換手後的目標鎖定以及持續視覺追蹤，直到目標離開可視範圍(FOV)，如圖 2(c)所示。

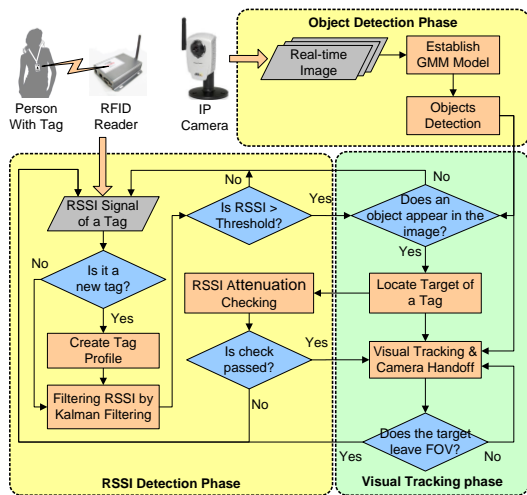


圖 1：系統運作流程圖

由於配戴 RFID Tag 的對象，很有可能跟其他 Tag 的配戴者或普通的行人，以一前一後的方式進入出入口，如果只是單純的用一个門檻值，來過濾出配戴者，很容易鎖定到錯誤的目標。因此，我們在 RSSI 偵測階段中有設計一套 RSSI 衰減檢測 (RSSI Attenuation Checking) 的步驟，由於通過出入口後，Tag 的訊號應該會有持續衰減的現象，若是鎖定對象後，其 Tag 的 RSSI 數值沒有這樣的現象，表示鎖定錯誤，這時系統就會從換手後的攝影機回到原來的攝影機，來重新鎖定目標。

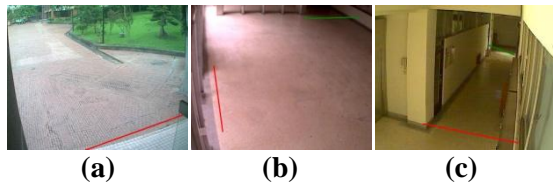


圖 2：系統預設進出的偵測線(a)(b)(c)分別為三台不同攝影機的畫面

下面依序說明這三個階段中重要步驟的原理與方法：

3.1 前景物體偵測

在前景物體偵測方面，首先利用 GMM 來建立背景影像，如圖 3(a)所示，針對每一張即時影像 (圖 3(b))，利用背景相減法來偵測出前景物體，並且經過灰階與二值化的處理，其結果如圖 3(c)所示，仍有很多雜訊或者物體破碎的情形，這時利用中值濾波、膨脹與侵蝕等動作，來去除雜訊並產生完整的前景物體，如圖 3(d)所示。

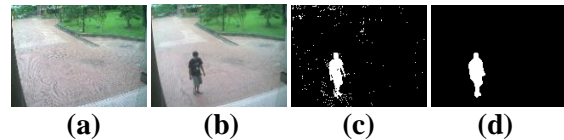


圖 3：前景物體偵測(a)背景 GMM 影像 (b)即時影像(c)背景相減 (d)前景物體

3.2 RSSI 訊號分析與門檻值的確立

由於 RFID Reader 所接收到的 RSSI 數值會因為一些外在的因素，如：溼度、訊號反射的多重傳遞路徑等，造成訊號的不穩定。圖 4(a)為某一段時間的 RSSI 數值，可以看到訊號上下跳動的幅度非常的大。為了穩定訊號的變化，這邊使用卡爾曼濾波器(Kalman Filter)，透過圖 4(b)的處理結果可以看到訊號變動的波幅較為穩定，有助於提高後續運用 RSSI 數值進行人員出入判別的可靠性。

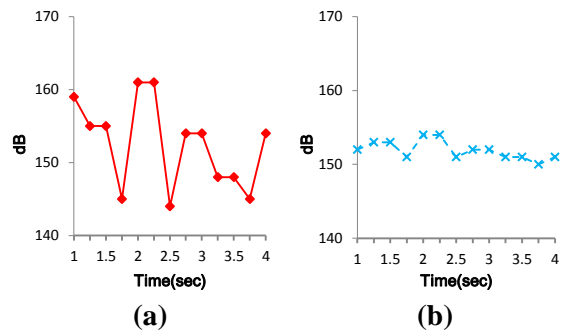


圖 4：RSSI 數值經卡爾曼濾波前後的比較 (a)濾波前(b)濾波後

進一步地，為了瞭解配戴 RFID Tag 的人員經過出入口時，其訊號強度的變化。我們安排了兩位測試人員，分別配戴編號不同的主動式 RFID Tag，其型號為 SYTAG245-2K，通訊距離最遠可以達到 90 公尺，卡號為 181 與 184。其 Tag 如同一般公司員工一樣吊掛在胸前，如圖 5(a)所示，RFID Reader 則是設置在門口旁如圖 5(b)所示。我們總共進行 12 次的量測，同步將 RSSI 的數值與即時影像錄製下來。前 4 次的量測，為單一人員進出的狀況，亦即兩位人員分別進行兩次的進出。而後八次的實驗，為兩位人員以一前一後的方式進入出口，一個同步錄製的範例如圖 6 所示。圖 6(a)~(d)是進入過程的即時影像，而圖 6(e)中紅色虛線圓圈則是這四個影像對應的 RSSI 數值。



圖 5：RFID Tag 與 Reader 配置的位置(a)Tag 配戴的情形(b)Reader 設置的位置

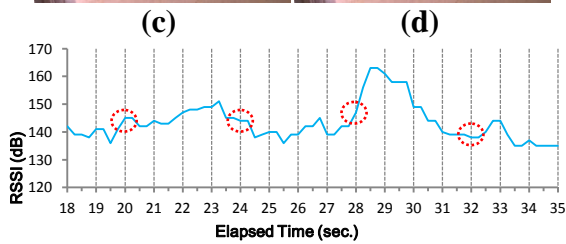


圖 6：RSSI 訊號與標籤配戴者所在位置的對照圖(a)(b)(c)(d)標籤配戴者所在的位置(e)所對應的 RSSI 訊號

由於人員通過出入口的時候，距離 RFID Reader 的距離最短，所以 RSSI 的數值應該最大，因此透過錄製的即時影像可以確認測試人員進入的畫面與時間點，如圖 7 所示，其對應的 RSSI 數值如表 1 所示，所以為了判斷人員是否正要通過出入口，其 RSSI 訊號強度應該會大於某個門檻值來觸發影像偵測的動作。所以，門檻值會參考表 1 的 RSSI 數據，這裡將這些數值計算平均值以及標準差之後得到

表 2 的結果。從

表 2 中可以看到，不同的 Tag 其 RSSI 的平均值會有很大的差值，而且隨著 Tag 上電力的消耗，RSSI 訊號強度也會隨著使用時間的長短而逐漸降低。因此，在方法的設計上會針對

不同的 Tag 記錄不同的門檻值，並且設計一個門檻值自動調整的機制。

另外，同一 Tag 通過出入口的時候，其 RSSI 數值是無法達到上述的平均值，因此，我們會參考其標準差的大小來進行門檻值的調降，以確保可以觸發影像追蹤的動作。透過平均值以及標準差的資訊來建構一個高斯分佈的圖形如圖 8 所示。為了確保人員通過出入口可以確實透過 RSSI 的訊號來觸發影像偵測與追蹤的機制，以確保可以達成系統的目標。所以，目前考量以兩倍標準差來進行調降，也就是大約會有 97.8% 的數值會落在分佈在範圍內。



圖 7：配戴者進入門口前的示意圖

表 1：測試人員正要進入出入口的 RSSI 數值(a) 實驗 1~6(b)實驗 7~12

ID	Data	Test Cases					
		C1	C2	C3	C4	C5	C6
181	RSSI	135	144			148	145
184				158	160	157	155
ID	Data	Test Cases					
		C7	C8	C9	C10	C11	C12
181	RSSI	139	139	145	148	149	140
184		151	146	169	164	153	163

表 2：根據數據所統計出來的平均值與標準差

ID	Data	Average	Sigma
181	RSSI	143	4
184		158	6

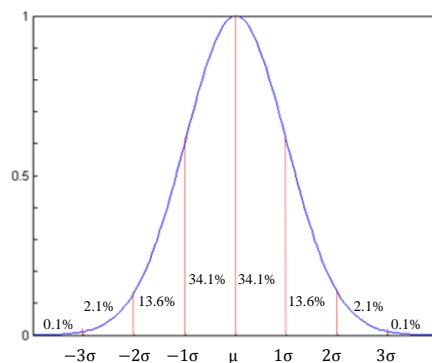


圖 8：高斯的機率分佈

3.2 訊號衰減檢測機制

在前面的步驟中偵測 RSSI 的數值，當低於某個門檻值的時候，來進行即時影像上物體的鎖定，但是很可能由於在真正的目標前面可能還有其他的人也是要通過出入口，由於 RSSI 訊號的震盪，使得訊號提早超過該臨界值，這也連帶地使得系統鎖定到錯誤的目標。為了解決這樣的問題，這裡設計了一個機制來確認鎖定的目標與 Tag 是同一個人。

首先還是觀察配戴 RFID Tag 的人員經過出入口的過程中 RSSI 訊號的變化，如圖 9 所示，圖中有特別標示紅色虛線圓圈的地方，是該人員正要進入時的 RSSI 訊號，可以從圖中看到該人員在進入前 RSSI 訊號的上升幅度並不會特別大，經過一小段時間，才会有明顯的上升。並且，在人員遠離出入口時，RSSI 訊號就會有明顯的下降。

這裡利用上述訊號變化的過程所設計的檢測機制如圖 10 所示。當系統鎖定某個目標後，會經過一段等待時間(Wait Time)，在這段時間裡，系統會記錄最大的訊號強度值(MaxValue)，以及等待時間後的訊號強度值(NowValue)，來進行差值計算(diffValue)，當該差值大於某個門檻值，就表示這個 RSSI 訊號確實符合通過出入口的變化過程；否則就表示目前鎖定的目標是錯誤的，系統會回到 RSSI 偵測階段，來嘗試重新鎖定另一個目標。

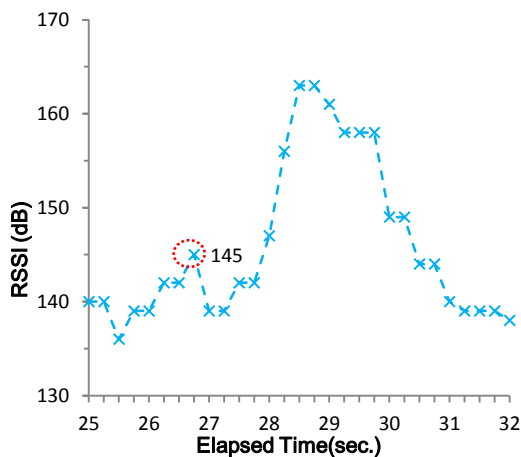


圖 9：人員進入過程 RSSI 訊號的變化

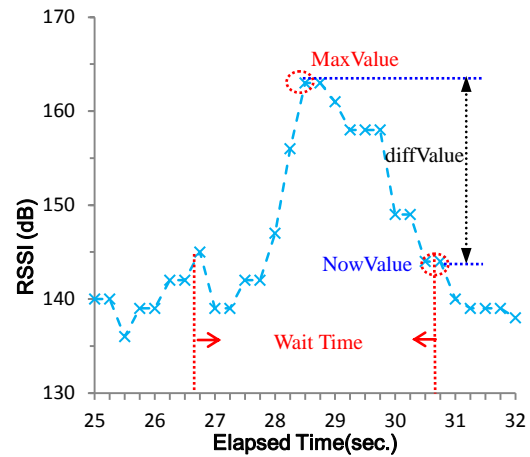


圖 10：訊號衰減檢測機制

為了決定等待時間的長度，先將計算人員站在門口後，經過多少時間間隔其 RSSI 訊號才會上升到最大值的時間設為 T1。在經過 T1 的時間後，到訊號出現明顯衰減需要多少時間設為 T2。根據 T1 與 T2 的長度，來決定最後的等待時間。

這裡針對這 12 個測試案例，其 RSSI 訊號需要多少時間才會上升到最大值，統計結果如表 3 所示，T1 取最長的間隔時間為 3 秒。

經過 T1 的時間後，需要經過多久時間，訊號才會出現明顯的衰減，這裡同樣以 12 個測試案例來進行計算，統計結果如

表 4 與

表 5 所示。從

表 4 中可以看出，如果衰減時間 T2 取 1 秒，那麼在測試案例 C7 與 C12 中，編號 181 的衰減幅度 diffValue 會顯得非常的不明顯。如果將衰減時間 T2 改為 2 秒如

表 5 所示，其衰減的幅度就明顯很多，所以衰減時間 T2 選擇 2 秒會較為適當。而訊號衰減 diffValue 的門檻值，就針對不同的卡號，分別從該表中最小的 diffValue 來作為門檻值。

所以，我們取 5 秒 (T1+T2) 來作為 RSSI 訊號衰減的檢測時間。因此，這裡選擇的 Wait Time 以及 diffValue 的門檻值，最後如表 6 所列。

表 3：12 個測試案例的 T1 時間統計表

ID	Data	Experiment Case					
		C1	C2	C3	C4	C5	C6
181	Wait	0.7	0			2.1	1.9
184	Time			0	0	0.4	0.3
ID	Data	Experiment Case					

		C7	C8	C9	C10	C11	C12
181	Wait	3	2.3	1.1	0.7	1.9	2.7
184	Time	0.3	0.3	0	0	1.5	0

表 4：測試案例的 diffValue 統計表(T2=1s)

ID	Data	Test Cases					
		C1	C2	C3	C4	C5	C6
181	MaxV	146	144			160	163
	NowV	133	129			141	140
	diffV	13	15			19	23
184	MaxV			158	160	159	160
	NowV			134	129	142	143
	diffV			24	31	17	17
ID	Data	Test Cases					
		C7	C8	C9	C10	C11	C12
181	MaxV	156	157	151	160	163	150
	NowV	155	145	147	139	134	149
	diffV	1	12	4	21	29	1
184	MaxV	156	149	169	164	161	163
	NowV	133	133	141	135	139	133
	diffV	23	16	28	29	22	30

表 5：測試案例的 diffValue 統計表(T2=2s)

ID	Data	Test Cases					
		C1	C2	C3	C4	C5	C6
181	MaxV	146	144			160	163
	NowV	127	128			135	144
	diffV	19	16			25	19
184	MaxV			158	160	159	160
	NowV			130	136	133	139
	diffV			28	24	26	21
ID	Data	Test Cases					
		C7	C8	C9	C10	C11	C12
181	MaxV	156	157	151	160	163	150
	NowV	146	139	140	128	131	143
	diffV	10	18	11	32	32	7
184	MaxV	156	149	169	164	161	163
	NowV	122	130	141	126	132	136
	diffV	34	19	28	38	29	27

表 6：Wait Time 與 diffValue 門檻值的總結

ID	Wait Time	diffValue
181	5s	7
184		19

4. 實驗分析

為了確認本論文提出方法是否有效，這裡實作了一個雛形系統並且透過實驗分析方式來進行評估，其實驗環境如圖 11 所示，預期系統可以從圖 11 (a)的畫面中，鎖定要進入出入口並配戴 RFID Tag 的人員，鎖定成功後會隨著人員移動來進行攝影機換手的動作，並且透過視覺追蹤的方法，來達成持續追蹤的目標，

直到目標從圖 11 (c)的出口離開為止。



(a) (b) (c)

圖 11：實驗環境(a)(b)(c)分別為從第一支攝影機到第三支攝影機的畫面

4.1 系統展示

這裡使用 Visual Studio 2008 開發一個雛形系統以實現本論文提出的出入口人員追蹤識別系統，執行畫面如圖 12 所示。畫面左上方的紅色方框是攝影機的即時影像，會根據鎖定目標的所在位置，來切換到相對應的攝影機。畫面右邊的綠色方框則是檢視 GMM 背景模型或是移動物體追蹤的樣版(template)。畫面左下方的藍色方框中，則是顯示所接收到的 RFID Tag 資訊，包含：接收時間、RSSI 數值等。在藍色方框下方則是顯示不同卡號標籤的追蹤門檻值、標準差與標準差的倍率。

這裡使用一個例子來說明訊號衰減檢測機制如何克服人員鎖定錯誤的問題，例子如圖 13 所示。假設有兩位人員一前一後準備通過出入口（前面是編號 184，後面是編號 181），圖 13(a)為人員進入前的影像。雖然這兩位人員之間有一小段距離的間隔，但是因為兩個 Tag 的 RSSI 訊號幾乎都在同時大於對應的臨界值，因此幾乎同時啟動了鎖定目標物體的動作，導致不同 Tag 鎖定到相同物體的狀況發生，如圖 13(b)(c)所示，點選不同的 Tag 卻顯示同一個前景物體。不過，透過訊號衰減檢測機制，系統就可以發現 181 這個 Tag 的 RSSI 訊號沒有衰減，所以判定是鎖定錯誤的目標，因此在圖 13(d)中，系統會自動將畫面切換回第一台攝影機上，等待新的鎖定事件被觸發。圖 13(e)(f)為後續兩位人員分別被成功鎖定與追蹤之後，使用者可以點選不同的 Tag 編號，系統會顯示該 Tag 對應人員的即時影像。

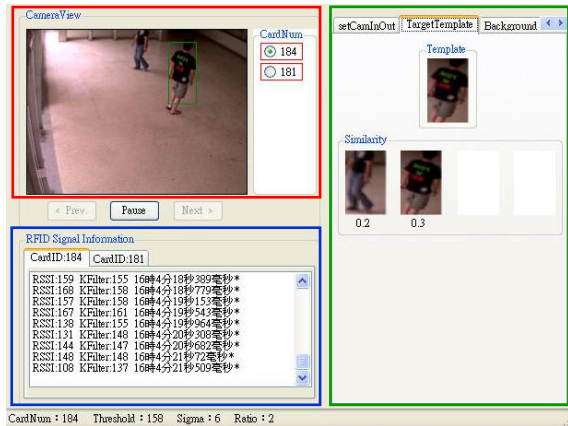


圖 12：雛形系統的執行畫面



圖 13：兩位配戴 Tag 人員前後通過出入口的追蹤範例(a)通過前(b)(c)不同 Tag 對應到相同的人員(d)透過訊號衰減檢測機制排除(e)(f)點選不同 Tag 顯示對應人員的所在位置

4.2 實驗分析

實驗分析部分是利用先前錄製的 12 個測試案例，並且分析兩個因素對於人員追蹤識別成功率的影响：一是分析不同倍率之標準差的門檻值對於鎖定成功率的影响；二是分析訊號衰減檢測機制對於成功率的影响。另外，對於實驗結果方面也定義了下面幾種狀況，以符號表示如下：

- T：成功鎖定目標
- F：鎖定到錯誤的目標

- N：訊號強度值無法超過門檻值來啟動前景物體鎖定的動作
- S：原本鎖定失敗，但是經訊號衰減檢測之後，可以重新成功地鎖定目標

針對不同標準差下所設定的門檻值，其鎖定成功率的實驗結果如表 7 所示，從表中看到，如果只有減去一倍標準差來設定門檻值，會有 3 次為 N，表示 RSSI 數值無法超過門檻值，導致無法進行後續的鎖定與追蹤的動作。但是使用兩倍標準差來設定門檻值的話，雖然不會有 N 的情況，但從表中可以明顯發現，鎖定到錯誤目標(F)的次數從一倍的 2 次變成 5 次，這是因為門檻值較低，導致人員還沒有到達出入口前，就提早啟動鎖定機制而鎖定錯誤，因此不管是一倍或者兩倍標準差，其鎖定成功率都是 75%。

所以，接著針對兩倍標準差的情況，將訊號衰減檢測機制加入運作流程中，實驗結果如

表 8 所示，結果顯示該機制可以有效地將鎖定錯誤檢測出來並重新鎖定正確目標，確實針對出入口人員進出的情況，達成人員鎖定、識別與追蹤的目標。

表 7：不同倍率標準差之門檻值的鎖定成功率

ID	Sigma	Test Cases					
		C1	C2	C3	C4	C5	C6
181	1x	N	T	/		T	T
184		/				T	T
181	2x			T	T	/	
184		/		T	T		
ID	Sigma			Test Cases			
		C7	C8	C9	C10	C11	C12
181	1x	T	T	T	F	F	T
184		N	N	T	T	T	T
181	2x	F	F	T	F	F	T
184		T	T	T	T	T	T
1x		Overall= T/(T+N+F)=15/20=75%					
2x		Overall= T/(T+N+F)=15/20=75%					

表 8：兩倍標準差之門檻值並加入訊號衰減檢測機制後的鎖定成功率

ID	Test Cases					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
181	T	T	/		T	T
184	/				T	T
ID			Test Cases			
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
181	S	S	T	S	S	T
184	T	T	T	T	T	T
Overall= (T+S)/(T+N+F+S)=100%						

5. 結論

本研究中針對一般同時進出人數較少的出入口，提出一個結合 RFID Tag 的 RSSI 訊號與視覺追蹤技術，達成人員鎖定與追蹤的目標，而且實驗結果顯示所提出的方法，確實可以利用 RFID Tag 的 RSSI 資訊來鎖定影像中對應 Tag 的配戴人員，並且進行多攝影機的持續追蹤。

而方法的設計上面，也可以因應不同 Tag 的強度不一，依據最近幾次的 RSSI 最大值的平均，配合兩倍的標準差來調降啟動影像鎖定步驟的門檻值。另外也針對可能鎖定錯誤的情形，這裡也提出一個訊號衰減檢測機制可以用來重新鎖定正確的目標。後續可以針對實際應用環境下多人進出的情形來進一步確認方法的實用性。

致謝

本論文由國科會計畫(編號 NSC 99-2632-E-324-001-MY3)的經費支持下得以順利完成，特此致謝。

參考文獻

- [1] C. S. Wang and L. C. Cheng, "RFID & vision based indoor positioning and identification system," *Proceedings of the 2011 IEEL 3rd International Conference on Communication Software and Networks (ICCSN)*, Xi'an, 27-29 May 2011, pp. 506 – 510.
- [2] A. Isasi, S. Rodriguez, J. L. D. Armentia and A. Villodas, "Location, tracking and identification with RFID and vision data fusion", *Proceedings of the 2010 European Workshop on Smart Objects: Systems, Technologies and Applications (RFID Sys Tech)*, Ciudad, Spain, 15-16 June 2010, pp. 1-6.
- [3] C. S. Wang and C. C. Chen "Flexible Localization and Identification System Based on RFID and Vision Tracking Technologies", *Proceedings of the 2011 International Symposium on Computer Science and Society (ISCCS)*, Kota Kinabalu, 16-17 July 2011, pp. 356-360.
- [4] C. S. Wang, C. H. Huang, Y. S. Chen and L. J. Zheng, "An implementation of positioning system in indoor environment based on active RFID," *Proceedings of the 2009 Joint Conferences on Pervasive Computing (JCPC)*, Tamsui, Taipei, 3-5 Dec. 2009, pp. 71-76.
- [5] S. H. Cheng, "An indoor positioning system based on active RFID in conjunction with Bayesian network," *Proceedings of the 2011 International Conference on Machine Learning and Cybernetics (ICMLC)*, Guilin, 10-13 July 2011, vol. 1, pp. 386-390.
- [6] R. Tesoriero, J. Gallud, M. Lozano and V. Penichet, "Using active and passive RFID technology to support indoor location-aware systems," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 54, no. 2, 2008, pp. 578-583.
- [7] A. Sani, M. Rajab, R. Foster and Y. Hao, "Antennas and Propagation of Implanted RFIDs for Pervasive Healthcare Applications," *Proceedings of the IEEE*, vol. 98, no. 9, 2010, pp. 1648-1655.
- [8] G.B. Gentili, F. Dori and E. Iadanza, "Dual-frequency active RFID solution for tracking patients in a children's hospital. Design method, test procedure, risk analysis, and technical solution," *Proceedings of the IEEE*, vol. 98, no. 9, 2010, pp. 1656-1662.
- [9] R. Weinstein, "RFID: a technical overview and its application to the enterprise," *IT Professional*, vol. 7, no. 3, 2005, pp. 27-33.
- [10] C. Stauffer and W.E.L. Grimson, "Adaptive background mixture models for real-time tracking," *Proceedings of the 1999 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, vol. 2, Fort Collins, CO, 23-25 Jun 1999, pp. 246-252.
- [11] A. Bekkali and H. Sanson, M. Matsumoto, "RFID Indoor Positioning Based on Probabilistic RFID Map and Kalman Filtering," *Proceedings of the Third IEEE International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMOB 2007)*, White Plains, NY, 8-10 Oct. 2007, pp. 21-27.