

災害偵察機器人遠距無線傳輸和強健影像捕抓技術之開發

林宜賢、黃新賢

正修科技大學電子工程系

摘要

近幾年來世界各地紛紛傳出恐怖攻擊事件與天災人禍等重大災難，所以各國政府積極的推動反恐的政策以及各項與災害處理有關措施。尤其災難後的救援一直為世界各國所重視，特別是在極短時間內快速進行的救援工作，更是影響受難人員生存的關鍵。在災難中，各類偵測、防爆、災害處理機器人的使用，減少不少人員的傷亡，也使世界各國的專家學者紛紛投入應用機器人技術於災難處理的研究。

本研究整合輪型機器人機構開發災害偵察機器人，運用藍芽技術發展長距離無線控制模組來控制輪型機器人的行進動作及紅外線攝影機的鏡頭方向，且利用展頻跳頻技術與嵌入式系統以發展長距離的無線數位式視訊傳輸模組，可以改善無線視訊傳輸被干擾的問題；利用遠紅外線攝影機並控制其遠紅外線影像與彩色影像之切換開關，將所拍攝到的影像透過 HSV 色彩空間與影像融合技術將昏暗及煙霧或灰塵瀰漫的災害現場傳回影像畫面清晰化，以協助災害偵察機器人達成勘災與救災的目的。

關鍵字：災害偵察機器人、藍芽技術、無線數位式視音訊、遠紅外線攝影機、影像融合技術。



The Development for Long-Range Wireless Transmission and A Robust Image Capturing on Remotless on the Robot of Detecting Disaster

Yi-Hsien Lin 、 Sin-San Huang

Department of Electronics Engineering Cheng-Shiu University

Kaohsiung, Taiwan 83347, R.O.C.

ABSTRACT

The major disasters have spread all over the world in recent years, such as terrorist attacks and natural disasters. The governments of the world actively promote the anti-terrorism, disaster management policies and related measures. Therefore the disaster relief has been valued by the world. Especially, the key is the time that the survival is rescued in the disaster.

The research is to design and build a detecting robot in the disaster. The Bluetooth technique, used to control robot to move, is developed to remote control for far distance. The Frequency hopping spread spectrum technique and embedded system are combined to build a wireless digital AV module reaching a long-range transmission. The digital AV module can improve interference problems. Moreover, the infrared camera and the color camera are combined to capture image pictures and image fusion method is used to get the better quality of pictures. It will improve the dark, smoke and dust in the scene of disaster. Therefore, the detecting robot of project can inspected disaster and achieve the purpose of disaster relief.

Keywords: Disaster Robot, Bluetooth Technology, Wireless Digital AV Transmission Infrared Camera, Image Fusion Technology.



一、前言

I、研究動機與目的

近幾年來世界各地紛紛傳出恐怖攻擊事件與天災人禍等重大災難，所以各國政府積極的推動反恐的政策以及各項與災害處理有關措施。尤其災難後的救援一直為世界各國所重視，特別是在極短時間內快速進行的救援工作，更是影響受難人員生存的關鍵。例如在 311 日本大地震後，核廠內充滿輻射，災區週遭也碎石遍佈岌岌可危，如果可以透過機器人以遠端遙控之方式進入災害現場，並將災害現場之影像傳回主電腦，若災害現場之影像不清晰，可透過影像處理之方式讓影像提高辨識度，方便搜救人員快速鎖定需要救援及搶救之位置，提高救援效率。

一般災害偵察機器人在未知環境的導航監測控制系統中，大多均透過遠端無線視訊傳回畫面來遙控此機器人移動方向或機器人手臂處理移除目標物。雖然無線視訊傳輸應用在機器人已有了商品化、模組化的產品可供選購搭配，但仍然有些問題如下：

- 1、由於目前市面上無線視訊傳輸模組傳輸距離大約 100 公尺，傳輸距離不夠長，所以不適用於災害現場。
- 2、在災害現場中使用無線傳輸控制時，比較容易受其他電磁波干擾而常造成無法遙控車體及傳回有用的資訊與視訊。
- 3、在災害現場中，通常是黑暗或灰塵與煙霧瀰漫，所以即使打開燈光也往往無法得到完善的影像資訊，使得擷取的影像變得模糊不清，而讓遠方操控者無法發揮一般災害處理機器人原有的功能。

基於上述問題而造成一般災害處理機器人在現場上無法傳回有用的資訊與視訊，而影響到救援的工作，更是影響受難人員生存的關鍵。因此本研究之目的有二：

- 1、運用藍芽技術發展長距離的無線控制與利用展頻跳頻技術與嵌入式系統以發展長距離無線視訊傳輸接發模組，其目的是希望在長距離的無線傳輸，依然能穩定性控制車體行進以及保持視訊信號的穩定性。
- 2、若災害現場中煙霧、灰塵瀰漫或光線昏暗時，則利用遠紅外線攝影機並控制其遠紅外線之開關，將所拍攝到的影像透過 HSV 色彩空間與影像融合技術將昏暗及煙霧或灰塵瀰漫的災害現場傳回影像畫面清晰化，讓遠方操控者容易掌握現場景象，加速災難人員之搜救，降低救難人員的危險，提高受難人員的生存機率。

II、文獻探討

在災難中，各類偵測、防爆、災害處理機器人的使用，減少不少人員的傷亡，也使世界各國的專家學者紛紛投入應用機器人技術於災難處理的研究。近幾年來在世界各國所研發之智慧型機器人依操控模式及適用範圍可區分為有線控制及無線控制，有線控制雖然技術較為成熟，但是控制的傳輸線仍然會受電磁波等雜訊干擾而產生誤動作。改善的方法是以光纖與光電轉換器作為有線控制的傳輸線，可以不受電磁波干擾，可是受限於線控長度，因此在使用自由度範圍上有其限制。無線部份則多半屬於 UHF (400MHz) 頻段或是以 ISM 2.4GHz



(2400MHz)頻段做為無線網路攝影機作為遠端即時視訊操控，或是以 UHF (400MHz)無線頻段結合機械操控高速視覺、三維空間映射/定位、力順從與安全設計等設計技術[1-6]。

近年來，影像系統產品在全球市場持續大幅成長，產品也由功能取向轉變為追求品質取向。影像處理技術對影像系統產品之品質及功效有決定性的影響，影像色彩品質及所提供的影像色彩處理功能會影響使用者之購買意願。在未來的產品中，唯有提供更好的影像色彩處理功能才能在市場上立足，而在影像處理技術中，影像色彩增強也是世界各大廠及研發單位所努力的目標。影像色彩增強之目的在讓使用者在觀賞由螢幕輸出的影片時，系統能針對影像內容(如影像偏亮、暗、對比差、飽和度低)或螢幕週遭環境(如環境光偏低、高、或色溫變異)而適當地調校影像輸出品質，進而達到讓觀賞者更舒適的觀賞畫面。

吳等人[7]是以人眼視覺特性為基礎，依據 LCD TV 特徵進行影像色彩增強處理，可以硬體實現，以達到最高顏色的高畫質畫面，可將 LCD TV 或其他平面電視的畫質大幅提升。針對目前熱門的 LED 背光電視，不但可以呈現出其高對比特性，亦可讓畫質更加清晰，呈現出栩栩如生的彩色畫面。

文獻[8]在介紹一種增強影像色彩飽和度的方法。作者先將 RGB 系統轉換至 $YCbCr$ 空間，在 $YCbCr$ 空間下，將 $CbCr$ 平面切割成四個區域。因此作者依據此圖判定紅色(Red)的位置坐落在區域"I"與區域"II"之間；黃色(Yellow)的位置坐落在區域"II"與區域"III"之間；綠色(Green)的位置坐落在區域"III"上；青色(Cyan)的位置坐落在區域"III"與區域"IV"之間；藍色(Blue)的位置坐落在區域"IV"與區域"I"之間。因此僅須找出各個區域中不同亮度 Y 與色度 $CbCr$ 之間的關係式即可。

在[9]的專利內，宣告一種方法利用 YUV 色彩空間來維持調整影像前後色調保持一致性。方法為調整前的影像亮度(Y)與調整後的影像亮度(Y')求得一調整因子 $k = Y'/Y$ ，因此調整後的影像色度訊號 U'V'即依 k 做倍率的乘積即可。[10]利用亮度的差異來作為維持色調一致性的方式，不但快速，成效也好。

在文獻[10]中，提出一個多視角影像融合的技術，原理在於輸入的影像之間有多重的影像資訊，雖然任何的單張影像大都是模糊不清的，但是此技術可以把這些資訊重新整合，盡量保留有用的資訊，剔除不良的資訊，重建出清晰的影像，且除了要淘汰的劣質影像之外，其餘每張影像皆採用 Equally Weighted 的方式，給予每張影像相同的權重進行影像融合。

文獻[11]提出一種融合不同照光條件下之來源影像的即時影像融合技術(Real-Time Image Fusion, RTIF)，此技術將兩張來源影像的像素以來源影像的中值為門檻值分類成三種，這三種像素各自以不同的方式計算融合像素。

在文獻[12]與[13]中，利用小波影像融合技術針對不同焦距的來源影像，解決因自動焦距產生模糊的情況。另外有一種影像融合技術是基於 WBCT (Wavelet-Base Contourlet Transform)，文獻[14]使用 WBCT 融合不同視覺的來源影像。

文獻[15]提出了兩種影像融合之方法，一個是以 HIS 為基礎的影像融合技術，稱為改良式 IHS (Modified HIS, MIHS)技術，在 MIHS 中，先將來源影像轉換成 HIS 分量，接著使用 α 濾波器融合來源影像的 HIS 三個分量，最後經過 IHS 反轉換獲得融合影像；另一個是以灰色多項式內插法為基礎之影像融合技術，稱為 IFGPI (Image Fusion by 1-D GPI)，在 IFGPI 中，使用兩張來源影像的像素進行內插，並將所得的內插值視為融合影像的像素值，以此得到最終



的融合影像。

文獻[16]中提出一個完善的彩色影像系統對於在極高動態範圍下場景的影像拍攝，用五張不同曝光的原始影像作融合來拓展動態範圍的概念，搭配色調重現和局部對比增強演算法以重現原始影像的對比和細節。首先融合多張不同曝光的原始影像以獲得更多的動態範圍資訊，融合後原始影像的有效動態範圍可以擴展數倍以上，接著對影像在不同亮度下重複抽取邊緣以擷取影像的細節，其所提出的色調重現演算法將所擷取到的最佳邊緣統計圖作等化以分配到更均勻分布的區域，最後區域對比影像增強使影像的細部更明顯。文獻[17]則是針對遙測影像所提出之各式各樣的影像融合技術，分析各種影像融合技術之優缺點。文獻[18-20]則是在探討遠紅外線攝影機與彩色攝影機所攝影到之影像的影像融合技術，可將回傳災害現場中煙霧、灰塵瀰漫或光線昏暗的視訊即時清晰化處理，讓遠方操控者容易掌握現場景象，加速災難人員之搜救，降低救難人員的危險，提高受難人員的生存機率。

本研究除簡介外，第二部分將描述本系統之硬體架構，第三部分會說明所使用的影像融合技術原理，實驗結果與討論則在第四部分加以敘述，最後結論在第五部分說明。

二、系統硬體架構說明

本研究旨在整合輪行機器人機構開發災害偵察機器人（圖 1 所示），一方面運用藍芽技術發展長距離無線控制模組來控制輪型機器人的行進動作，且利用展頻跳頻技術與嵌入式系統以發展長距離的無線數位式視音訊傳輸模組，可以改善無線視音訊傳輸被干擾的問題；另一方面，進一步以遠紅外線攝影機與彩色攝影機所攝影到的影像透過影像融合技術將昏暗及煙霧或灰塵瀰漫的災害現場傳回視訊畫面清晰化，以協助災害偵察機器人達成勘災與救災的目的。

整個系統將分成兩部分，分別為災害偵察機器人本體與遠端控制端系統。硬體方塊圖如圖 2 所示，現將相關硬體技術內容說明如下：

I、使用藍芽技術發展長距離的遙控控制模組

藍芽(Bluetooth) 傳輸為短距離無線傳輸技術之一[21-26]，運作的原理主要是運用跳頻展頻技術(Frequency Hopping Spread Spectrum -- FHSS)方式，使藍芽晶片的兩端，以某一特定形式的窄頻載波同步地在 2.4GHz 頻帶上傳送訊號。藍芽比一般傳統式紅外線傳輸更快，且不用對準兩個傳輸埠成一直線。藍芽科技在傳輸方面的好處就是，它能夠允許兩個裝置，在不排成一直線的狀態下，還能夠以無線的方式傳送資料。不像紅外線傳輸最大的缺點是，你必須對準兩個傳輸埠成一直線才有辦法傳送資料。藍芽傳輸甚至無視於牆壁、口袋、或公事包的存在而可以順利進行。且藍芽的資料傳輸速度比紅外線傳輸還要快，每秒鐘高達 1MB。

雖然藍芽具備低功率、高安全性、高穩定性、低成本及體積小的特性，但因為 Class 1 藍芽晶片模組有效傳輸距離約 100 公尺，無法做長距離傳輸控制，所以本研究整合 Class 1 藍芽晶片模組、高功率 500mW 功率放大器(2.4GHz PEN BOOSTER)與高增益天線進行開發長距離的遙控控制模組。因為功率放大器在無線通訊系統中是一種不可或缺的元件，在接收端我們必須將訊號放大至解調器可以偵測的範圍，在發射端，訊號功率必須被放大足夠使接收天線



可以接收到。因此爲了改善系統能夠傳輸更遠的距離，我們在藍芽發射接收模組增加一個功率放大器與高增益天線，有效傳輸距離可達 200~250 公尺。

II、以跳頻展頻技術發展長距離 2.4G Hz 無線數位影音傳輸模組

展頻技術主要分爲「跳頻技術」(Frequency-Hopping Spread Spectrum；FHSS)及「直接序列」(Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS)兩種方式[27]。跳頻技術是最常用的展頻技術之一，其工作原理是指收發雙方傳輸信號的載波頻率按照預定規律進行離散變化的通信模式，即通信中使用的載波頻率受偽隨機變化碼的控制而隨機跳變。由於跳頻是載波頻率在一定範圍內不斷跳變的展頻，而不是對被傳送之訊息進行跳變，不會得到直接序列的處理增益。所以跳頻相當於瞬時的窄帶通信系統，基本等同於常規通信系統，由於沒有抗多重路徑能力，同時發射效率低，同樣發射功率的跳頻系統之有效傳輸距離也小於其他系統。跳頻的優點是抗干擾，定頻干擾只會干擾部分頻率通道。用於影音訊息的傳輸，當定頻干擾只占一小部分時不會對影音通信造成很大的影響，因此本研究使用跳頻展頻技術發展長距離無線數位影音傳輸模組。

本研究使用高整合度的 2.4GHz 無線多媒體處理器系統晶片 SONIX SN93300[28]系列，其中 SN93131/SN93331 爲 Host 晶片，內部包含 2.4GHz FHSS Baseband、JPEG 編碼器、CMOS Sensor 介面、4 Channel 16KHz 10 bits ADC 與 16KHz 10 bits DAC 等等；SN93130/SN93330 爲 Client 晶片，內部包含 2.4GHz FHSS Baseband、JPEG 編碼器、CMOS Sensor 介面、4 Channel 16KHz 10 bits ADC、16KHz 10 bits DAC、TV 解碼器與輸出面板的介面等等，所以本研究利用這一組高效能 2.4GHz 無線多媒體處理器晶片結合高功率 500mW 功率放大器(2.4GHz PEN BOOSTER)與高增益天線進行開發長距離的無線數位影音傳輸模組。圖 3 爲此模組的系統方塊圖，因爲此系統晶片組軟體已內建 FHSS 通訊協定，所以本研究發展長距離無線數位影音傳輸模組具有高安全性、高穩定性、低功率與抗干擾的特性，在惡劣的災害環境中，依然能保持通信信號的穩定性及保密性，有效傳輸距離可達 150~200 公尺。

三、影像融合技術

圖 4 分別爲室外無煙霧紅外線影像與室外無煙霧可見光彩色影像，圖 5 爲室外煙霧彈紅外線影像與室外煙霧彈可見光彩色影像。由圖知由遠紅外線攝影機擷取的影像即使在煙霧瀰漫的環境仍然保有景物的灰階值。所以本研究整合遠紅外線攝影機與彩色攝影機所攝影到的影像透過影像融合技術[17-20]可以將回傳災害現場中煙霧、灰塵瀰漫或光線昏暗的視訊即時清晰化處理，讓遠方操控者容易掌握現場景象，加速災難人員之搜救，降低救難人員的危險，提高受難人員的生存機率。

圖 6 爲本研究影像融合技術方法的示意圖，主要核心是結合邊緣強化處理與影像融合之技術，旨在建立紅外線影像和可見光影像之融合系統，讓使用者在觀察由螢幕輸出的視訊時，系統能針對影像內容(如影像偏亮、暗、對比差、飽和度低)或週遭環境(如環境光偏低、高、色溫變異或灰塵及煙霧)而適當地調校影像輸出品質，進而達到更清楚的畫面。本研究提出使用 HSV 色彩空間來增強影像色彩之方法，即透過攝影鏡頭拍攝的紅外線影像與彩色影像轉



換成 HSV 色彩空間後，接著針對紅外線影像 V 分量灰階影像作邊緣增強之處理，然後再針對可見光彩色影像的 H 及 S 分量作調整來增強色彩，最後再將增強後之 HSV 影像轉換成 RGB 影像輸出。圖 7 說明本研究影像融合技術的流程圖，現將相關影像融合技術內容說明如下：

I、紅外線攝影機

由於一般都是採用一般攝影機搭配紅外線攝影機，然後透過硬體或是軟體將影像對位 (Image Registration) 之後進行影像融合，但此方法相當繁瑣，因此我們採用單一紅外線攝影機，控制其紅外線感測系統之開啓，來擷取可見光 RGB 影像及紅外線影像，如此可以解決影像對位之問題。

II、HSV 色彩空間

HSV 是以三種基本屬性：Hue (色相)、Saturation (飽和度)、Value (明亮度) 來定義顏色的一種色彩空間。一般利用一個圓錐體來定義顏色(如圖 8(a))，椎體的圓形底面相當於色輪，飽和度則從圓心向邊緣增加，明亮度則從底邊向錐頂遞減。另外有一個色彩三角形來定義飽和度和明亮度，縱座標表明亮度，橫座標代表飽和度。還有一種方法是用圓柱體(如圖 8(b))，其表示方法基本上和圓錐體相當類似。

III、影像處理原理

1、將 RGB 影像轉換成 HSV 色彩空間

由於攝影鏡頭輸入之影像為 RGB 色彩空間，因此我們先透過轉換公式將 RGB 轉換為 HSV 色彩空間，其轉換公式如下：

$$H = \begin{cases} \left(6 + \frac{G - B}{MAX - MIN}\right) \times 60^\circ, & \text{if } R = MAX \\ \left(2 + \frac{B - R}{MAX - MIN}\right) \times 60^\circ, & \text{if } G = MAX \\ \left(4 + \frac{R - G}{MAX - MIN}\right) \times 60^\circ, & \text{if } B = MAX \end{cases} \quad (1)$$

$$S = \frac{MAX - MIN}{MAX} \quad (2)$$

$$V = MAX \quad (3)$$

上述公式的計算結果就是圖 8(b) 中圓柱體色彩模型的值，其中 MAX 為 (R, G, B) 中數值最大者，MIN 則為 (R, G, B) 中數值最小者。而 H (色相) 的值為 $0^\circ \sim 360^\circ$ ，S (飽和度) 的值為 $0 \sim 1$ ，再把它轉換成 $0 \sim 100\%$ ，V (明亮度) 的值為 $0 \sim 255$ 。

假如 $MAX = MIN$ ，則 $H = 0^\circ$ ，表示沒有色彩，即純灰色。如果 H 超過 360° ，則用 360 除以 H 的餘數當作 H 的值。如果 $MAX = 0$ ，則 $S = 0$ ，也是代表沒有色彩。如果 $V = 0$ ，則表示沒有亮度，即純黑色。若 S (飽和度) 採用下列公式，計算出的結果則是圖 8(a) 中圓錐體色彩模型的值：

$$S = MAX - MIN \quad (4)$$



2、影像增強

爲了加強影像融合後之影像辨識度，在影像融合之前，我們將擷取到之紅外線影像先進行邊緣檢測及強化，接著將此強化後影像與原紅外線影像作相加之動作，然後再進行影像融合之動作。本研究增強方法分別使用 Sobel 邊緣檢測與 Laplacian 邊緣強化兩種方式來進行影像強化。

2.1、Sobel 邊緣檢測

Sobel 邊緣檢測是一種使用一階導數來偵測邊緣的方法。由於一階導數是以向量的方式呈現，因此具有方向性。影像像素經過運算元運算之後，在門檻值以內，梯度相近且方向向量相近者即判斷爲邊緣像素[29]。

Sobel 運算元共有兩種，一個爲 x 方向，一個爲 y 方向，如圖 9 以 G_x 和 G_y 表示：對影像中的每一個像素作 3*3 的旋積計算，分別計算出能量 E_x 以及 E_y ，並且表示此邊緣之強度及方向爲：

$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2} \quad (5)$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{E_y}{E_x} \quad (6)$$

當 $E > T$ 時，則表示此一像素爲邊緣點，而 T 爲設定之門檻值。

圖 10 (a)爲一個桌面上擺設物品之灰階影像，經過 Sobel 邊緣檢測後，可以從圖 10(b)中很清楚的看到各物品之邊緣。因爲 Sobel 演算法的計算容易，在邊緣表達上又非常清楚，因此被廣泛應用在機械視覺的領域中。

2.2、Laplacian 邊緣強化

Laplacian 邊緣強化是一種全方向性的邊緣強化處理，針對影像邊緣做強化的效應，對像素點的灰階斜度變化率作運算，在灰階值轉變的區域，不論是從正到負，或是從負到正，都會通過 0 點，這正是二階導數之特性，其運算結果代表的是灰階值強弱的變化 [29]。

本研究所使用 Laplacian 運算元如圖 11 所示，對影像中的每一個像素作 3*3 的旋積計算。由於 Laplacian 是一種二階導數的運算方法，較一階導數運算 Sobel 邊緣檢測所檢測出的邊緣還細，以此方法對於邊緣像素點的處理具有更強烈的效應，任何正值或負值的斜率灰階效應都會加以強化。圖 12 爲影像經過 Laplacian 邊緣強化前後之結果。

3、影像融合

在有煙霧的環境中，目標物往往受到煙霧影響而變得不易辨識，因此利用紅外線之穿透性來辨識目標物，並利用 Pixel Level 融合方法增加目標物之色彩。利用紅外線影像與可見光影像融合方式加以分析紅外線影像所具有之缺失，主要在於紅外線感測系統取得之影像爲灰階影像，沒有色彩資訊，因此透過與可見光影像融合來取得色彩資訊。因此我們先將這兩種影像轉換至 HSV 色彩空間。轉換後，將紅外線影像之 V 分量影像，與可見光影像之 H 及 S 分量影像融合取得新的 HSV 影像，再將其轉換回 RGB 影像顯示於螢幕上。



4、將 HSV 影像轉換成 RGB 色彩空間

影像增強後，爲了將影像重新顯示出來，我們需將 HSV 影像轉換回 RGB 色彩空間，若 S 爲零，那麼 R、G、B 的值都等於 V，若 S 不爲零，則依下列公式計算：

$$H_i = \left\lfloor \frac{H}{60} \right\rfloor \quad (7)$$

$$f = \frac{H}{60} - H_i \quad (8)$$

$$p = V(1 - S) \quad (9)$$

$$q = V(1 - fS) \quad (10)$$

$$t = V(1 - (1 - f)S) \quad (11)$$

$$\text{if } H_i = 0 \rightarrow R = V, G = t, B = p \quad (12)$$

$$\text{if } H_i = 1 \rightarrow R = q, G = V, B = p \quad (13)$$

$$\text{if } H_i = 2 \rightarrow R = p, G = V, B = t \quad (14)$$

$$\text{if } H_i = 3 \rightarrow R = p, G = q, B = V \quad (15)$$

$$\text{if } H_i = 4 \rightarrow R = t, G = p, B = V \quad (16)$$

$$\text{if } H_i = 5 \rightarrow R = V, G = p, B = q \quad (17)$$

四、實驗結果

本研究除了透過藍芽技術遠端遙控災害偵察機器人以及藉由跳頻技術來無線傳送影像視訊之外，其主要目的是將傳送回來之影像作影像融合來達到讓影像清晰可觀看之效果。

I、煙霧環境模擬測試

我們在一個小型密閉空間擺設目標物，並讓內部散佈煙霧，來模擬充滿煙霧之環境（圖 13(a)、圖 13(b)）。在 13(b)當中，可以發現其顏色與圖 13(a)相較之下顯得較不鮮艷，且目標物之字體亦變得較模糊。

II、影像融合

將圖 14(a)之擷取彩色影像轉換成 HSV 色彩空間後，取出其 H 及 S 分量；將圖 14(b)之擷取紅外線影像轉換成 HSV 色彩空間後，取出其 V 分量，接著進行影像融合之動作，融合後之影像如圖 15 所示。

將影像融合後之影像(圖 15)與影像融合前(圖 14(a))相比，可以發現融合後之影像之色彩較未融合之影像增艷許多，原圖 14(a)中左側目標物之黑、綠色邊界及右測目標物之紅、土黃色邊界並不清楚，但在圖 15 中可以相當清楚的辨識出它們的邊界，且兩目標物上之字體亦清晰許多。

III、影像邊緣強化

爲了加強影像融合後之影像清晰度，在影像融合之前，我們將擷取到之紅外線影像先進行邊緣檢測及強化，接著將此強化後影像與原紅外線影像作相加之動作，然後再進行影



像融合之動作。

將紅外線影像以 Sobel 邊緣檢測之方法強化後再與原紅外線影像相加，再進行影像融合之動作，其強化效果如圖 16(a)所示；將紅外線影像以 Laplacian 邊緣強化之方法強化後再進行影像融合，其影像如圖 16(b)所示。從圖 15、圖 16(a)與圖 16(b)這三張圖相比之後可以發現，有經邊緣強化處理的融合影像比沒有處理的融合影像來的清晰；而 Laplacian 邊緣強化之影像經過影像融合後之影像較 Sobel 邊緣檢測來得較清楚。

五、結論

本研究分別使用藍芽技術作為災害偵察機器人之遠端控制傳輸介面和使用跳頻技術作為遠端影像傳輸之傳輸介面，以及使用邊緣強化與影像融合技術來清晰化煙霧影像中之目標物。結果證實使用Laplacian邊緣強化之清晰效果較佳，可是煙霧粒子屬於微粒而非水氣，縱使紅外線具有穿透性，太濃的煙霧也會使其穿透性大幅降低，因此只要環境中煙霧過濃，本系統之影像處理效果必然大打折扣，但紅外線對於煙霧之穿透性是不可否認的，相信只要提高紅外線攝影機之紅外線強度，其對於煙霧之穿透性必然會上升。所以本研究所開發的「災害偵察機器人」具有體積小、機動性佳及遠端遙控偵察之特性，可以達到進入災區搜索救援目標。

誌謝

- 感謝曹學民同學於研究期間協助系統的程式撰寫與測試。



參考文獻

1. Tadakuma, K., "Joint Mechanism to Automatically Realize Multiple Configurations for a Connected Vehicle," Biomedical Robotics and Biomechatronics, 2006. BioRob 2006. The First IEEE/RAS-EMBS International Conference on, February 20-22, 2006, pp.988- 994.
2. Tsukagoshi, H., Sasaki, M., Kitagawa, A., and Tanaka, T., "Numerical Analysis and Design for a Higher Jumping Rescue Robot Using a Pneumatic Cylinder," Journal of Mechanical Design, Transactions of the ASME, Vol. 127, No. 2, pp. 308-314, 2005.
3. Haraguchi, R., Osuka, K., Makita, S. and Tadokoro, S., "The Development of the Mobile Inspection Robot for Rescue Activity, MOIRA2," Proceedings of the IEEE International Conference on Advanced Robotics, pp. 498-505, 2005.
4. Wolf, A., Choset, H. H., Brown, J. H. B., Casciola, R. W., "Design and Control of a Mobile Hyper-Redundant Urban Search and Rescue Robot," Advanced Robotics, Vol. 19, No. 3, pp. 221-248, 2005.
5. 中科院領銜開發智慧型災害處理機器人，臺北國際機器人展經貿資料專刊，p36-37。
6. 2006 年經濟部技術處 產業技術白皮書。
7. 吳東霖、柯俊宇、鄭嘉賢、何肇偉、黃耀文，"用於顯示器之可硬體化適應性色彩影像增強方法"，工研院影像顯示科技中心。
8. Ku, C. C. and Wang, T. M., "Luminance-based adaptive color saturation adjustment," IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 51, No. 3, pp. 939-946, Aug 2005.
9. 專利號：US4831434, 專利名稱：Method of correcting color saturation in electronic image processing。
10. 張正佳，莊仁輝，「多視角車牌影像融合技術之評估」，碩士論文，國立交通大學資訊科學與工程研究所，中華民國九十五年一月。
11. Kao, W. C., Hsu, C. C., Kao, C. C., and Chen, S. H., "Adaptive Exposure Control and Real-Time Image Fusion for Surveillance Systems," IEEE International Symposium on Circuit and Systems, pp.21-24, May 2006.
12. Li, S., Kwok, J. T. Y., Tsang, I. W. H., and Wang, Y., "Fusion Images With Different Focuses Using Support Vector Machines," IEEE Transactions on Neural Networks, Vol. 15, No. 6, Nov 2004.
13. Song, Y., Li, M., Li, Q., and Sun, L., "A New Wavelet Based Multi-focus Image Fusion Scheme and Its Application on Optical Microscopy," IEEE International Conference on Robotics and Biomirnetics, pp. 401-405, Dec 2006.
14. Tang, L. and Zhao, Z. G., "The Wavelet-Based Contourlet Transform for Image Fusion," Eighth ACIS International Conference on Software Engineering, Vol. 2, pp. 59-64, July 2007.
15. 藍家偉，謝政勳，陳培文，「灰色多項式內插法應用於影像融合與雜訊消除」，碩士論文，朝陽科技大學資訊工程系，中華民國九十七年七月二十二日。



16. 黃瑋琦，高文忠，「高動態範圍下的影像融合與色調重現」，碩士論文，國立台灣師範大學應用電子科技研究所，中華民國九十七年六月。
17. Wang, Z., Ziou, D., Armenakis, C., Li, D. and Li, Q., "A Comparative Analysis of Image Fusion Methods," IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 43, No. 6, June 2005.
18. Carper, W. J., Lillesand, T. M. and Kiefer, R. W., "The Use of Intensity-Hue-Saturation Transform for Merging SPOT Panchromatic and Multispectral Image Data," Photogramm. Eng. Remote Sens., Vol. 56, No. 4, pp. 459-467, 1990.
19. Edwards, K. and Davis, P. A., "The Use of Intensity-Hue-Saturation Transformation for Producing Color Shaded-Relief Images," Photogramm Eng. Remote Sens., Vol. 60, No. 11, pp. 1369-1374, 1994.
20. Schetselaar, E. M., "Fusion by the IHS Transform: Should We Use Cylindrical or Spherical Coordinates?," Int. J. Remote Sens., Vol. 19, No. 4, pp. 759-765, 1998.
21. 維基百科：<http://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%C2%C5%AA%DE&variant=zh-tw>。
22. 李永定，「藍芽無線技術發展簡介」，<http://www.iii.org.tw/ncl/document/bluetooth.html>。
藍芽產品介紹，<http://chtang.idv.tw/bluetooth.htm>。
23. 何謂藍芽，
http://enews.tpc.edu.tw/document/information/2001/%A5_%B7s%B0%EA%A4p%C5U%B8%DB%A1u%C2%C5%AA%DE%A1v.htm。
24. 電腦新聞辭典，<http://www4.tcgs.tc.edu.tw/lib/network/living.htm>。
25. 李永定，「藍芽無線技術發展簡介」，<http://www.iii.org.tw/ncl/document/bluetooth.html>。
26. Senese, I., "藍芽應用連接的建立，" 電子工程專輯，2002。
27. 跳頻技術(FHSS)及直接序列(DSSS)展頻技術，
http://www.facebook.com/note.php?note_id=104100946292726
28. 2.4GHz Wireless Multi-Media Processor SN93300 Series Datasheet.
29. 鄭文瑋，賈叢林，「在次像素精準度下的邊緣偵測演算法及其應用」，碩士論文，銘傳大學資訊傳播工程學系碩士班。



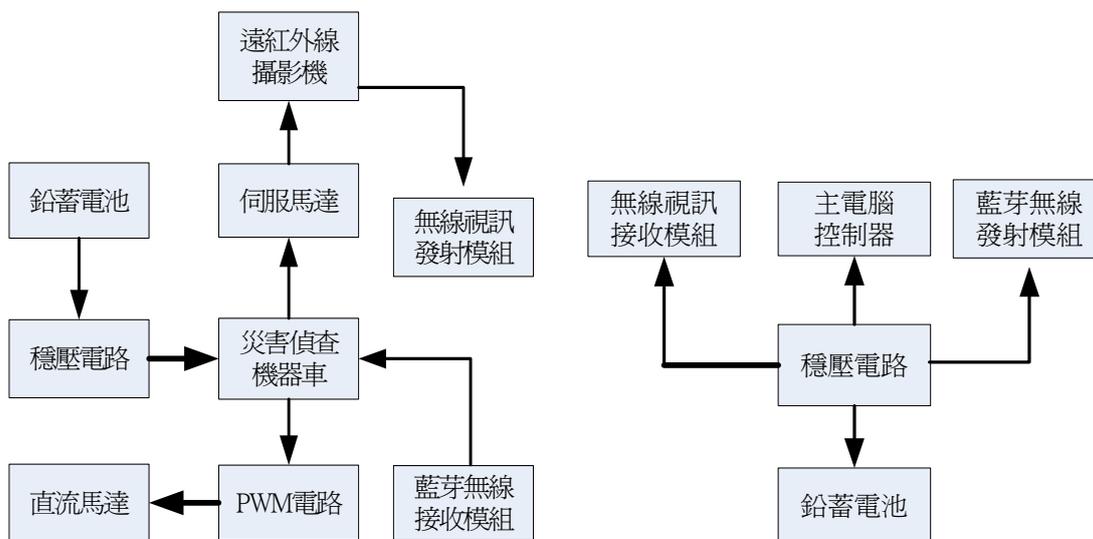


(a) 災害偵察機器人遙控端。



(b) 災害偵察機器車。

圖1、系統成品圖。



(a) 災害偵察機器人硬體結構圖。

(b) 控制端硬體結構圖。

圖2、系統硬體方塊圖。



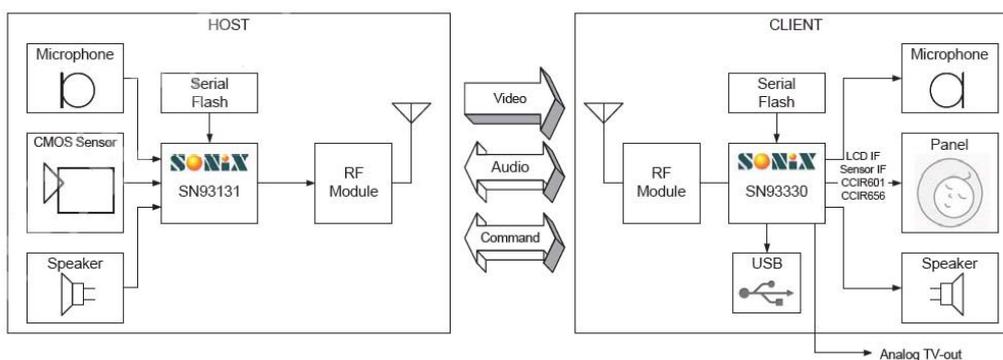


圖 3、長距離 2.4GHz 無線數位影音傳輸模組系統方塊圖。



(a)紅外線影像。



(b)可見光彩色影像。

圖 4、室外無煙霧影像。(影像取自<http://www.imagefusion.org/>)



(a)紅外線影像。



(b)可見光彩色影像。

圖 5、室外煙霧彈影像。(影像取自<http://www.imagefusion.org/>)



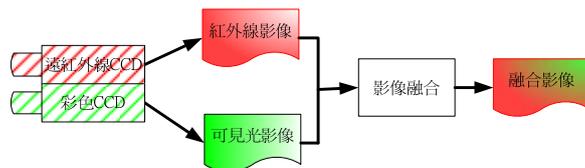


圖 6、紅外線及可見光影像融合流程圖。

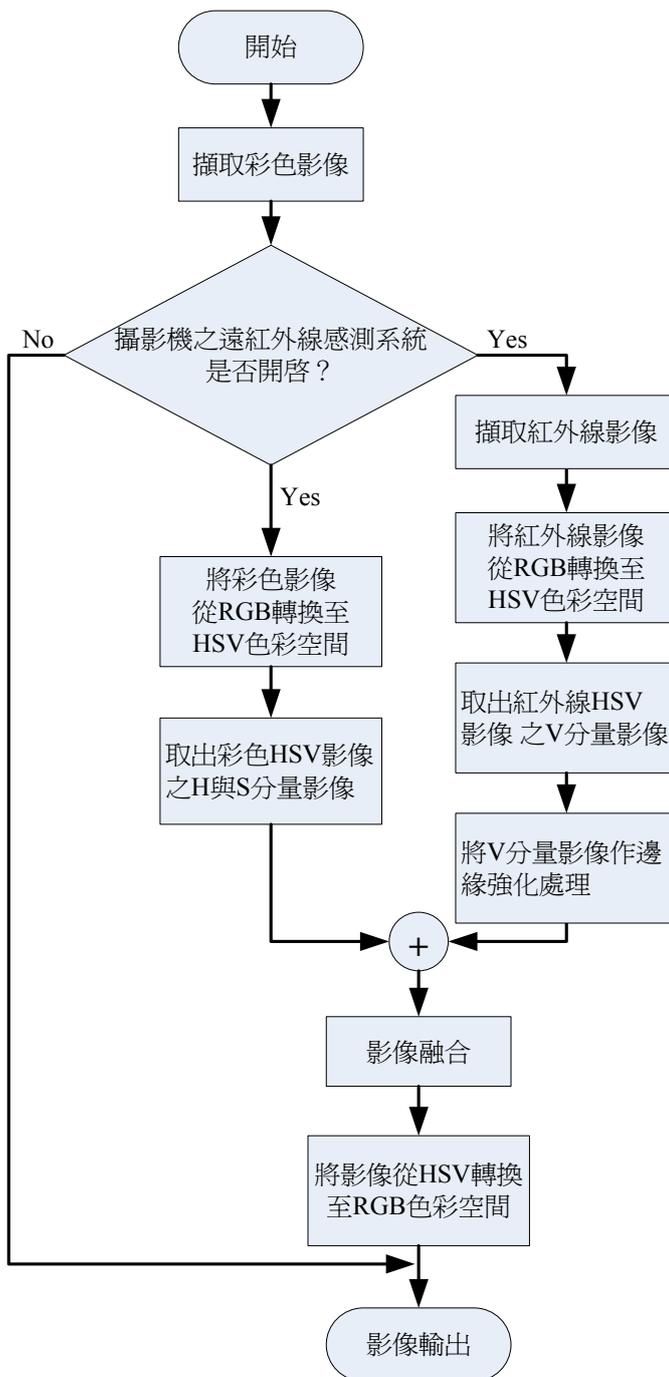
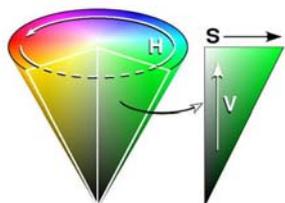
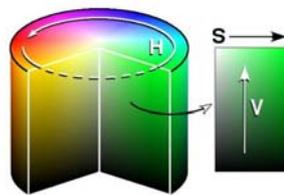


圖 7、影像融合處理流程圖。





(a) HSV 圓錐體色彩模型



(b) HSV 圓柱體色彩模型

圖 8、HSV 色彩模型

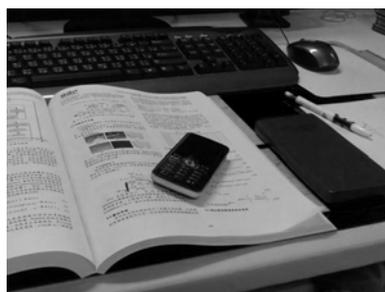
-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

(a) Sobel Gx 運算元

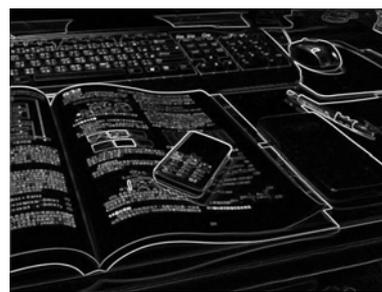
-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

(b) Sobel Gy 運算元

圖 9、Sobel 運算元



(a) 原始影像



(b) Sobel 邊緣檢測後之影像

圖 10、Sobel 邊緣檢測

0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0

圖 11、Laplacian 運算元空間遮罩



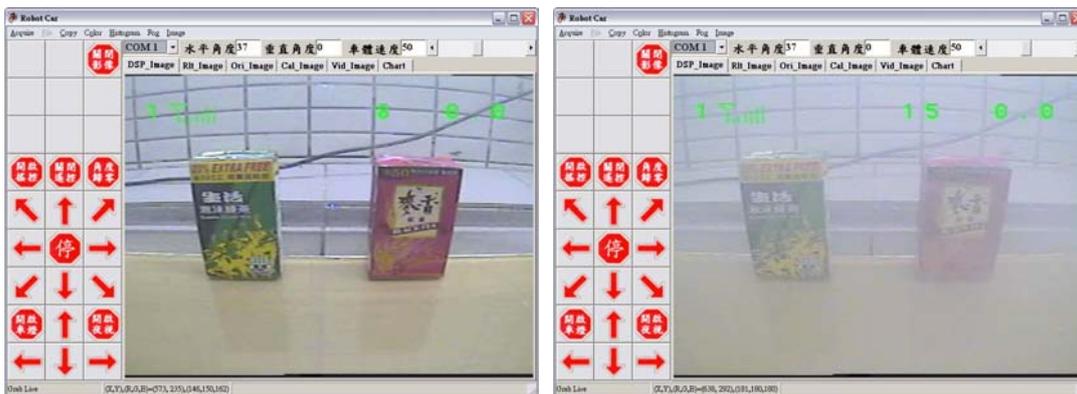
(a) 原始影像



(b) Laplacian 邊緣強化影像

圖 12、Laplacian 邊緣檢測

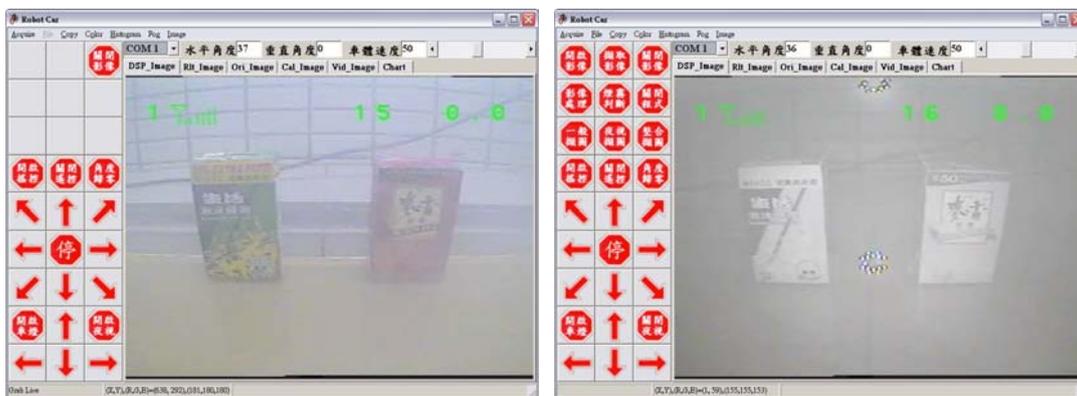




(a)無煙霧之目標物影像

(b)有煙霧之目標物影像

圖13、模擬煙霧環境



(a)目標物彩色影像

(b)目標物之紅外線影像

圖14、有煙霧之目標物影像

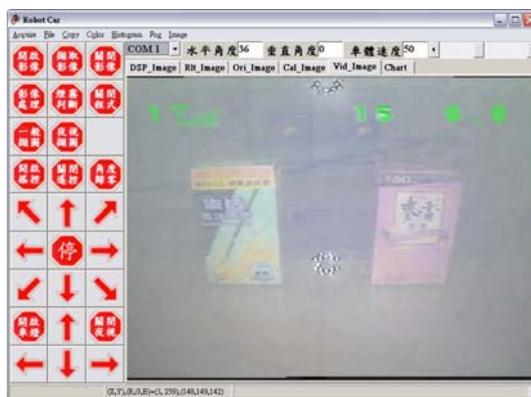
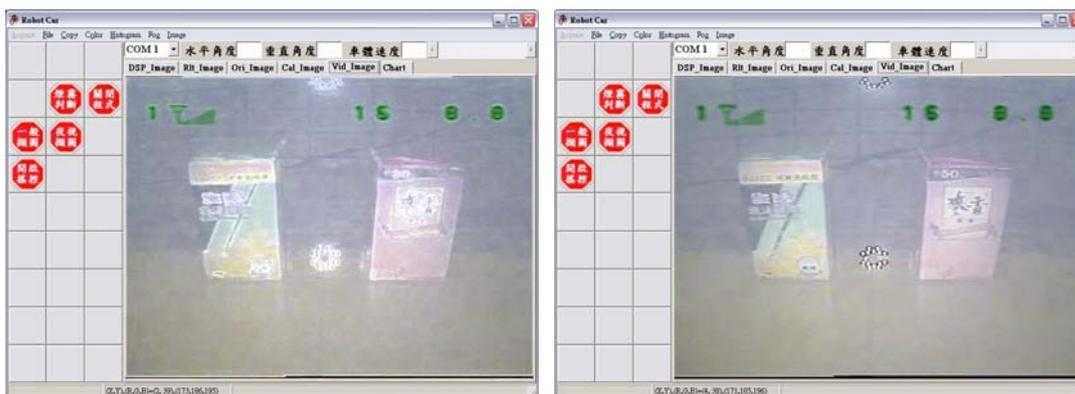


圖15、影像融合後之目標物影像





(a) Sobel邊緣檢測之影像融合

(b) Laplacian邊緣強化之影像融合

圖16、兩種邊緣檢測及強化後之影像融合結果

