

應用尺度不變特徵轉換演算法 實作之物件保全系統

林志展

佛光大學資訊學系(所)

Email: 962752@mail.fgu.edu.tw

駱至中

佛光大學資訊學系(所)

Email: locc@mail.fgu.edu.tw

摘要—本研究嘗試以電腦視覺及影像處理技術，進行物品遺失事件的數位視訊分析，並實作一套智慧型物件保全系統。尺度不變特徵轉換(Scale Invariant Feature Transform, 簡稱 SIFT)演算法是目前常被用來解決物件辨識問題的方法之一，然而為了達成系統即時反應的時間需求，本研究捨棄一般 SIFT 演算法以建立一組固定特徵資料庫為比對基準的作法，提出以適時更新特徵值的方式來適應物件的狀態變化，並稱此改良式 SIFT 演算法為「自適應尺度不變特徵轉換」(Self-Adaptive Scale Invariant Feature Transform, 簡稱 SA-SIFT)演算法。實例驗證結果顯示，本研究所提出的 SA-SIFT 演算法，確實能隨著目標物件的狀態改變，自我調整描述目標物件的影像特徵值，平均每張監控畫面的辨識時間大約僅需 300 毫秒，且成功辨識率可高達 90% 以上，此結果充分顯示本研究所提出的 SA-SIFT 演算法，確實能在物件保全系統中有效提昇物件辨識的效能及效率。

關鍵詞—物件辨識、視訊監控、視訊分析、尺度不變特徵轉換演算法

一、緒論

隨著社會的進步，人們越來越重視生活環境的治安及保全問題，監控系統因而蓬勃發展。在發展之初期，監控系統應用普及多在於銀行、金融機構、店家、路口、車站或部份的其他公共場所。而發展至今，無論室內、室外、公共場合亦或是私人住宅，皆可看到監控攝影機的應用。對於治安與保全的維護，監視錄影設備儼然已成為不可或缺的一項利器，而這些

遍佈於各個路口、店家或住宅內的攝影機，每天二十四小時不間斷地拍攝各個角落所發生的事件。因此，如何即時偵測犯罪事件的發生，並自動/主動通知警察或保全人員前往處理，便成為各種智慧型辨識系統的開發重點[1]。

就物件保全而言，在我們平日的工作和生活中，總有些貴重物品需被妥善保管，特別是對於那些必須被放置於開放空間供人觀賞或使用的貴重物品，例如博物館的參展文物，或電算中心二十四小時開放的電腦教室等。這些貴重物品皆因必須長期暴露於開放式的空間當中，使得管理保全的困難度增加，因此往往會以加裝監視攝影機及相關系統的方式來加強保全，若物品遺失便可調閱監視錄影資料來找出物品被偷竊時的畫面。然而物品被偷竊的時間僅佔大量監控影像的極少部分，因此需要耗費許多時間來擷取想要的片段。故本研究嘗試以電腦視覺領域中的物件辨識技術來自動偵測物件遺失過程的片段影像，以減少不必要的人力及時間成本支出，並以建置成本不高的資源來實作出一套監控系統。

對於靜態影像之物件辨識問題，目前已有許多有效的求解方法被提出[6, 7, 21]，但是對於連續的動態影像之物件辨識問題，則仍有許多技術上的困難需一一克服。尺度不變特徵轉換(Scale Invariant Feature Transform, 簡稱 SIFT)演算法是目前常被用來解決物件辨識問題的方法之一，且其辨識效果及效能亦優於其它演算法[19]，對於物件辨識問題中最難克服的尺度、

亮度及視角變化等，皆有不錯的處理能力，並且對於被部分遮蔽的物件也能成功辨識[18]。從1999年，Lowe提出SIFT演算法迄今，該演算法不斷被改進並成功應用於許多電腦視覺領域問題中，例如物件辨識(object recognition) [9, 11, 22, 25]、影像檢索(image retrieval) [16]、影像接合(image stitching) [17, 27]等，這些應用經驗顯示出SIFT演算法所轉換的特徵值具有強健的鑑別性，尤其適合應用於二維、三維之物件辨識問題[2, 5]。

在靜態的物件辨識問題當中，電腦運算的時間需求限制較為寬鬆，即使一張影像的辨識時間需1~2秒仍屬可容忍範圍，因此可事先準備物件各種狀態的影像來建立特徵資料庫[18]。但是對於動態的物件辨識問題，運算處理時間的需求則是重要之限制因素，若仍將連續的動態影像與特徵資料庫中，物件各種狀態的特徵值逐一比對，系統運算量將變得相當龐大，而無法達成系統的即時(real-time)需求[3]。故本研究以SIFT演算法為基礎，並進而改以適時更新特徵值的方式，亦即僅儲存前一個被成功辨識之影格的物件影像，來取代龐大的特徵資料庫，如此一來便可大幅降低特徵比對的運算量，並省去特徵資料庫建立的前置工作。研究的目的是在於解決動態的連續影像之物件辨識問題，並建置一套物件保全系統，來輔助貴重物品的保全人員能快速從大量的監視畫面中，找出物件遺失過程之片段影像，以降低保全人員的工作負擔。

二、文獻探討

物件辨識問題在應用面的種類包含有：人臉辨識[24, 28]、車牌辨識[10]、虹膜辨識[26]、指紋辨識[13]、文字辨識[15, 23]或其它特定物品辨識[9, 11, 22, 25]等多項，而在本研究所探討之物件辨識問題係指針對特定物品所進行的自動

辨識處理。自動辨識處理的過程中，首先由系統使用者給定一張或多張特定物品的影像作為訓練資料，經過特徵轉換演算法的運算處理後萃取出目標影像之特徵值，接著將從測試影像中偵測目標物件是否存在於該影像中，並必須正確標示出目標物件的所在位置。

在物件辨識問題當中，所轉換的特徵值必須不受場景亮度改變、影像尺度變化、觀測視角改變、物件被部分遮蔽或其它雜訊所影響。Lowe為了解決這些問題而提出的尺度不變特徵轉換(SIFT)演算法，是一種偵測並描述影像特徵值的轉換方法，它已被證實為是解決以特徵值為操作基準的物件辨識問題中，最有效的一種特徵轉換方法[19]。因此，本研究即以SIFT演算法為基礎技術，並針對所研究問題之實際狀況做適度的演算法調整，來解決動態連續影像的物件辨識問題。

自從SIFT演算法提出後，許多研究學者紛紛採用SIFT演算法或將之加以改良，來解決各種物件辨識問題，其中Mikolajczyk學者在將十餘種被廣泛使用於物件辨識問題的方法進行分析與比較後，認為SIFT演算法及其變化形式的演算法均具有較好的處理效能[19]，因此本研究亦採用SIFT演算法為基礎技術來嘗試解決動態連續影像之物件辨識。

傳統的物件辨識問題僅考慮以單張或多張不連續的靜態物件影像來進行運算及分析處理[18]，因此對於處理時間需求限制是較為寬鬆的，即便運算處理的時間較長也不以為意。然而，本研究所考慮的物件辨識問題為由視訊監控系統所產生之連續且動態數位影像之辨識，有別於靜態影像的辨識處理，在連續且動態的影像辨識處理中，對於即時的辨識效能要求甚高，亦即對於相關辨識機制有著「運算處理時間不可太長」的嚴格要求。若嘗試以SIFT演算法來解決動態物件辨識問題，由於在動態的物件辨識過程中，物件可能因為被移動而造成物

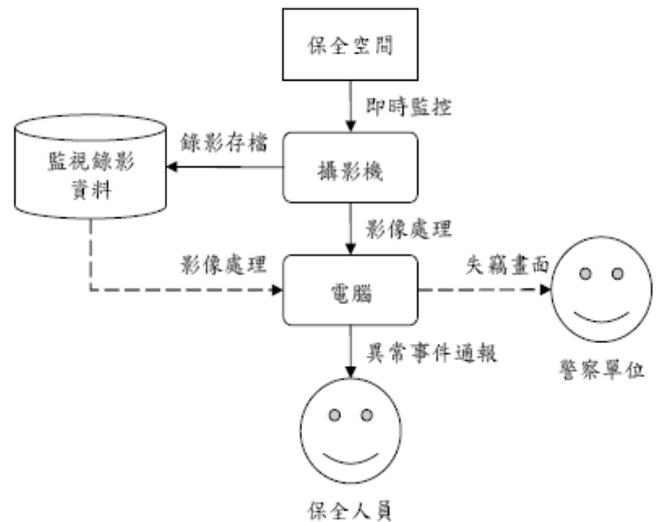
件影像改變，會需要事先建立物件各狀態之影像資料庫來逐一比對，這將使得匹配時間難以達成即時之時間需求[3]。因此，以何種有效方式來取代特徵資料庫，以便降低運算量來達成動態影像辨識的即時性時間需求，將是研究之重點。

三、研究方法

傳統的物件保全方式以人工巡邏為主，並搭配定點式監視攝影機二十四小時側錄，若物品遺失時無人看守現場或監控畫面，則需以人工的方式逐一調閱錄影畫面。人工搜尋物品失竊過程的影像畫面是一種缺乏效率且勞心勞力的工作，而智慧型影像自動辨識系統提供了另一種更好的解決方案。功能完善的自動辨識系統不僅能輔助保全人員即時監控貴重物品的狀態，在異常狀況發生時通知保全人員前往處理，並能自動過濾出物品遺失過程的錄影畫面。因此，保全工作能更有效率，且僅需攝影機、電腦、相關的影像處理技術以及少量的人力資源，便足以構成一套完整的保全系統，相較於傳統的保全方式，不僅省去昂貴的防盜設備費用，且所需的人事成本支出也能大幅降低。本研究提出一個以 SIFT 演算法實作的智慧型物件保全系統，其系統架構如[圖-1]所示。

本研究所提出之系統會於保全空間中架設攝影機，以針對特定的目標物進行即時性的監控，並將監控畫面傳輸至電腦進行影像處理，以偵測目標物件是否存在於保全空間當中。若系統偵測出異常事件，例如物件被搬移、偷竊等導致物件無法被辨識的狀況發生，則此系統將發出警告訊息以通知保全人員親自前往檢查及處理。另一方面，攝影機亦會將監控畫面錄影存檔，經保全人員前往確認發現物件已遺失時，系統會將資料庫中的監視錄影資料輸入電腦，並以影像處理技術擷取出物件遺失過程的

畫面，若確定物件被歹徒偷竊，則可提供失竊畫面向警方尋求相關協助。



[圖-1] 智慧型物件保全系統架構圖

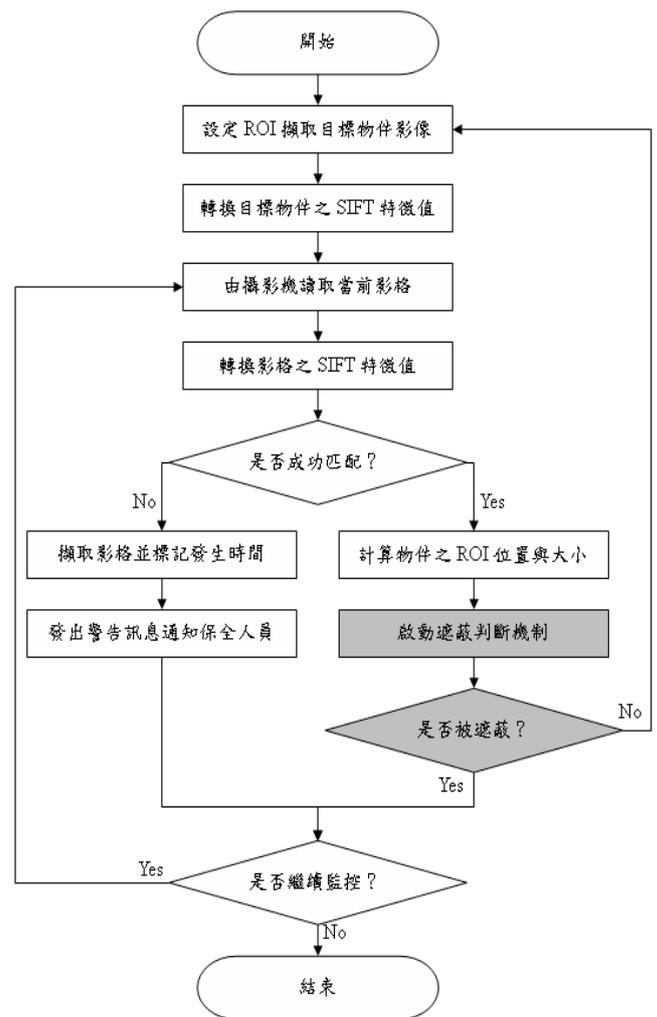
本研究所提出之智慧型物件保全系統進行物件辨識所採用的影像處理技術是以 SIFT 演算法為基礎。SIFT 演算法需事先提供目標物件各個角度的影像，建立特徵資料庫來描述目標物件。若要完整描述目標物件的各種狀態，特徵資料庫將變得十分龐大，導致特徵匹配的運算時間過久，而無法達成本系統的即時性需求。反之，若特徵資料庫所儲存的物件狀態不足，則將使得目標物件在許多狀態下無法被正確辨識，系統發出假警報 (false alarm) 的機率也跟著提高。因此，針對本系統所面臨的動態物件辨識問題，本研究嘗試提出一個改良式 SIFT 演算法的「自適應尺度不變特徵轉換(Self-Adaptive Scale Invariant Feature Transform, 簡稱 SA-SIFT) 演算法」。在 SA-SIFT 演算法中以最近一張影格之物件影像建立目標物件的特徵值，並持續更新物件最近的狀態，以節省建立影像資料庫的工作及大幅減少匹配的運算量。

從電腦視覺的角度來說，很難以一組固定不變的特徵或特徵值來描述一個狀態隨時可能會改變的物件。以常被用來偵測移動物體的背

景相減法為例，由於背景的狀態經常會有所變化，所以會嘗試更新背景模型來讓背景相減法能有效運作。本研究也從這個觀點出發，嘗試以適時更新目標物件之特徵值的方式來取代傳統 SIFT 演算法建立特徵資料庫的作法，使得在自動辨識相關之演算過程中仍能維持僅以一組較接近當前狀態的特徵值來描述目標物件。如此一來，便能滿足處理動態物件辨識問題時，對於運算處理時間不可耗時過長的即時性需求；而且當特徵值能隨著物件狀態的變化適時更新時，即使目標物件的狀態持續改變也能被成功地辨識出來，因此，物件辨識的正確率將會提高，同時也就能跟著降低了物件保全系統發生誤判的機率。

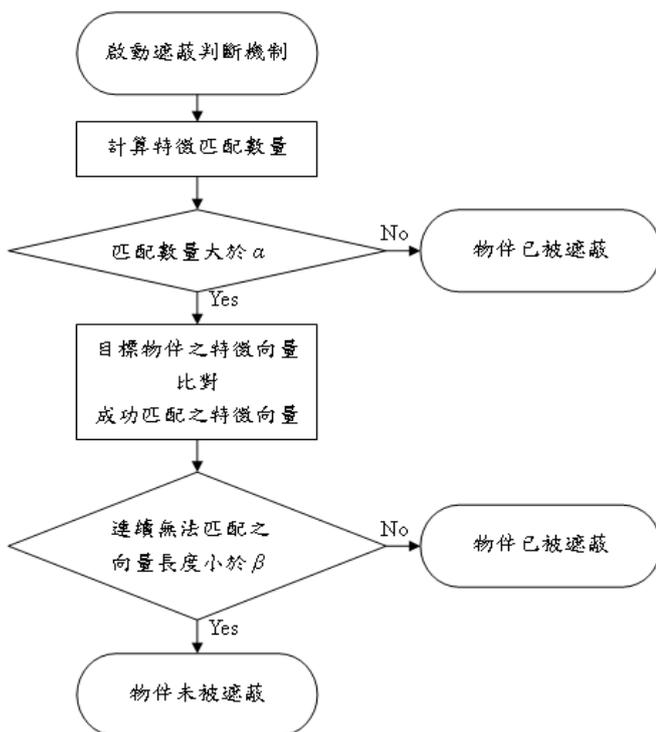
[圖-2]所示為本研究提出之以 SA-SIFT 演算法為物件自動辨識核心機制，而設計及實作出之智慧型物件保全系統的運作流程示意圖。在運作過程中，首先必須將攝影機所讀取的影格畫面由彩色空間轉換為灰階影像，再從整張監控影像中選取出目標物件，將物件所在的位置及其大小設定為感興趣區域 (Region Of Interest, 簡稱 ROI)，並以 SIFT 演算法來轉換並產生出 ROI 內的目標物件影像之特徵值。緊接著系統會從數位監控攝影機的影像輸出讀取下一張影格(frame)，經相同 SIFT 演算法之轉換得到該影格特徵值後，再將影格的特徵值與目標物件的特徵值進行歐基里德匹配。若在影格畫面中無法偵測出目標物件，則系統將以儲存影格畫面及紀錄發生時間的方式來註記此次「異常狀態」或「疑似異常狀態」，並且也可以自動發出警告訊息的方式來告知或提醒保全人員；又倘若偵測出目標物件存在於影格畫面中，便可透過成功匹配之特徵點位置，計算出目標物件的位置與大小，並根據其計算所得來重新設定出新的 ROI 區域，然後再以 SIFT 演算法來更新目標物件的特徵值，並繼續進行下一張影格畫面的特徵值匹配，利用如此反覆運作的方式

即可形成所提出之 SA-SIFT 演法中特徵值的更新機制。在本研究中，從一張目標物件初始狀態的影像取得特徵值，並逐一與影格畫面進行匹配，若匹配成功則更新目標物件之特徵值，如此作法不僅省去建立特徵資料庫等工作，且能大幅降低特徵值匹配的運算量，也因而提昇了物件辨識的效能。然而當目標物件被部分遮蔽時，SIFT 特徵仍可能被成功匹配，若在此狀況下更新目標物件的特徵值，將導致後續的辨識工作被遮蔽物的特徵所影響。因此必須設計一個遮蔽狀況的偵測機制，來決定物件特徵的更新與否，避免物件的特徵被錯誤更新。



[圖-2] 智慧型物件保全系統運作流程圖

在物件靜止且沒有被遮蔽的情況下，本研究針對一系列的連續影格進行物件辨識，發現成功匹配的特徵點數量及其幾何分布狀況，會呈現穩定狀態。因此當匹配的特徵點瞬間大量減少，或部分相鄰區域的特徵點同時無法成功匹配時，則判斷目標物件可能被遮蔽或轉動，暫時不更新其特徵值，避免系統將外來物件的特徵更新而取代目標物件之特徵。如此做法會將物件轉動視為一種遮蔽狀況，使得物件在被轉動的過程中，暫時無法被成功辨識。然而當物件停止轉動後，若主要特徵仍於監視畫面中可見，則成功匹配的特徵點數量及幾何分布，將逐漸趨於穩定，使得物件能再次被成功辨識。本研究所提出之智慧型物件保全系統的遮蔽判斷流程如以下之[圖-3]所示。



[圖-3] 遮蔽判斷機制流程圖

當系統啟動遮蔽判斷機制時，必須計算目標物件被成功匹配的特徵值數量，並設定一個門閥值 α 來決定物件是否已被遮蔽。在本系統

中，將 α 視為一個參數，若匹配數量大於 α ，則進一步比較目標物件的特徵向量以及成功匹配的特徵向量，判斷是否存在一段連續的向量皆無法成功匹配，若連續無法匹配的向量長度小於 β ，則將物件視為未被遮蔽的狀態，而予以更新特徵值。參數 α 為成功匹配的特徵數量佔目標物件總特徵數量的比例，其範圍為介於 0 到 1 之間的實數。當 α 為 0 時表示目標物件的所有特徵值皆無法被成功匹配，而當 α 為 1 時則代表目標物件的所有特徵值皆被成功匹配。參數 β 為失敗匹配的連續特徵向量長度佔目標物件總特徵向量長度的比例，範圍亦為介於 0 到 1 之間的實數。當 β 為 0 時代表，連續無法成功匹配之向量長度為 0，亦即所有特徵皆已被成功匹配，而 β 為 1 時則表示，連續無法成功匹配之向量長度等於目標物件總特徵向量的長度，亦即所有特徵向量皆無法成功匹配。

[圖-3]所描述之判斷流程，可以依照參數 α 及 β 的設定，判斷物件是否被遮蔽，來進一步決定目標物件之 SIFT 特徵值的更新與否，而 α 及 β 的設定需依目標物件本身的特徵狀況稍作調整。本研究將 α 及 β 分別設定為 0.4 以及 0.07，當成功匹配的特徵值數量少於 40% 或連續失敗匹配的向量長度佔目標物件整體特徵向量長度的 7% 以上時，則視為目標物件已被遮蔽而暫時停止更新特徵值。

四、實證分析

本研究所提出之智慧型物件保全系統的實作，在硬體設備方面是以 SONY SNC-RZ30N PTZ 數位攝影機及 Portwell DVC-3111 數位影像擷取卡作為影像擷取的基本工具，並搭配安裝 Intel Pentium D 3.40GHz 雙核心 CPU 以及 1GB 記憶體的个人電腦一部；另外，對於整個智慧型系統的開發軟體方面則以 Microsoft Visual C++ 6.0 以及 Intel OpenCV 1.1 為主要工具。

本研究利用一個混和式的實驗情境，同時加入亮度變化、尺度變化、視角變化、部分遮蔽和物件翻轉等狀況，來進行 SA-SIFT 及 SIFT 演算法的整體辨識效能評估與比較，[圖-4] 所示即為其中一範例之測試結果。在實驗中係以海報為目標物件，並將海報張貼於白板上，藉由移動白板以製造出物件的尺度及視角變化。而在實驗環境設定方面，則以實驗環境燈光的明暗控制，使得物件移動時能產生亮度變化的效果。而在人員走動以及翻轉物件的過程中，則有部分遮蔽和完全遮蔽等情境。驗證實驗共分五個階段，[表-1]所示為實驗結果之彙整。

在第一個階段，人員走向目標物件的過程中，一共產生 38 張影格畫面，其中 1 張影格畫面的目標物件影像被完全遮蔽。當人員走動而遮蔽目標物件時，SA-SIFT 演算法及 SIFT 演算法皆因無法偵測目標物件而發出警告訊息。

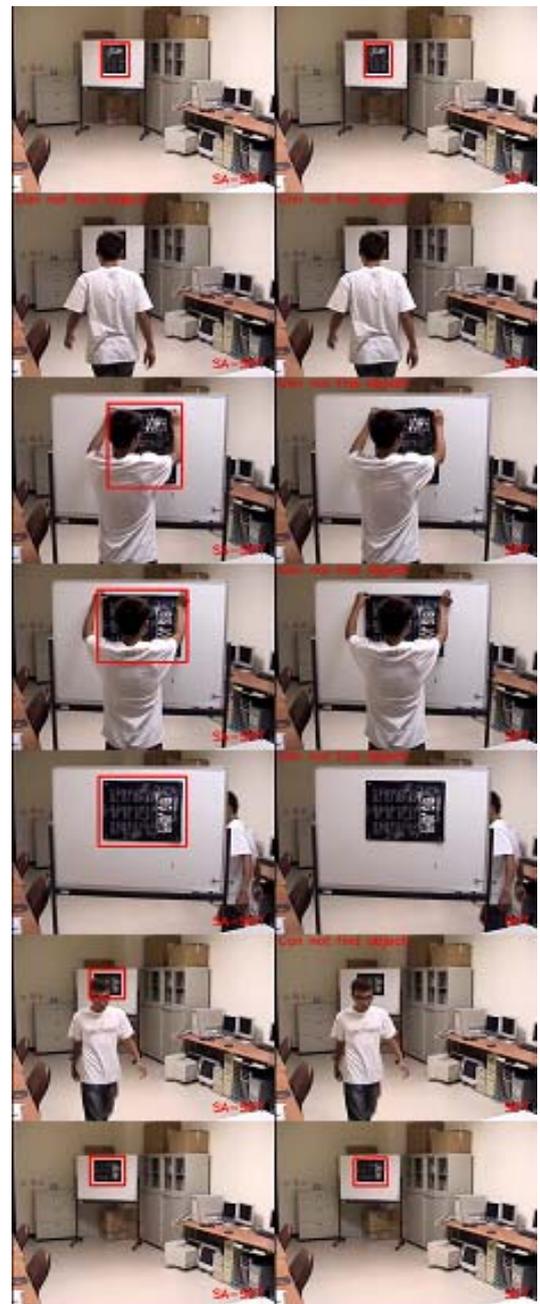
在第二個階段，人員將目標物件以非直線前進的方式推向攝影機，造成物件的視角變化和尺度放大。從[表-1]中可以看到，在第二階段的 20 張影格畫面中，SIFT 演算法受物件視角改變及尺度放大的影響，會在高達 50% 的影格畫面中無法成功辨識出目標物件，而使用 SA-SIFT 演算法則可以完全成功辨識。

第三階段透過將物件翻轉的過程，造成目標物件部分或完全被遮蔽時，在 23 張影格畫面中，SA-SIFT 演算法成功辨識出 70% 影格畫面中的目標物件，而 SIFT 演算法僅成功辨識出 2 張，成功辨識率約為 9%。

第四階段的實驗中，我們將已被翻轉的物件向後移動，並在移動過程中改變白板相對於攝影機的角度，製造出視角變化以及尺度縮小的效果。結果在本階段的 19 張影格畫面中，SA-SIFT 演算法僅發生一次因物件視角變化較大而無法成功辨識的狀況，其餘 18 張影格皆被成功辨識，辨識率約為 95%。而 SIFT 演算法在 19 張影格畫面中，僅能成功辨識出 11 張影格畫

面的目標物件，成功辨識率約為 58%。

最後在第五階段中，人員將已被翻轉的目標物件移回初始位置後，遠離目標物件。在人員離開的過程中，造成一次物件遮蔽使 SA-SIFT 演算法無法成功辨識。在此階段所使用的 29 張影格中，SA-SIFT 演算法辨識出 28 張影格中所存在目標物件，成功辨識率達 97%，而 SIFT 演算法的成功辨識率却僅約為 62%。



[圖-4] 辨識效能比較圖

[表-1] 辨識效能比較表

辨識狀況 情境狀態	SIFT 演算法			SA-SIFT 演算法		
	成功辨識	影格數量	辨識率	成功辨識	影格數量	辨識率
人員走動	37	38	97%	37	38	97%
物件前進	10	20	50%	20	20	100%
物件翻轉	2	23	9%	16	23	70%
物件後退	11	19	58%	18	19	95%
人員走動	18	29	62%	28	29	97%
總計	78	129	60%	119	129	92%

而在運算時間的比較方面，本研究分別將 SIFT 演算法以一張影像特徵、兩張影像特徵的狀況與 SA-SIFT 演算法進行比較，並針對物件特徵值數量較少、物件特徵值數量中等以及物件特徵值數量較多等三種情境來進行運算時間的分析與比較，實驗結果分別如以下的[表-2]、[表-3]以及[表-4]所示。

[表-2] 運算時間比較—物件特徵數量較少時

演算法	SIFT 一張影像特徵	SIFT 兩張影像特徵	SA-SIFT
影格特徵數量	1161	1161	1161
物件特徵數量	53	53+49	139
物件辨識時間	197.22ms	237.83ms	264.25ms
失敗次數	63	54	8
總影格數	153	153	153
辨識率	59%	65%	95%

[表-3] 運算時間比較—物件特徵數量中等時

演算法	SIFT 一張影像特徵	SIFT 兩張影像特徵	SA-SIFT
影格特徵數量	1174	1174	1174
物件特徵數量	118	118+125	149
物件辨識時間	250.02ms	351.35ms	267.53ms
失敗次數	37	20	10
總影格數	135	135	135
辨識率	73%	85%	93%

[表-4] 運算時間比較—物件特徵數量較多時

演算法	SIFT 一張影像特徵	SIFT 兩張影像特徵	SA-SIFT
影格特徵數量	1168	1168	1168
物件特徵數量	255	255+263	175
物件辨識時間	360.60ms	575.64ms	288.67ms
失敗次數	26	14	8
總影格數	136	136	136
辨識率	81%	90%	94%

在以與[圖-4]相似的情境所進行的時間(效能)測試實驗中,[表-2]中所呈現為當目標物件特徵較少時,物件辨識的時間效能與辨識率。在總體影格的平均特徵數量為 1161 個特徵的情境下,本研究以 SIFT 演算法分別採用一張影像特徵、兩張影像特徵以及 SA-SIFT 演算法進行動態物件辨識。其中第一張影像的特徵數量為 53 個特徵向量,第二張影像的特徵數量為 49 個特徵向量,而 SA-SIFT 演算法所採用的目標物件影像平均特徵向量大小為 139。從[表-2]中的數據可以看到,SIFT 演算法僅採用一張影像特徵值時,成功辨識率為 59%,每張影格的平均辨識時間為 197.22 毫秒;而在採用兩張影像特徵值時,SIFT 演算法的成功辨識率提昇至 65%,影格的平均辨識時間也跟著提高至 237.83 毫秒。SA-SIFT 演算法則以變動式的方式適時更新特徵值的數量,目標物件的平均特徵值為 139 個特徵向量,其成功辨識率達 95%,而每張影格畫面的平均辨識時間為 264.25 毫秒。

[表-3]所示為目標物件特徵值數量中等時,動態物件辨識的時間效能與辨識率的統計數據。當目標物件的影像特徵提昇至 118 個特徵向量時,SIFT 演算法的成功辨識率達 73%,平均辨識時間為 250.02 毫秒。而採用兩張影像特徵時,辨識率為 85%,平均辨識時間約需 351.35 毫秒。SA-SIFT 演算法則以平均 149 個目標物件特徵向量,成功辨識出 93%影格的目標物件,辨識時間也僅需 267.53 毫秒。

而從[表-4]的實驗結果顯示,當目標物件的特徵值數量較多時,一張特徵值數量為 255 個特徵向量的影像,物件辨識的時間需耗費 360.60 毫秒,而成功辨識率可達 81%。採用兩張影像特徵時,SIFT 演算法需要以 518 個影像特徵值來進行物件辨識,平均需運算處理時間達 575.64 毫秒之久,辨識率則可提高至 90%。而 SA-SIFT 演算法則僅需以平均 175 個特徵向量,即可成功地辨識出 94%的受測影格畫面,且平均每張

影格畫面的辨識時間僅需 288.67 毫秒。

從[表-2]、[表-3]到[表-4]的結果比較中可以發現：隨著目標物件所有的特徵值增加，物件辨識的成功率會有所提昇，而辨識所需的運算量也跟著提高，造成辨識時間增加。而所提出的 SA-SIFT 演算法能適時調整目標物件的特徵，以適量的特徵值來描述目標物件，因而能有較佳的辨識效能。SIFT 演算法以固定的特徵向量來進行物件辨識，當物件尺度縮小而造成物件特徵數量減少時，仍以固定的特徵數量來進行匹配，而 SA-SIFT 演算法則能適時調整描述物件的特徵向量，使其以最少的特徵值數量來進行辨識，以降低系統的運算量來減少物件辨識所需的時間，且成功辨識率亦可高達 90% 以上。

由上述實驗顯示，SA-SIFT 演算法確實能以適時更新特徵值的方式，取代 SIFT 演算法的特徵資料庫，以適當的特徵值來描述物件，降低物件匹配的運算量，並提昇物件辨識系統的成功辨識率及降低物件辨識的時間，使系統能滿足即時反應的時間需求，使得 SIFT 演算法能實際應用於即時視訊的動態物件辨識中。

五、結論

本研究嘗試以 Lowe 所提出的 SIFT 演算法為基礎，加以改良提出 SA-SIFT 演算法來解決動態的物件辨識問題。經實驗證實，SA-SIFT 演算法應用於動態的物件辨識問題時，確實能有效增加物件狀態變化的容許範圍，提昇動態物件辨識的成功率以及穩定度，降低物件保全系統假警報的發生率。

本研究提出的 SA-SIFT 演算法，以創新的方式嘗試更新目標物件的特徵值。系統能即時選取目標物件的影像來轉換為特徵值進行辨識，並以更新特徵值的方式來持續辨識目標物件，增加系統的彈性。如此作法不僅能省去特

徵資料庫的建立工作，並能降低動態物件辨識的特徵匹配運算量及提高辨識率，使得 SIFT 演算法能實際應用於即時視訊的物件辨識，提升 SIFT 演算法的實用價值。

本研究具體貢獻可分為改良 SIFT 演算法之貢獻與智慧型物件保全系統開發之實務貢獻，針對 SIFT 演算法改良之貢獻可條列如下：

- (一) 本研究所提出之 SA-SIFT 演算法具有高度的彈性，能於監控畫面中即時選取物件進行辨識，而不需事先建立特徵資料庫；
- (二) 有效提昇 SIFT 特徵值的辨識匹配效能，改善 SIFT 演算法對於物件狀態變化之辨識瓶頸，並降低影像特徵匹配的運算量，提昇其辨識效率；
- (三) 擴展 SIFT 演算法的應用層面於即時視訊的動態物件辨識，提高 SIFT 演算法的實用價值。

而智慧型物件保全系統開發的實務貢獻，則條列如下：

- (一) 本研究開發一套可即時通報異常狀況的物件保全系統，減少保全人員對於貴重物品管理的負擔，當監控環境發生異常狀況時，可即時偵測並通報保全人員，以採取適當的應對措施，或是由本系統以自動化的方式來過濾監視錄影資料，找出物件遺失的影像片段，有效減少人員逐一檢視錄影畫面的時間，大幅降低人力資源的支出及節省人事成本；
- (二) 本系統僅需一部攝影機及個人電腦，便可構成一套物件保全系統，使得管理者毋須花費額外的費用添購昂貴的防盜設備。

誌謝

本研究承蒙行政院國家科學委員會提供部份研究經費之補助（專題研究計畫編號：NSC 96-2629-E-431-001），特此致謝。

參考文獻

- [1] 吳明川、劉修廷，PTZ 攝影機應用於人物偵測與追蹤之研究，2008 數位科技與創新管理研討會論文集，台北(2008)。
- [2] 唐政元、吳怡樂、王文宏、林澍新，使用 SIFT 做物件辨識，2008 數位科技與創新管理研討會論文集，台北(2008)。
- [3] 陳彥良，一個不同曝光時間影像序列之強健特徵導向影像定位法，中興大學資訊科學系碩士論文，台中(2006)。
- [4] 趙仁宏，使用小波描述子和傅立葉描述子為基礎之二維物件辨識系統，中興大學應用數學系碩士論文，台中(2000)。
- [5] 鍾育祥，Feature-based 顯微環境下的 3D 物件辨識與追蹤，元智大學機械工程學系碩士論文，桃園(2007)。
- [6] 鍾國亮，影像處理與電腦視覺，東華書局，台北(2006)。
- [7] 繆紹綱，數位影像處理，台灣培生教育出版股份有限公司，台北(2003)。
- [8] Abdel-Hakim, A. E. and Farag, A. A., "CSIFT: A SIFT Descriptor with Color Invariant Characteristics," Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2, pp. 1987-1983, (2006).
- [9] Belongie, S., Malik J. and Puzicha, J., "Shape Matching and Object Recognition Using Shape Contexts," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 24(4), pp. 509-522, (2002).
- [10] Chang, S.L., Chen, L.S., Chung, Y.C. and Chen, S.W., "Automatic License Plate Recognition," IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 5(1), pp. 42-53, (2004).
- [11] Fergus, R., Perona, P. and Zisserman, A., "Object Class Recognition by Unsupervised Scale-Invariant Learning," Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2, pp. 264-271, (2003).
- [12] Harris, C. and Stephens, M., "A Combined Corner and Edge Detector," Proceedings of the Fourth Alvey Vision Conference, pp. 147-151, (1988).
- [13] Karu, K. and Jain, A. K., "Fingerprint Classification," Pattern Recognition, 29(3), pp. 389-404, (1996).
- [14] Ke, Y. and Sukthankar, R., "PCA-SIFT: A More Distinctive Representation for Local Image Descriptors," Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 511-517, (2004).
- [15] LeCun, Y., Bottou, L., Bengio, Y. and Haffner, P., "Gradient-based Learning Applied to Document Recognition," Proceedings of the IEEE, 86(11), pp. 2278-2324, (1998).
- [16] Ledwich, L. and Williams, S., "Reduced SIFT Features for Image Retrieval and Indoor Localisation," Australian Conference on Robotics and Automation, (2004).
- [17] Li, Y., Wang, Y., Huang, W. and Zhang, Z., "Automatic Image Stitching Using SIFT," International Conference on Audio, Language and Image Processing, pp. 568-571, (2008).
- [18] Lowe, D. G., "Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints," International Journal of Computer Vision, 60(2), pp. 91-110, (2004).
- [19] Mikolajczyk, K. and Schmid, C., "A Performance Evaluation of Local Descriptors," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 27(10), pp. 1615-1630, (2005).
- [20] Morel, J. M. and Yu, G., "On the Consistency of the SIFT Method," Technical Report Prepublication, to appear in Inverse Problems and Imaging, CMLA, ENS Cachan, (2008).
- [21] Roth, P. M. and Winter, M., "Survey of Appearance-based Methods for Object Recognition," Technical Report, ICG-TR-01/08, (2008).

- [22] Torralba, A., Murphy, K. P. and Freeman, W. T., "Sharing Visual Features for Multiclass and Multiview Object Detection," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 29(5), pp. 854-869, (2004).
- [23] Trier, Q. D., Jain, A. K. and Taxt, T., "Feature Extraction Methods for Character Recognition-A Survey," *Pattern Recognition*, 29(4), pp. 641-662, (1996).
- [24] Turk, M. and Pentland, A., "Eigenfaces for Recognition," *Journal of Cognitive Neuroscience*, 3(1), pp. 71-86, (1991).
- [25] Viola, P. and Jones, M., "Robust Real-Time Object Detection," *International Journal of Computer Vision*, 57(2), pp. 137-154, (2004).
- [26] Wildes, R. P., "Iris Recognition: An Emerging Biometric Technology," *Proceedings of the IEEE*, 85(9), pp. 1348-1363, (1997).
- [27] Xing, J. and Miao, Z., "An Improved Algorithm on Image Stitching Based on SIFT features," *Proceedings of the Second International Conference on Innovative Computing, Information and Control*, pp. 453-453, (2007).
- [28] Yang, M. H., Kriegman, D. and Ahuja, N., "Detecting Faces in Images: A Survey", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 24(1), pp. 34-58, (2002).