

以電腦視覺與無線通訊為基礎之機器人引導研究

呂全斌
美和科技大學
資訊科技系助理教授
e-mail :
chuan.pin.lu@gmail.com

葉達樺
美和科技大學
資訊科技系大學部學生
e-mail :
david800104@gmail.com

摘要

本研究進行一項基於醫療院所自動化需求，以電腦視覺與無線通訊為基礎之行動式機器人引導方法的探討，此方法目標在於能讓醫院工作者於中控電腦中對特定機器人下達移動命令，中控電腦能藉由監視系統中各個 CCTV 攝影機的影像來引導移動機器人，讓機器人能自主移動到室內的各目的地進行工作。此方法有別於傳統裝設在機器人上的攝影機視訊為視野作法，傳統方法以室內擺設物品做為影像特徵並建立拓撲地圖，然而物品的變化或遮蔽，容易影響到地圖特徵的識別，並失去行進方向的依據；而使用室內高處架設攝影機的視訊為視野，則不易受到特定區域特徵的影響，容易掌控行進方向，並依據當時移動路徑上的狀況，調整機器人的移動方向，然而如何以全方向的二維影像來引導三維空間的機器人還尚未有文獻提出；因此，我們使用監視系統中攝影機的影像，配合自行設計的影像結構地圖，來做為行動式機器人的移動路徑地圖，配合尺度不變特徵轉換演算法來辨識機器人，並予以定位。此外，在長距離移動過程中，為了能讓機器人與中控電腦能維持良好的通訊品質，我們使用 WIFI 作為通訊方式，並以 WIFI RSSI 做為切換鄰近無線網路基地台的依據，該方法未來也可進一步延伸至其他相關的應用，如保全機器人、倉儲機器人系統等。

關鍵詞：行動式機器人、電腦視覺、尺度不變特徵轉換、路徑引導。

Abstract

In this study, we search a method of the vision-based location and guidance for mobile robots. This method will be applied to care robots. We model indoor environments with CCTV cameras using the following visual cues: local features for moving regions recognition and the discrete cell regions for real time motion planning. The methods have been considered a

solution for image processing in autonomous mobile robots location and guidance. In this study, we will propose an image structure maps with scale-invariant feature transform for robot recognition. The image structure map also can be used for another motion planning algorithms, like as genetic algorithms motion planning. Lastly, some recommendations and relevant discussions are given. In the future, the method will be extended to other applications, such as security service robots and automatic poster robots.

Keywords: mobile robot, computer vision, SIFT, vision-based location and guidance.

1. 前言

行政院衛生署 國民健康局日前在 2011 年 7 月時公佈「台灣人口老化地圖」[1]，衛生署更以「老化海嘯襲台」來形容台灣人口老化速度激增的現象。在今年五月的時候，衛生署調查台灣人口年齡層佔總人口比例，其中年齡層在六十五歲以上的老年人口比例約為 10.75%，是為「高齡化社會」，推估在六年後，老年人口比率將達 14%，進入「高齡社會」，接下來的八年後則是「超高齡社會」，老年人口比率將達 20%。然而，伴隨著人口老化的問題則是疾病型態慢性化的問題，將會日趨嚴重，此時我國身心障礙或老衰的人口也同步持續增加，在這樣的情況下，失能人口將會日益增加；雖然，藥物科技與醫療儀器的進步，使得許多重大病症得以控制，因此延長了病人的生命；然而，對老年人而言，部分的急性病轉成慢性病的機率也相當高，這一點使得醫療單位必須著重於照護而非治療，而照護的工作則必須依賴充足的人力才能維持照護基本品質。

然而，國內長期都存在著護理人力不足的問題，其原因是許多護理人員因護理工作容易罹患職業病、危險性高、三班制輪值與生活圈封閉等因素，選擇轉換職業，因此導致護理人員的供給永遠趕不上醫療單位的需求[2]，我國護理人力不足的現象早已經出現多年，更遑論能做好需要充足人力照護的工作。為了減少健

保的負擔與提供國人足夠的需求，行政院衛生署已經在進行一連串的遠距照護相關計畫(行政院衛生署, 2008[3])，期望藉由資訊科技的導入，使得照護服務便利化、科技化與自動化，並且降低照護人力的需求。

許多研究中[6-10]證實了使用資訊設備或系統，確實可以讓護理人員降低工作負荷、協助工作的進行、提高病人的醫療安全與照護品質，護理人員能有多一些時間專注在病人病灶康復狀況上。目前國內正積極發展各式各樣的遠距醫療與照護相關產品，如血壓、血糖、心跳、體溫遠距管理與醫療照護通訊等生理資訊管理平台；此外在輔助獨立生活感測器[4]則有智慧型藥盒、遠距視訊攝影機、跌倒偵測器、離床偵測器、PIR 動作偵測器、個人隨身壓扣發報器等等；還有尚在發展的多功能機器人，如 照護機器人、醫療用途移動式機器人、義肢暨載具型機器人、復健輔助型機器人、移動輔助型機器人、日常生活輔助型機器人與溝通型機器人[5]。

尚在發展的多功能機器人(Care Robot)大部分都具有移動能力，移動能力可讓機器人的功能延伸到室內的每個地方，對於醫療與照護人員而言是一項相當重要的功能。而機器人的移動目前常見的做法是必須要由遠端人員來進行控制，為了避免機器人於移動過程中撞到物體或牆壁，使用許多感測器來進行偵測，如超音波發射器、紅外線發射器、攝影機、碰觸感知器與溫度感知器等等裝置，這樣的做法雖然簡單，但相當依賴人力，當一個人同時要控制多台機器人時，人為控制的做法則容易發生問題。為了讓具行動能力的機器人更智慧化，因此機器人自主性行動(Autonomous Action)的研究開始有了許多的探討，這些研究的最終目標是操控者只要給予目標地的指令，機器人則就能夠自主性的找尋最佳路徑與避開障礙物移動至目標地；其中，定位技術可以提供機器人自主能力的一種重要的基礎，所以定位方法探討是一項重要的議題，自主性的移動能力對移動式機器人尤其顯得相當重要，這是因為室內環境中會有許多家俱裝潢與人員走動遮蔽的情況，這些將會嚴重考驗機器人的移動能力。Wang [17]、Cho [18]、Kim [19]與 Han [20]等人的研究，著重在使用各類型的感測器(如 Ultrasonic、RFID、Infrared Rays 與 GPS)來進行機器人的定位，Song[11,12]則是在室內使用 Zigbee 無線通訊網路的定位，此方法的缺點是必須要佈置密集的 Zigbee 模組。

相較於其他類型的感測器而言，光感應式的攝影機具有幾項不可獲缺的特性，如攝影機可以取得大範圍的環境資訊與可以使用直覺式的方式來進行定位與引導(就如同人一樣)，以視覺影像為基礎的定位方法有兩種：一是以機器人裝置上的攝影機視訊為視野，透過室內擺設物品的影像特徵來建立數據地圖(Metric Maps)、拓樸地圖(Topological Maps)或認知地圖(Cognitive Maps)，相關研究有使用全景視覺攝影機[13-16]配合數據地圖(Metric Maps)或拓樸地圖(Topological Maps)來進行定位與引導機器人；然而，使用拓樸地圖的做法，則容易受到室內擺設物品位置的變動與遮蔽的影響，進而失去行進方向的依據。此外尚有兩項因素不利於此方法的定位，一是空間背景紋理也不能過於複雜，複雜紋理背景容易影響到物品特徵偵測的準確度；另一項因素則是機器人裝置上攝影機的高度決定環境的視野範圍，高度太低會因環境的物品太多而無法有效偵測到具代表性的物件，高度太高可偵測到的物品可能太少而失去地圖的精確度。另一種影像定位方法是使用架設於室內高處 CCTV 攝影機的視訊影像來做為視野，透過大範圍的視訊畫面來定位與引導機器人，該方法的優點是不受室內物品的擺設變動的影響，由當下的狀況直接判定機器人的移動方向，不易失去行進方向，此方法必須要使用多部相對位置攝影機，才能持續監測到機器人，看來似乎是一項缺點，但現今辦公大樓與居家的保全系統也都設置了許多的攝影機來監看人員的進出狀況，恰好可以符合此方法的需求；另外，機器人影像識別也是一項關鍵，由於此方法是使用二維影像來進行識別，隨著機器人的移動，機器人影像比例會有變化，會增加影像辨識的難度。在上述兩種視覺影像定位方法中，由於第一種方法，機器人無法觀察到自身的位置，因此在尋找路徑上的效能較低落；反之，我們認為第二種方法使用外部攝影機，來取得機器人的位置與大範圍環境影像，在機器人的定位與引導效能上較佳，同時較適合應用在現今醫院或辦公大樓環境，這樣的方法能有更佳的彈性與更快速的環境適應性，但必須要解決機器人影像辨識的問題。

因此，在此研究中，我們使用以視覺影像為基礎的定位方法，使用 CCTV 攝影機的視訊影像，來進行機器人的定位與引導；過程中，我們使用影像處理方法來建立影像結構地圖(Image Structure Maps)，並且使用尺度不變特

徵轉換(SIFT/Scale-Invariant Feature Transform) [21]來進行來進行機器人的影像特徵擷取，與歐幾里得距離[22]來進行特徵相似度比對。過程中我們會使用到邊緣檢測、色彩量化處理、二值化處理、影像幾何分析、移動物體偵測、快速標記處理等等方法。

在中控電腦與機器人的通訊上，為了能讓機器人在長距離移動過程中與中控電腦能維持良好的通訊品質，我們使用 WIFI 802.11 作為通訊方式，同時配合具 WDS(Wireless Distribution System)功能的無線網路基地台(Wireless Access Point)來使用，以 WIFI RSSI(Received Signal Strength Indication)做為切換鄰近無線網路基地台的依據。使用 WIFI 無線通訊的因素為 WIFI 設備普及性高，現今辦公大樓、醫療院所或居家環境都廣泛設置；建置成本較低廉；許多手持式裝置皆具有 WIFI 功能，其他功能延伸性高。我們將在以下的章節針對本研究使用的方法來做一敘述。

2. 方法與實驗

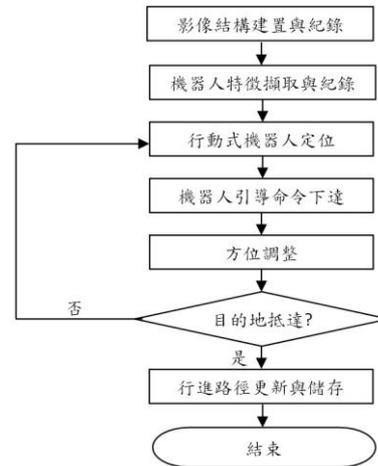
本研究中我們採 Client-Server 架構，設定一中控電腦為負責控制機器人移動的工作站(Server 端)，行動式機器人則為 Client 端，Server 端在區域網路中透過 TCP/IP 通訊方式下指令，指令可以透過有線或無線網路進行傳送，並接收 Client 端傳回的訊號。方法一開始，必須先行建立起環境的影像結構地圖與機器人的 SIFT 影像特徵資訊；影像結構地圖的建立是直接使用中央監視系統 CCTV 攝影機視訊影像，並配合自行設計的影像處理演算法來建置出的影像結構地圖，並將影像結構地圖儲存至系統中，只要攝影機架設位置不改變，此程序僅需執行一次；而機器人的 SIFT 影像特徵資訊，必須先使用機器人的影像與 SIFT 演算法來建立相關特徵，並儲存起來。準備好兩項資料後，隨著機器人的移動，我們計算 CCTV 攝影機即時影像的 SIFT 特徵，並比對其結果，用以定位出機器人在視訊畫面中的位置，並引導至目的地，流程如圖一方法架構流程圖所示。

接下來就影像結構地圖、SIFT 特徵擷取演算法與 WIFI 通訊架構進行說明。

2.1 影像結構地圖

所謂的影像結構地圖是依據影像內容自然型態，將影像切割成許多影像區塊，實際上這些影像區塊可能是單一物件或是地板磁

磚，我們讓這些物件的影像區塊成為地圖中的“區域”，而機器人的行進路徑則是通過些區域的中心位置，直到目的地。為了能建立影像結構地圖，我們使用以下影像處理演算法，如影像邊緣檢測、影像切割與影像區域標記來達成。



圖一、方法架構流程圖

● 影像邊緣檢測 (Edge Detection)

由於影像數據對電腦而言僅是光感應變化下的資料，影像擷取下來後必須針對具有相同結構的像素以群組(區域)方式標記並賦予意義，數據才能成為有用的資訊；為了擷取能代表環境特徵的物件影像區域，我們以物件於影像中呈現出來的邊緣線作為切割線，因此我們需要使用高通濾波器並配合一些影像處理演算法來檢測出邊緣，所需的演算法與步驟：色彩模式轉換、Gaussian 模糊化處理、Sobel 濾波邊緣檢測、影像二值化處理、中值濾波、細線化處理。

2.1.1. 色彩模式轉換：

首先將 24-bit 彩色影像轉換至 8-bit 的灰階影像可降低演算的複雜度，轉換公式可由下式來獲得[22](其中 r 、 g 、 b 分別為彩色影像中三成份的灰階值，而 f 為轉換為 8 Bits 影像的灰階值)。

$$f = 0.299r + 0.587g + 0.114b \quad (1)$$

2.1.2. Gaussian 模糊化處理：

接下來，為了讓邊緣資訊的效果提昇，必須降低影像雜點資訊，才能保留物件清楚的邊緣線，所以透過 Gaussian 濾波模糊化處理(h)來降低影像雜點的干擾，二維的 Gaussian 函數如下(Gonzalez, et al., 2002)：

$$h(x, y, \sigma) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-(x^2+y^2)/2\sigma^2} \quad (2)$$

$$f_G(x, y, \sigma) = h(x, y, \sigma) * f(x, y) \quad (3)$$

其中 x 與 y 為影像水平軸與垂直軸座標符號， σ 為標準差，符號 $*$ 為旋積運算處理，其處理結果用符號 f_G 表示。

2.1.3. Sobel 濾波邊緣檢測：

邊緣檢測演算法有幾種方式可以實現，如 Roberts 梯度運算子、Prewitt 運算子、Sobel 運算子、Laplacian 運算子等等，這些方法都可以獲得影像邊緣資訊，而效果會隨著不同的應用而有所不同，在此我們選擇能抑制雜訊特性的 Sobel 運算子來偵測出影像中的邊緣資訊，並用邊緣來做為影像區塊切割線。Sobel 運算子可由以下梯度公式 ∇f_G 來獲得[22]：

$$\nabla f_G = \text{mag}(\nabla \mathbf{f}_G) = [D_x^2 + D_y^2]^{0.5},$$

$$\nabla \mathbf{f}_G = [D_x \quad D_y]^T = \left[\frac{\partial f_G}{\partial x} \quad \frac{\partial f_G}{\partial y} \right]^T,$$

$$D_x = (s_7 + 2s_8 + s_9) - (s_1 + 2s_2 + s_3),$$

$$D_y = (s_3 + 2s_6 + s_9) - (s_1 + 2s_4 + s_7). \quad (4)$$

取得影像的邊緣資訊 ∇f_G 後，接著進行二值化處理，將邊緣強度較高的部份擷取出來做為區塊邊界，讓影像內部多個能代表特殊屬性的區域分割出來。

2.1.4. 影像二值化處理：

二值化的處理重要關鍵在於灰階閾值，於此我們使用 Otsu 學者所提出(Otsu, 1978)[23]的統計式閾值決定法，此方法的概念為假設有一最佳閾值，可將影像中的像素分為兩區(O_1 與 O_2)，其 η 的決定必須滿足兩個條件其中一項即可。

條件一、使得 O_1 與 O_2 之間的變異數最大。

條件二、使得 O_1 與 O_2 內在的變異數總和最小。

$$\beta = \begin{cases} 255, & \text{if } \nabla f_G > \eta \\ 0, & \text{if } \nabla f_G \leq \eta \end{cases} \quad (5)$$

透過 Otsu 統計式閾值的二值化處理後的結果為 β 影像。為了能獲取更多影像區塊(地圖區域越多)，我們可以取較低的閾值 $\eta/2$ 。

2.1.5. 中值濾波：

使用中值濾波是為了要去除二值化後，邊緣影像上的一些小雜點，方法中使用中值濾波

來去除影像中的雜訊。

2.1.6. 細線化處理：

透過細線化處理將邊緣線的寬度最小化為一個像素的寬度，如此一來，這樣的格線就可以作為網格的邊界，接著再透過切割與標記處理，每個區域網格之間也有相對應的交互關係，這樣一來我們就可以使用網格型類神經網路於具網格型態的影像結構地圖上。細線化的定義是假設有兩個於集合 \mathbf{A} 與 \mathbf{B} ， \mathbf{A} 被一個結構元素 \mathbf{B} 細線化，可表示成使用 $\mathbf{A} \otimes \mathbf{B}$ ，我們可以使用一個結構元素序列來定義細線化：

$$\mathbf{A} \otimes \{\mathbf{B}\} = ((\dots(\mathbf{A} \otimes \mathbf{B}^1) \otimes \mathbf{B}^2 \dots) \otimes \mathbf{B}^n) \quad (6)$$

下圖為經過六個影像處理步驟後所獲得的結果。



圖二、(a)原影像;(b)細線化處理影像。

2.2 影像切割與影像區域標記

2.2.1. 膨脹化處理：

取得細線化後的邊緣線作為影像區域切割的基準，定義圖二中的邊緣線為1(白色)，其餘部分為0(黑色)，在邊緣線之間經常存在著少許的縫隙，為了讓邊緣線更完整，我們使用型態處理方法中的膨脹運算[22]來進行填補的動作。膨脹的定義為假設有兩個於影像函數 Z^2 中像素的集合 \mathbf{A} 與 \mathbf{B} ，使用 \mathbf{B} 對 \mathbf{A} 來進行膨脹處理，是為 z 所有位移的集合，這些位移可以使得 $\hat{\mathbf{B}}$ 和 \mathbf{A} 之間至少有一個元素的重疊，將處理結果標記為 $\mathbf{A} \oplus \mathbf{B}$ ，公式的定義如下：

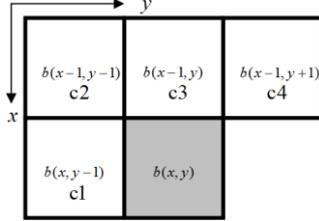
$$\bar{\beta} = \mathbf{A} \oplus \mathbf{B} = \left\{ z \mid [(\hat{\mathbf{B}})_z \cap \mathbf{A}] \subseteq \mathbf{A} \right\} \quad (7)$$

每個點 $z \in \mathbf{B}$ ，這些點對 \mathbf{A} 來進行平移，並將全部的平移結果取聯集處理。

2.2.2. 影像區域標記：

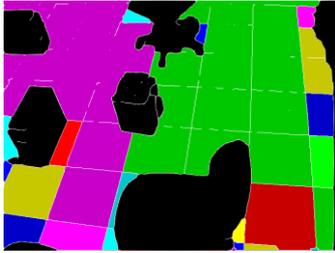
我們以邊緣線為切割線 $\bar{\beta}$ ，其餘部分則為切割後的影像區域 $\tilde{\beta} = 1 - \bar{\beta}$ ， $\tilde{\beta}$ 影像區域標記處理，是使用 He 等人[24]所提出的非遞迴式(Non-recursive)的快速標記法來進行區域標記，該方法是一種 Two-scan 標記演算法，演算效率比傳統遞迴式標記法、Multi-scan 標記演

算法、Hybrid 標記演算與 Tracing-type 標記演算來的更快速，非常適合使用在影像結構地圖即時定位上，在他們的方法上，使用 8 連通的遮罩(如圖三所示)來分析像素的鄰近位置，並且定義了 16 種像素間可能的連結型態，配合 Karnaugh 地圖來決定該像素歸屬的標籤；圖十三為影像區域切割與標記的結果，我們用不同的顏色來表示各區域。我們把先前影像區域識別的結果與標記後的區域用聯集方式結合起來，即是我們需要的影像結構地圖。



圖三、八連通遮罩[24]

圖四為單一畫面影像結構地圖，而圖五為多畫面影像結構地圖。



圖四、單一畫面影像結構地圖



圖五、多畫面影像結構地圖

2.3 尺度不變特徵轉換演算法

Lowe 在 2004 年[25]完整的建構出尺度不變特徵轉換演算法，此方法是建立在不變性技術的特徵檢測方法上，此演算法可以抵抗圖像尺度、大小縮放、亮度、旋轉與仿射等改變，都能夠保持不變性的特徵計算演算法。SIFT 的做法主要是針對影像的局部特徵來進行分析，透過幾個不同程度的梯度變化與像素變化，來取得局部區域影像的重要特徵；因此，該特徵對旋轉變換、尺度縮放、亮度變化保持不變性，對部分影像屏蔽、視角變化、仿射變換、影像雜訊也保持一定程度的穩定性。也是基於上述 SIFT 不變性的特性，我們認為 SIFT 適合用於因移動而使得機器人影像比例變化的需求，以下為 SIFT 演算法的敘述。

SIFT 演算法是透過兩個部分來完成，第一部分為 SIFT 特徵的計算，此做法是以多張不

同比例與梯度變化的影像進行尺度縮放、縮放、旋轉、亮度變換無關的特徵向量計算；第二部分為則是 SIFT 特徵向量的比對。

SIFT 特徵的計算：首先是分別建立不同比例的 Gaussian 模糊處理的影像空間與 Gaussian 模糊梯度(Difference of Gaussian/DOG $\sigma^2 \nabla^2 h$)的影像空間。Gaussian 模糊處理使用公式(2)來進行，Gaussian 模糊處理的影像 f_G 是由影像 f 與 Gaussian 濾波 h 進行摺積運算所得，如公式(3)， f_G 亦稱為尺度空間，一般計算皆採用最多 4 階 Octave，Octave 數量的計算如公式(8)，每一 Octave 有 5 層影像，每一階層 Octave 影像大小差異一半，其中 σ 的變化為 $\sigma, k\sigma, k^2\sigma, k^3\sigma, k^4\sigma, \dots$ ；初始 σ 為 0.707 而 $k = \text{sqrt}(2)$ 。

$$\log(\min(\text{width}, \text{height}))/\log(2) - 2 \quad (8)$$

Gaussian 模糊梯度 DOG 即相鄰兩尺度空間函數之差，於此用符號 D 來表示，並表示於如公式(9)

$$\begin{aligned} D(x, y, \sigma) &= (h(x, y, k\sigma) - h(x, y, \sigma)) * h(x, y) \\ &= f_G(x, y, k\sigma) - f_G(x, y, \sigma) \end{aligned} \quad (9)$$

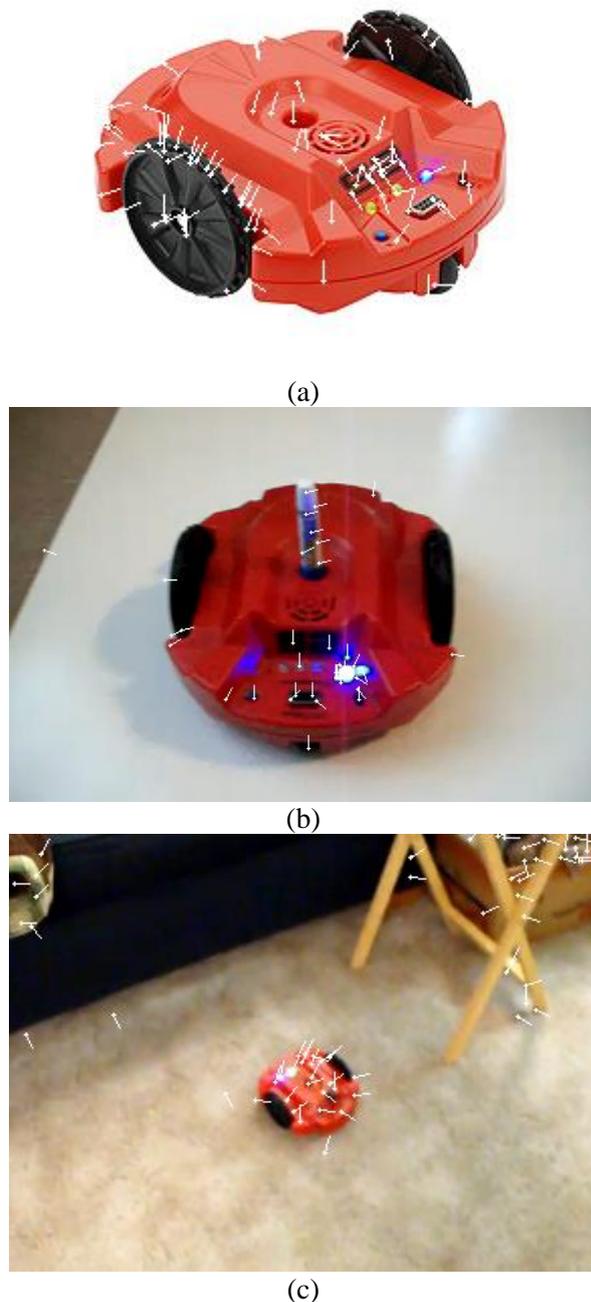
在獲得兩個重要的影像空間 f_G 與 D 之後，接著必須找尋 DOG 尺度空間的極值點，這樣的做法可以確保在 DOG 尺度空間和二維影像空間都檢測到局部極值，偵測到極值後必須記錄下該點的座標 (x, y) 與對應的尺度 $(k\sigma)$ 。接下來，則要進一步定位關鍵特徵點位置，局部極值點仍無法做為有效的特徵點，需要透過一三維二次函數的檢驗，若該極值點符合條件則選為關鍵特徵點。得到正確的極值點後，最後是確定特徵點的方向，利用特徵點鄰域像素點的梯度方向分布特性來做為特徵點的方向參數，其中 m 為梯度大小， θ 為方向。

$$m(x, y) = [(f_G(x+1, y) - f_G(x-1, y))^2 + (f_G(x, y+1) - f_G(x, y-1))^2]^{0.5} \quad (10)$$

$$\theta(x, y) = \tan^{-1} \left[\frac{G(x, y+1) - G(x, y-1)}{G(x+1, y) - G(x-1, y)} \right] \quad (11)$$

SIFT 所產生的每一個特徵點有 128 維度資料，若一影像所找出的有效極值點有 10 點，其特徵值資料共有 12800 數據。特徵值的比對則是使用最小歐幾里得距離(Minimum Euclidean Distance)來判斷，為了獲得穩定的匹配點，Lowe 找尋該特徵點最接近的兩個匹配點，若最近匹配點的距離除以次鄰近匹配點距離，其結果小於某一特定閾值，則接受此匹配點，否

則不予接受。圖六為移動式機器人的 SIFT 特徵梯度大小與方向(白色箭頭)。



圖六、移動式機器人之 SIFT 特徵

2.4 WIFI 無線通訊架構

為了配合現今醫療院所或大樓的環境，同時也為了能讓機器人能在長距離移動過程中與中控電腦能維持良好的通訊品質，與降低設置成本，此系統通訊架構選擇使用 WIFI 802.11 來做為通訊方式。WIFI 硬體模組使用 Gainspan WIFI Shield (GS1011MIP 模組)，此模組採用 IEEE 802.11 通訊協定，具有 UART、I2C、SPI、

ADC、PWM 與 GPIO 等介面，也可透過 AT Command 來查詢與設定通訊模組參數。本系統移動式機器人的核心晶片使用 Parallax Propeller 系列低功耗 P8X32A MCU，透過 UART 介面與 GS1011MIP 模組進行通訊，過程中每隔一段時間檢查 WIFI RSSI 數值，當連線 AP 的 RSSI 數值低於鄰近 AP 時，裝置將切換至鄰近無線網路基地台。

3. 結論

本研究目標在於透過監視系統中的 CCTV 攝影機視訊影像來引導移動式機器人自主移動到室內的各目的地進行工作，同時也能藉由 WIFI 無線網路來維持中控電腦與機器人之間的通訊，現階段我們已經完成影像結構的建置、影像 SIFT 特徵擷取與移動式機器人 WIFI 通訊功能的建置，但在 SIFT 特徵比對上，匹配機率過低，與文獻中的效果截然不同，這一點仍須努力，也是接下來必須解決的問題，未來我們將繼續朝這方面來著手；此外，未來我們希望能將此技術應用智慧型病床的移動上。

致謝

本研究是由 NSC 國家科學委員會的支持，101 年度計畫編號：NSC 101-2221-E-276-002。

參考文獻

- [1] 行政院經建會，2008，“中華民國臺灣 97 年至 145 年人口推計”，<http://www.cepd.gov.tw/>
- [2] 陳惠惠，2006 年 5 月 10 日，“護理工作壓力大 離職潮 1/3 是新人”，*聯合報*，E4 版。
- [3] 行政院衛生署，2008，“遠距照護試辦計畫”，<http://doh.telecare.com.tw/>
- [4] 康妥舒，<http://www.tunstall.com.tw>。
- [5] 魏聰哲，2012，“日本醫療照護機器人產業發展概況與政策分析”，*機器人世界情報網*，<http://www.robotworld.org.tw>。
- [6] Marion J. B., Kathryn J. H., Susan K. N. and Judith V. D., *Nursing Informatics: Where Caring and Technology Meet (Health Informatics)*, Springer; 3rd ed., 2000.
- [7] Linda Q. T., Jeanne Sewell, *Informatics and Nursing: Competencies and Applications*, Lippincott Williams & Wilkins; 3rd Edition, 2009.
- [8] Royle J.A., Blythe J., DiCenso A., Boblin-Cummings S., Deber R. and Hayward R., “Evaluation of A System for Providing

- Information Resources to Nurses”, *Health Informatics Journal*, Vol. 6(2), pp. 100-109, 2000.
- [9] Huang H.-L., Chang Y.-M., Li M.-C., Tang S.-Y. and Lee T.-T., 2011, Information Technology in Nursing: Using the Decision-Making Support System in the OPD Nursing Instruction Information System, *The Journal of Nursing*, Vol.58, No.1, pp. 79-84.
- [10] 邱曉彥、陳靜敏, “資訊科技與社區護理之結合:遠距護理的興起”, *源遠護理*, Vol. 4, No.2, pp. 5-10, 2010.
- [11] 宋開泰, 2008, Rola 家用型機器人, <http://isci.cn.nctu.edu.tw/index.html>.
- [12] Lin, C.-H., Yang, S.-H., Chen H.-T. and Song, K.-T., Mobile Robot Intruder Detection Based on a Zigbee Sensor Network, in *Proc. of 2008 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (SMC 2008)*, Vol. 12, pp. 2786-2791, 2008.
- [13] KroËsea, B.J.A., Vlassisa, N., Bunschotena, R. and Motomurab, Y., “A Probabilistic Model for Appearance-Based Robot Localization”, *Image and Vision Computing*, Vol. 19, pp. 381-391, 2001.
- [14] Cox, I.J., and Leonard, J.J., “Modeling a Dynamic Environment Using a Bayesian Multiple Hypothesis Approach”, *Artificial Intelligence*, Vol. 66 (1), pp. 311–344, 1994.
- [15] Elfes A., *Occupancy Grids: A Probabilistic Framework for Robot Perception and Navigation, Ph.D. Dissertation*, Department of Electrical and Computer Engineering, Carnegie Mellon University, 1989.
- [16] Lu, F. and Millos, E., “Robot Pose Estimation in Unknown Environment by Matching 2D Range Scans”, *Journal of Intelligent and Robotics Systems*, Vol. 18(3), pp. 249-275, 1997.
- [17] Wang, M. L., Chung, Y. C. and Lin, H. Y., “A Self-Localization Technique for Mobile Robots using Image-Based Ground Plane Detection”, *Proceedings of the 2009 International Conference on Service and Interactive Robotics*, (<http://vision.ee.ccu.edu.tw/modules/tinyd1/index.php?id=7>), 2009.
- [18] Cho, S.-K., Yang, T., Choi, M.-G. and Lee, J.-M., “Localization of a High-Speed Mobile Robot Using Global Features”, *ICARA 2009. 4th International Conference on Autonomous Robots and Agents*, pp. 138-142, 2009.
- [19] Kim, S.-H., Roh, C.-W., Kang, S.-C. and Park, M.-Y., “Outdoor Navigation of a Mobile Robot Using Differential GPS and Curb Detection”, *2007 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, pp. 3414-3419, 2007.
- [20] Han, S. S., Kim, D. K. and Lee, J. M., “A New Tag Arrangement Pattern for a Differential Driving Mobile Robot Based on RFID System”, *ICCAS '07- International Conference on Control, Automation and Systems*, pp 1228-1233, 2007.
- [21] Lowe, D., “Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints”, *Internat. J. Comput. Vision*, Vol. 60(2), pp. 91-110, 2004.
- [22] Gonzalez, R. C. and Woods, R. E., *Digital Image Processing*, 2nd ed., Prentice-Hall, 2002.
- [23] Otsu, N., “A Threshold Selection Method from Gray Level Histogram”, *IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 9(1), pp. 62-66, 1978.
- [24] He, L., Chao, Y., Suzuki, K. and Wu, K., “Fast Connected-Component Labeling”, *Pattern Recognition*, Vol. 42, pp. 1977-1987, 2009.
- [25] Lowe, D., “Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints”, *Internat. J. Comput. Vision*, Vol. 60(2), pp. 91-110, 2004.