

第一章 緒論

1.1 研究動機

近幾年數位相機(Digital Still Camera)蓬勃發展，除了可模擬人類視覺系統拍攝出高畫質的靜態彩色影像，也能即時顯示影像與儲存在記憶卡中，更結合了動態影音錄製與防手振處理的功能。由於極具挑戰性，因此許多學者紛紛投入有關數位相機的研究，其中數位相機內的彩色影像處理對於影像品質有極大的影響，因此影像處理一直是熱門的研究課題。

數位相機的彩色影像處理包含許多處理步驟，例如自動白平衡調整、色彩內插、雜訊濾除、色彩空間座標轉換、影像邊緣增強、色彩飽和度增強、色彩校正、色調調整與 Gamma 校正等。原始的影像資料經過彩色影像處理過程，最後執行影像壓縮，得到輸出影像，彩色影像處理的演算法將決定最後輸出影像的品質，因此每一個處理步驟都是值得深入研究再改進的課題。

不僅是數位相機，監控系統中彩色影像處理對於監控安全亦有重要的影響。由於犯罪率年年提高，社會治安越來越受重視，尤其在重要的公共場所裡，雖然已有保全人員或是軍警人員定期巡邏，但是仍無法達到全天候無間斷的巡視，因此很多保障人民安全的設備紛紛推出，其中，監控系統是目前最普遍用來維護安全的產品，例如學校裡的重要地點常會設置監視器來監控某一區域的安全，保全人員透過監視器畫面即可馬上確定範圍內的動靜，一有不安全的情況保全人員才可以即時採取應對措施，將危險程度降到最低。監控的影像品質關係著犯罪蒐證時是否能正確判斷影像中的人事物，因此需仰賴影像處理來提升影像品質。

1.1.1 監控系統上的影像融合

影像的動態範圍是影響影像品質好壞的重要因素，動態範圍定義為所能呈現最高與最低亮度的比例，動態範圍越高，所能看到的高亮度與低亮度的資訊越多，影像看起來也更貼近原始景物。真實世界所呈現的動態範圍最大，其他影像擷取裝置，例如傳統相機或數位相機拍攝出來的影像為 BMP 與 JPG 格式，其動態範圍為 255：1，均遠低於真實世界[1]。

動態範圍的延展對於監控系統來說尤其重要。監控系統主要在於監控某個重要地點的動靜，使得在監控範圍內的人事物能被清楚地辨別，特別當監控的環境是同時包含高亮度與低亮度時，動態影像品質仍要維持清晰，一般監控系統的動態範圍取決於 CCD 感測器或類比至數位信號轉換器的性能表現，雖然 CCD 感測器在低溫時有非常高的動態範圍，但監控系統幾乎操作在室溫的情況下，因此 CCD 感測器仍有低動態範圍的問題。在此限制下大部分的監控系統通常依賴自動曝光控制(Auto Exposure Control)來獲取所能達到最高的動態範圍，但是當系統處在高動態範圍環境下，仍舊會遺漏部份的資訊，此時當可疑人物出現在過曝(over exposure)或是非常暗的區域時，會導致監控安全出現盲點。

因此我們以數位相機為監控系統的平台，針對監控系統上的低動態範圍問題，提出一個使用兩次不同曝光的影像融合(Image Fusion)演算法。當監控環境處於高動態範圍的情境時，藉由高低兩次不同曝光，使用高倍曝光擷取影像使整體變亮，原本正常曝光影像有些黑暗看不見的區域，因為高倍曝光變的明亮且清晰可見；使用低倍曝光擷取影像使整體變暗，原本正常曝光影像有些過度曝光不可見的區域，因低倍曝光而盡量能清晰可見且不過曝。使用一個簡潔有效的影像融合演算法來融合兩張影像，使得每一張動態影像能擴展動態範圍，使得影像中過亮或過暗的死角，經由動態範圍擴展之後仍能看清楚，且在延展動態範圍的同時亦能適當保持影像明亮度與對比度的平衡，維持一定的影像品質。

1.1.2 結合抖動補償的靜態影像融合

當數位相機拍攝環境處於高動態範圍情境時，為了補償數位相機動態範圍的不足，通常對固定情境使用高低不同曝光設定拍攝出一系列靜態影像，進行影像融合將多張影像融融合單一影像，以延展動態範圍。

在數位相機連續拍攝不同曝光影像的這段時間內，數位相機有時會無法保持固定，因此整體性抖動補償對於影像融合非常重要。當使用者手持數位相機拍攝靜態影像時，抖動的情形更是明顯，造成連續曝光的影像產生晃動的情況，對於相同情境的影像融合來說，影像的晃動將使影像融合產生錯誤，影響影像融合的正確性甚巨，而影像融合的相關文獻大多沒有考慮到數位相機晃動的情況。

在數位相機連續拍攝不同曝光影像的這段時間內，情境中的人或物有時會晃動，因此局部性抖動補償對於影像融合也是不可或缺的。數位相機內連續擷取不同曝光的影像需花費些許時間，這段時間內拍攝情境中的人或物時常很難保持靜止不動，造成影像局部有些許的小晃動，這樣的情形很容易使融合後影像局部產生模糊或錯色(false color)的情況，而影像融合的相關文獻幾乎沒有考慮到情境中人或物晃動的情形。

針對數位相機拍攝靜態影像時的低動態範圍問題，我們提出一個結合整體與局部性抖動補償的影像融合演算法來提升動態範圍。在高動態範圍環境中使用數位相機拍攝不同曝光的影像，使得原本過曝與過暗資訊能被保留，使用一個簡要的影像融合演算法將這些資訊保留在單一影像中，影像融合時考慮到拍攝時數位相機不固定造成的整體些微晃動問題，以及拍攝時情境中人或物的晃動造成的局部些微晃動問題，進行適當的抖動補償，使得影像品質仍能維持一定水準。

1.2 相關研究

1.2.1 動態範圍的意義

真實世界可以把光線的細微差異十分明顯地表現出來，只要光線的強度有一點點小差異，在人眼的感覺中還是可以呈現出這種差異，讓我們看得很清楚，尤其是當身處在同時包含著高亮度與低亮度的情境，例如從黑暗的室內往明亮的窗外看，可以感受到真實世界可將這種極端亮暗對比的情境表現得非常好，不論是被陽光照耀顯得很明亮的物體或是室內陰暗的角落，都可以表現得很清楚。這種細微的差異是來自於光線照射在物體表面，物體反射出的光線強度可以分成很多個階層，真實世界中物體的完美呈現即可分辨出這些由強至弱各個光強度的階層，讓我們很清楚地看見此物體的真實面貌。

情境中被紀錄的最高亮度階層(the highest recorded level)與最低亮度階層(the lowest recorded level)的比例被定義為動態範圍，動態範圍可表現在亮度、解析度或是其他的物理特性上，在此論文針對的是亮度的動態範圍。目前我們使用的屬於類比的底片(film)或是數位相機這些可記錄的系統(recording system)均無法對高動態範圍的情境做很好的呈現，由於使用拍攝裝置其動態範圍的狹小限制了對高動態範圍情境的呈現，因此拍攝出來的結果會呈現嚴重的資訊遺漏(information loss)，這並非我們所樂見。對於數位相機來說，動態範圍定義為感測器所能收集到的電荷最大量(full well capacity)與最小量的比值，其中電荷最小量是必須克服感測器本身造成的雜訊(sensor noise)，因此最小量並非為零。而像數位相機或數位攝錄影機的動態範圍，主要取決於 CCD 或 CMOS 感測器，以 CCD 感測器而言，被 CCD 感測器擷取下來的光強度通常最後都被量化到[0:255]這個範圍，每個像素以 8 位元來儲存，即使中間經由類比數位信號轉換器(ADC)轉換後可能轉換成更多位元來處理，但是最後仍然以 8 位元來儲存，造成了對真實世界的一種很粗糙的解析度並且是離散的呈現。

由於拍攝裝置動態範圍的限制，從古自今已經有很多種方法可用來提升動態

範圍。有些方法是直接對影像感測器做改良[3][15]，直接就拍攝裝置的製作技術做改進，補償原本影像感測器低動態範圍的缺陷，不需仰賴影像處理。有些方法則是從影像處理著手，由於單一拍攝出來的照片無法表現出真實世界的高動態範圍，那麼則利用多重影像融合的方式，結合不同影像的資訊，來提升因感測器的缺陷而無法提升的動態範圍。

1.2.2 影像融合的意義

由於感測器技術的進步，在許多領域例如微電子以及通訊等領域上，亟需一種能有效融合不同來源信號成單一信號的技術。而在以影像為基礎的應用場合中，影像融合逐漸成為一個具有前景的研究領域。影像融合可以廣泛地定義為一種結合多重輸入影像成為較少影像集合的處理流程，通常是融合多重影像成為”單一”影像，為了能有效表現情境，此單一的影像即包含了所有輸入影像中最有意義的資訊，這些資訊不只是表現幾何性質或位置的資訊，更重要的是表現具物理意義的資訊。

影像融合的目標在於結合不同影像互補的部分以及共同的部分，融合出單一影像且比任一單獨來源影像要更能表現情境。此融合後影像被後置影像處理的效果，應比未融合前任一來源影像被後置處理的效果來的更好。因此考慮了影像融合的目標以及所具備的優點之後，影像融合演算法應該具備幾點基本的需求：1. 輸入影像中任何顯著且特別的資訊均不能摒棄；2. 融合後影像不能產生使人眼或後置影像處理可看出來的瑕疵或是不一致的現象；3. 此演算法必須是可靠度高且強健的，最好能夠容忍不規律的影響，例如雜訊或是未校準零點造成的影響。

在防禦性監控系統(defense surveillance)、遙感(remote sensing)、醫學影像(medical imaging)以及電腦視覺(computer vision)等領域中，由於影像融合能有效提升整個影像系統的效能表現，因此被廣泛地視為是一個有價值的工具。例如在防禦系統(defense system)中的次領域，包含目標的偵測辨識與追蹤、戰略情勢估

計(tactical situation assessment)、地雷偵測(mine detection)以及個人身份識別(person authentication)等方面皆有運用影像融合；在地球科學中地球相關的研究會使用到遙感技術來取得衛星與航空拍攝的影像，這些影像透過融合之後可用來偵測道路、機場以及山嶽等；在醫學影像處理中多種型態的影像經過融合之後，在臨床實驗中可以用來病情診斷、人體模型建立以及治療計畫等；在機械人與工程方面，影像融合最常被機器人與智慧型系統或航運系統用來辨識環境，而工業上常需要的影像檢測設備也常應用影像融合[8]。

從以前到現在，影像融合的方法有很多種，依照不同層級的資訊呈現方式來分類，可分為像素(pixel)、特徵(feature)以及象徵(symbol)層級[8]。像素層級的影像融合是依照量測到的物理特性做融合，屬於最低的影像處理層級，融合後影像中的每個像素是依據不同來源影像中的像素集合來決定；特徵層級的影像融合首先會抽取不同來源影像的特徵，例如用分割(segmentation)的方式來抽取，再利用尺寸、形狀、對比以及內容等特性來鑑定這些特徵，影像融合則以這些被抽取出來的特徵為基礎去偵測有用的特徵來作為融合後影像的特徵；象徵層級的影像融合則允許資訊在最高抽象層做有效地結合，首先通常將輸入影像單獨做資訊抽取以及分類，原本的輸入影像資訊被轉換為象徵性的表示法，再依據決策準則去融合這些象徵性表示法。然而合適層級影像融合演算法的選擇必須依賴資料來源、應用面以及可用的工具等因素，決定好層級的同時，也決定好了融合的前置處理流程，例如我們決定使用像素層級的影像融合，由於像素層級的演算法在影像沒有精準地對正(registration)的情況下很容易產生錯誤，由於融合時必須確保不同影像的資訊是對應於真實世界中的相同位置，此種對正叫做影像對正(image registration)，因此來源影像必須是做好影像對正過的。目前大部分的影像融合的應用均採取像素層級的方法，像素層級演算法的優點之一在於所用的來源影像包含著原始的資訊，且此種演算法較容易實現，但必須做影像對正的前置處理。

1.2.3 影像融合演算法的分類

影像融合的演算法依影像的情境固定與否可分為非固定情境與固定情境兩種。非固定情境的影像融合方法目的主要不在於影像品質，反而著重將某張影像中的物體或是人套用不同張影像的情境，適用於很多應用面上。本論文所針對的則是固定情境的影像融合方法[3-19]，此種影像融合方法目的在於提升影像品質，由於某些難以突破的因素，只拍一張影像的資訊並非足夠多，或是品質並非足夠好，藉由多張固定情境的影像可融合出資訊量足夠或是品質更好的影像，適用於數位攝錄影機或是數位監控系統等拍攝時固定不動的裝置上。

對於相同情境的影像融合方法來說，所針對的融合對象主要分為兩種。第一種融合對象是針對不同焦距(depth of focus)設定或是其他不同設定拍出的影像[6][8][9][10][11][13][16][18][19]。以不同焦距設定來說，在某一種焦距設定所拍出的影像中，距離焦距附近的部分情境是非常清晰的，但距離焦距遠的部分情境則非常模糊，因此焦距不同拍攝的影像，景深不同，可看清楚的情境亦不同。其他雖然是相同情境，但是可能是由不同特性的掃描器、不同拍攝時間或是其他不同設定所拍攝的影像；第二種融合對象是針對不同曝光量設定拍出的影像[3][4][5][7][12][14][17]，曝光量越高，則情境越亮，原本很暗的部分情境亮度得以提高，反之曝光量越低則原本過曝的部分情境亮度得以降低。本論文影像融合的對象是針對調整不同曝光設定拍出的影像。

以不同曝光設定拍攝的影像融合之前，首先需調整不同的曝光設定，使用者按下數位相機的快門後，自動曝光(Auto Exposure)演算法能夠依據目前情境的局部亮度來即時調整出最合適的曝光設定[21]，此曝光設定只是一張正常曝光的影像，其他張不同曝光的影像需以正常曝光設定為參考，來增減其他張影像的曝光設定。

得到了不同曝光設定的影像之後，才能使用影像融合演算法，以下介紹幾種較典型的利用影像融合來提升動態範圍的方法。

這些影像融合方法當中，依照拍攝裝置的轉換函數(transfer function)為線性與否，分為線性與非線性兩種。光線進入拍攝裝置之後，會經由拍攝裝置的轉換函數，才輸出我們想要融合的影像。第一種是假設轉換函數為非線性的方法，由於裝置的轉換函數事先未知，因此先還原轉換函數[3][4][5][7]，再依據此函數以及影像的資訊來還原情境的動態範圍。第二種是方法不還原轉換函數，而是採取金字塔結構(pyramid)的融合方法[6][13]，將每張不同曝光的影像分解成一層層不同解析度(multi-resolution)的子影像，形成一個金字塔架構，再針對不同影像但位於同一層的子影像來做融合，融合時先做特徵分析，計算同層子影像每個像素的特徵明顯度，選擇最高特徵明顯度的作為融合後的像素，融合完金字塔上的每一層子影像之後，再還原成最後的影像；有些方法使用小波轉換(wavelet transform)的融合方法[8][9][10][12][16][18][19]，將每張影像分解成不同頻帶的子影像，針對不同影像但相同頻帶的子影像做融合，融合完每個子影像之後，再還原成最後的影像。第三種是針對影像感測器與曝光量的反應函數為線性的影像融合方法[14]，可以不需要還原轉換函數，依照線性的物理概念來融合，本論文即屬於此種方法。

1.2.4 典型的影像融合文獻概述

使用已知的曝光時間先求得光轉換函數再還原情境動態範圍的影像融合方法[4]，使用數位相機對著同一情境連續拍攝不同曝光時間的照片，這些照片是經過數位相機內部的影像處理流程處理過的照片，因此假設轉換函數為非線性，首先的目標是還原轉換函數，假設原情境有一個光強度(irradiance)，此光強度是從情境中的物體表面的反射光射進鏡頭的光強度，光強度乘上已知的曝光時間再經由轉換函數可得到照片上的像素值，已知各個曝光時間與對應的每張影像像素值，未知的是轉換函數與情境的光強度，先使用最小平方誤差來求得最佳化的轉換函數，又有已知的像素值與曝光時間，則可以得到每張影像每個像素的光強度，此法認為轉換函數曲線的中間部分是數位相機對光最敏感的區域，再以是否趨近中間部分作為權重的方式，融合出一張光強度的影像，亦即還原了情境的動

態範圍。

使用自動曝光比值先求得光轉換函數再還原情境動態範圍的影像融合方法[4]，使用數位相機的灰階圖輸出的多重曝光影像來融合，與上一個段落的方法目標一致，均為假設轉換函數為非線性，必須先還原轉換函數，但此法事先不知道拍攝的曝光時間，已知的是兩張影像之間的曝光量設定的比例，首先使用變數為像素值、階數未知的高階多項式來近似轉換函數，曝光量為原情境的光強度乘上一個調整因子(scaling factor)，此調整因子與曝光設定成正比，且調整因子可使用影像的原始資料(raw data)來自動求得，已知的先後連續兩張不同曝光的影像的曝光比例與近似的轉換函數可以求得前後張影像曝光量的關係，再使用最小平方誤差來最佳化轉換函數的階數，求得了近似轉換函數，配合調整因子與像素值，可還原出情境的光強度，再使用信號雜訊比作為權重的對象，將各張還原的光強度圖融合為一張高動態範圍影像。

使用參數化的轉換曲線來還原情境動態範圍的影像融合方法[4]，此法假設轉換函數為非線性，但此非線性轉換函數是可以預測形狀的，並非上述的方法單純地假設轉換函數為非線性而已，並使用一個較固定式的指數型曲線來模擬此轉換函數，取代了上述方法使用多項式來表示轉換函數，此法所假設的函數只需透過一些參數來些微地調整曲線形狀，已知不同影像的曝光倍率以及不同曝光的影像資料，來最佳化這些未知的參數，可得到一個最佳化的指數型的轉換函數，並且利用已知的曝光倍率以及影像資料來還原情境的光強度，還原完光強度之後融合，融合時利用此轉換函數的可微分特性以及還原後的情境光強度大小，計算作為融合時選擇不同曝光量影像的權重條件，將多張影像融合為單一的高動態範圍影像。

使用拉普拉斯金字塔(Laplacian Pyramid)分解的影像融合來提升動態範圍的方法[6]，首先將不同曝光量拍攝的影像使用高斯金字塔(Gaussian pyramid)以及拉普拉斯金字塔(Laplacian pyramid)分解成多層不同解析度的子影像，拉普拉斯金字

塔的主要概念在於最低層子影像主要存放影像平均值，其他層子影像主要存放與下層子影像的差值，透過此金字塔可分解成不同解析度的子影像而且可以逆轉換回原來的影像而不失真，分解完之後針對每一層子影像中的每一個像素做特徵明顯度的計算，所找尋的特徵種類依照需求而不同，此法尋找的特徵的是像素的強度，也就是像素值越大，特徵明顯度就越大，計算完特徵明顯度之後，對位在不同曝光量的影像但位在同一個位置的像素做權重大小的計算，權重大小是依據特徵明顯度計算出來的，例如特徵明顯度最大的像素其權重就越大，針對每一層子影像均分配權重完了之後，會得到一個權重的金字塔，最後由不同影像來源分解後的不同拉普拉斯金字塔，配合權重的金字塔來融合為單一個拉普拉斯金字塔之後，逆轉換成一張融合後的影像。

1999 年 Marj A. Robertson、Sean Borman 與 Robert L. Stevenson 提出一種能對於高倍曝光的照片給予高權重的影像融合演算法[14]。由於一般的相機並不會提供線性的轉換函數，尤其是消費性的數位相機的轉換函數更不會是線性，因此線性的假設無法被廣為採用。一般線性轉換函數的影像融合演算法，特點是從多張影像中盡量選取較高倍曝光影像的像素，來估計最後高動態範圍影像的像素值，原因是因為較高倍曝光影像受到量化誤差的影響較小，但是 Marj A. Robertson 等人認為與其單方面選取不如結合所有影像，對於較高倍曝光影像使用較高的權重，來估計最後的像素值。因此 Marj A. Robertson 等人針對轉換函數已知的情況下提出高倍曝光高權重的影像融合演算法，另外針對轉換函數未知的影像提出了一個估計轉換函數的方法，轉換函數得到以後再使用提出的影像融合演算法得到高動態範圍的影像。

2001 年 Manoj Aggarwal 與 Narendra Ahuja 提出一種可同時拍攝多重曝光影像的影像感測器設計方法[3]。由於一般數位相機感測器連續感測不同曝光的影像需要花費很多時間，會降低畫面速率(frame rate)；另一種數位相機雖然有很多個感測器能夠同時擷取到不同曝光的影像，此需要十分精確地排列不同的感測器；還有一種特別感測器是每個像素都對應有很多個不同靈敏度的感測元件，相同強度

的光進來卻可以感測到不同強度的成分，此種技術雖只需要一個感測器，但是需要十分特別且昂貴的硬體設計。因此提出了一個新的影像擷取裝置，射入鏡頭的光線被光線分離器(beam splitter)分成好幾個部分，每個部分的光線都會經過各自的感測器，每個感測器的曝光設定都不同，感測到數張不同曝光的影像之後，先利用 Paul E. Debevec 提出的方法找到感測器的轉換函數，並計算出不同影像的光強度，再利用影像融合演算法融合出一張高動態範圍影像。

1.3 現今方法存在的問題

目前的監控系統雖可使用自動曝光對情境取得最大的動態範圍，但監控系統的感測器能感測的範圍遠小於真實世界的動態範圍，常常因為捕捉到了高亮度情境而忽略了低亮度情境，或是捕捉到低亮度情境而忽略了高亮度情境。一般影像融合演算法需克服的難題有以下幾項[8]：

1. 互補的資訊：在這張影像出現的某些特徵，在另一張影像卻不會出現。
2. 共同但對比度差異大的資訊：在每張影像均出現某些物件或區域，但對比度卻差異很大，因此直接做來源平均的計算是不適當的。
3. 影像感測器之間的相異性：若來源影像來自不同型態的影像感測器，因不同影像感測器有不同的動態範圍以及不同的解析度，且這些影像感測器的可靠性也不相等。

假設感測器或拍攝裝置的轉換函數為非線性時，有些演算法[3][4][5][7]先求得近似的轉換函數，再還原情境的光強度，因轉換函數為非線性，故需要大量且複雜的計算才能最佳化轉換函數，雖然可還原情境的光強度，但最後仍須融融合單一影像，此大量複雜的數學計算是不實際的方法。

許多影像融合演算法使用數位相機拍出的彩色影像或灰階影像作為來源影像，此種影像是經過相機內部的影像處理晶片處理過的，由於許多影像處理流程為非線性轉換，例如飽和度增強、色調調整以及伽瑪校正等，是造成相機轉換函

數為非線性的主因之一，由於影像的原始資訊已經被大幅度非線性調整過，因此喪失了原始影像資料的物理特性，融合時某些演算法才需要先求得轉換函數，這也是不實際的。

由於影像來源主要來自數位相機等影像擷取裝置，通常是以一張接著一張的方式來取得多張影像，需要花費一些時間，在這段時間之內，若使用者採取手持的方式拍攝，則數位相機十分有可能會產生些許晃動，造成這些影像整體向某些方向平移幾個像素，並非精確對著同一個情境；若拍攝情境包含的人或物沒有保持靜止，則這些影像的局部也會有些許的差異。這兩種晃動現象在影像融合時會產生資訊錯誤，影像中會出現錯誤的顏色、亮度或其他資訊。然而目前的影像融合演算法均假設所有影像均為同一情境，很少有解決數位相機晃動或物件晃動時影像融合產生的問題。

1.4 提出方法

1.4.1 監控系統上的影像融合

我們提出一個監控系統上的影像融合演算法，以數位相機作為監控系統的平台，在嵌入式軟體平台上發展影像融合演算法，以正常曝光作為基準，藉由即時連續調整兩次不同的曝光設定，分別為正常曝光的半倍與兩倍，得到兩張 YCbCr 格式的畫面，半倍曝光可捕捉到高亮度的資訊，兩倍曝光可捕捉到低亮度的資訊，這些資訊是正常曝光所捕捉不到的。由於 Y 代表亮度資訊，我們針對 Y 進行亮度統計，得到兩張影像的亮度中值。由於兩張整體亮度相差很大，需考慮融合影像亮度對比的平衡，因此計算出融合影像的亮度中值與融合時需要的亮度調整因子，使得融合影像亮度對比均勻。影像融合時針對每個像素位置，首先從兩個不同曝光的像素挑選出適當曝光的像素的 YCbCr 資訊，當挑選到兩倍曝光像素時，考慮整體亮度平衡，Y 需除以亮度調整因子使得影像不會過亮而影響對比度，當挑選到半倍曝光像素時，考慮整體亮度平衡，Y 需乘上亮度調整因子使得

影像不會過暗而影響對比度。由於融合時不僅是針對亮度 Y，Cb 與 Cr 代表影像的彩色資訊，也需要做調整，考慮到當 Y 的調整因子與 CbCr 的調整因子不同時會造成色偏現象，因此 Cb 與 Cr 採用與 Y 相同的調整因子進行融合。如此的演算法使得監控系統監控的環境處在高動態範圍的情境時，仍保有情境的過曝與過暗的資訊，且整體亮度與對比度仍保持良好，對於監控安全能有效的保障。

1.4.2 結合抖動補償的靜態影像融合

我們提出一個多重曝光的靜態影像融合演算法，針對數位相機的 CCD 影像感測器依據不同曝光設定所擷取下來的原始數位影像資料，依據原始數位影像資料所保有曝光的物理特性做影像融合。由於 CCD 影像感測器對光的反應曲線為線性，因此不同曝光的像素數值在不過曝與不過暗時應保持一定的比例，例如 4 倍曝光與正常曝光的像素數值應為 4:1 的比例。由於在高動態範圍的情境時正常曝光擷取的影像在過曝區域的資訊完全喪失，過暗區域的資訊又會受到影像感測器雜訊的干擾，因此我們使用數位相機連續擷取 4 倍曝光、正常曝光與 1/4 倍曝光的原始影像資料，總共進行三次的影像融合，第一次是 4 倍曝光與正常曝光原始影像的融合，第二次是正常曝光與 1/4 倍曝光原始影像的融合，第三次是前兩次輸出原始影像的融合。每一次的影像融合均是針對曝光比例為 4:1 的兩張原始影像做處理，分為整體性抖動補償、融合與局部性抖動補償。整體性抖動補償考慮當連續拍攝多張影像這段時間內相機晃動會造成影像整體的位移，若直接進行融合將會產生錯色(false color)，因此我們採取移動估測計算出連續兩張影像之間的移動向量進行抖動補償，移動估測過程中偵測均勻色塊與飽和區塊以避免估測錯誤。融合主要概念在於依照兩張原始影像的曝光比例為 4:1 的特性，針對兩張影像中每一個像素位置，先將低倍曝光像素值均乘以 4 使得曝光正規化，再從兩個不同曝光像素中挑選資訊最佳的像素。融合過程中也進行局部性抖動補償，在拍攝過程中當被拍攝的人或物件晃動造成影像與影像之間局部性的位移，若發生人的表情改變或是較劇烈的變動會造成兩張影像資訊的改變，使像素數值偏離 4:1 的比例，此種像素我們稱之為不穩定像素。針對此問題，我們在融合

的挑選過程中先將像素分為正常、飽和與不穩定三種類型。飽和的像素挑選較低倍曝光的像素使得資訊重現，不穩定像素挑選較低倍曝光的像素，飽和與不穩定像素都挑選自低倍曝光的像素可維持資訊一致性，避免局部區域因為資訊不一致導致錯誤。正常的像素盡量挑選高倍曝光的像素，因為高倍曝光的像素受到影像感測器雜訊干擾較小。最後融合的原始影像資料再經由我們實驗室開發的彩色影像處理流程處理成一張高動態範圍的彩色影像。

1.5 論文章節架構

後續的第二章將介紹數位相機系統簡介，第三章將介紹影像融合系統架構，第四章將詳述在監控系統上的影像融合演算法以及結合抖動補償的多重曝光靜態影像融合演算法，第五章則呈現實驗結果，第六章敘述未來改進的工作。