

居家清掃機器人之清掃區域規劃與控制

張書榮、余志成*

國立高雄第一科技大學機械與自動化工程系

摘要

本文研究居家清掃機器人在已知複雜居家環境之清掃規劃與行進控制，包括清掃區域規劃、行進路徑控制、機構設計、機電運動控制等課題。為提升清掃效率與導航控制，以已知的環境參數建立電子地圖，藉由房門與通道特徵指定行進控制節點，以規劃出多個清掃區域與其清掃順序。室內導航運用區域節點進行路徑規畫，配合臨時障礙的避障策略，以快速找到前往指定位置的最佳路徑。為克服室內設計常見的高架地板與門檻障礙，本研究開發具有攀爬機構設計的機器人為載具，在行進控制中能自動偵測可攀爬的障礙，利用跨越機構的展開與收合，跨越高架地板或門檻。機器人利用單晶片 PIC16F877 為基本動作控制核心，透過碰撞感測器與六個紅外線感測器判斷障礙物類型與位置，完成直行、轉向、循邊與跨越的動作。再藉由遠端伺服電腦上 MATLAB 的 GUI 環境，設計整合與控制介面，以藍芽通訊，利用馬達的編碼器來估計機器人的方位，再將規劃路徑以模組化指令結構進行導航控制。最後透過製作原型實體與機電整合控制，來驗證本控制架構的可行性。

關鍵字：清掃機器人、清掃規劃、越障機器人、路徑控制。

1. 前言

現今居家服务型機器人，除了對於娛樂、居家保全及防災等功能機器人之研發外，對於家庭中清潔機器人（自主移動式吸塵機器人）的研究也呈現出熱絡的景象。其基本結構包括一基座，基座中設置移動的動力裝置，以及可吸入並容置灰塵的集塵裝置，或在底端增設拭塵紙及旋轉型的毛刷，以提升清潔效果。同時配合控制路徑設計，使其可自行在室內空間中依行走路徑的設置，隨機自走、螺旋行走、靠牆行走或乙字型的移動，而達成在室內自動進行位移與打掃工作。市面上已有推出不少商品化的家用清掃機器人 [1][2][3]，甚至在電池電力降低或垃圾滿時，能以紅外線導引機器人清潔路徑，並自動回站充電並將機器人所蒐集到的灰塵，轉移到充電站中的貯存盒 [4]。

機器人行走在一個未知的居家環境中進行任務，行進過程中障礙物與機器人的相對位置是一個極為重要的資訊，如何使機器人達到避障（Collision Obstacle）、導航（Navigation）和路徑規劃（Path Planning）等，一直是受到廣泛討論的問題。有的文

獻使用格點分解法（Cells Decomposition）[5]，先將地圖劃分為很多方型的格點，再進行距離轉換法（Distance Transform）規劃出一條最短的行走路徑的路徑；還有一種稱為切線蟲（Tangent Bug）的方式閃避障礙物 [6]，包含二種模式：（1）移動到目標模式（2）沿著障礙邊緣走的模式，規劃出一條閃避障礙的路徑。Nakju [7] 等則提出一種仿人類行走途徑的方式規劃出機器人行走的最佳路徑。

機器人同步定位與地圖建構（Simultaneous Localization and Mapping, SLAM）在近年來引起廣泛的討論 [8]，所謂的 SLAM 主要是在探討如何使機器人能夠在未知的環境中同時定位並且逐漸地建立環境地圖的研究。SLAM 主要利用影像或感測器取得環境的局部特徵或相對特徵，再利用這些特徵同步建立環境地圖。當利用 SLAM 的技術取得環境地圖後，機器人即能自主地行動。目前已有將此技術實際運用於市售的商品，如韓國的清掃機器人「VC-RP30W」[9]，便能夠辨識周圍環境自動描繪 3D 地圖，以便有效率地進行清掃。

居家的環境通常具有數間房間，一般機器人在清掃時並不區分個別房間，只是隨機的行走在這些房間中，會導致有些房間並未清掃完成即前往其他房間清掃，而在這些房間穿梭會導致機器人的清掃效率降低。因 SLAM 的技術逐漸成熟，環境地圖的建構已能達成，然而在取得環境地圖後，將如何運用此環境地圖提升清掃機器人的清掃效率或有效的進行路徑規劃與導航，又是一項值得探討的問題。

本文研究「居家清掃機器人區域規劃與路徑控制」，藉由已知的居家環境建立電子地圖，透過清掃區域的規劃將居家環境規劃出數個清掃區塊，並且分析清掃區塊的聯接關係，排列出清掃順序。再運用節點的方式進行路徑規畫，規劃出清掃區域到其他清掃區域的最佳路徑。同時探討清掃機器人的機電架構與參數化的運動模態，藉由機器人上設置感測器，偵測能攀爬的障礙物例如高架地板（如和室）或者是有門檻的房間，利用攀爬機構與路徑規劃自動的跨越障礙，使能順暢無間斷的完成室內的環境清潔。

2. 系統構造

2.1. 機構設計

本研究所設計之居家清掃機器人具有跨越功能 [10]，機構設計包含機身、跨越機構、行進機構與集

*聯絡作者：jcyu@ccms.nkfust.edu.tw

塵機構。機身為整體機器人的主要結構，下方設有旋轉毛刷與吸塵器作為清掃用。而跨越機構的設計如圖 1 所示[11]，在機身前端與後端各設置一組輪臂，在未進行攀爬動作時，兩組輪臂呈收回的狀態，並運用固定在輪臂上的行進機構利用控制驅動輪同方向或反方向運轉，即可使機器人前後行進或轉向之用。

當遇到可攀爬障礙物時，利用兩組輪臂連動的方式進行展開，輪臂的展開使機器人跨越上凸出門檻或高架地板（如和室）上，或由高架地板走下地面如圖 1 與圖 2 所示，本研究所設定之可跨越高度上限為 8 公分。攀爬機構由二組展開的舉臂機構與渦桿渦輪組合而成，使清掃機器人順暢的爬上高架地板、和室或凸出門檻，進行清掃的工作。

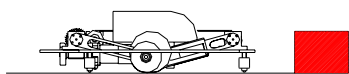


圖 1 清掃機器人機構設計

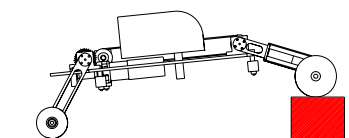


圖 2 清掃機器人跨越台階動作

2.2. 系統控制架構

本研究整體系統控制架構如圖 3 所示，包含中央控制單元、攀爬單元、行走單元、感測單元、清掃單元、電源單元與通訊單元。控制中心為 PIC16F877 透過藍芽裝置與電腦主機溝通，將感測器與馬達編碼器的訊號傳送回主機推算機器人位置並規劃路徑。

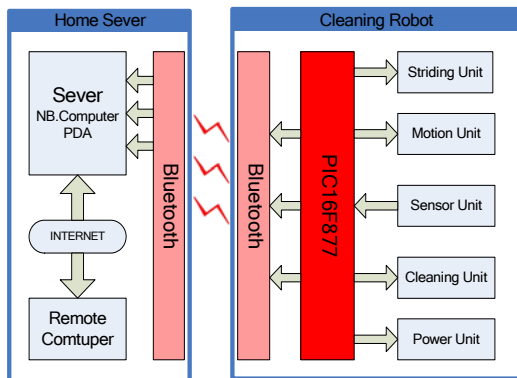


圖 3 系統控制架構

3. 機器人的機電控制

3.1. 馬達控制

本文採用三顆直流馬達的額定電壓為 12V，其中一顆用於輪臂開合，其它兩顆為行走用馬達，在其後端各具有一組 14 脈波/圈之霍爾編碼器，可產生 90 度相位差之兩個串列脈波，藉由偵測此兩個串列脈波何者超前，可判斷馬達的旋轉方向；而由脈波數及脈波

頻率。可決定馬達的旋轉位置與速度。因馬達之後有減速機構，因此可得到驅動的解析度為：

$$E_r = Q \times K \times K_m \quad (1)$$

E_r ：馬達解析度(個/每轉)

Q ：編碼器解析度(脈波/圈)

K ：馬達內減速機構減速比

K_m ：馬達外減速機構減速比

本文採用的編碼器解析度為 13 脈波/圈，馬達內減速比為 1/19，外減速機構減速比為 1:10。故驅動輪旋轉一圈可產生 2470 個脈波訊號，可做為馬達速度控制與距離量測之回授訊號。本研究利用一顆單晶片輸出兩組 PWM，經由馬達驅動 IC 控制兩顆直流馬達。在取得兩顆馬達的位置訊號後，利用 PID 控制修正 PWM，校正兩驅動輪的速度差以降低機器人行走誤差。

3.2. 機器人運動控制的模組

輪型機器人的基本動作主要有前進、後退、左轉與右轉等，為了能方便結合路徑規劃與機器人控制，本文將這些基本指令以參數化控制模組的方式設計，可將行走路徑直接轉變成控制指令命令機器人動作。包括有六種運動模態：直行(Forward)、原地旋轉(Spin)、轉彎(Turn)、圓弧迴轉(Turn By Arc)及跨越上、下(Stride up and down)，等本研究將輪型機器人的基本運動行區分為以下的幾種各運動模態其說明如表 1。

表 1 運動控制模組

運動模態	運動行為	控制參數
直行 (Fwd/Bwd)	機器人直線向前或向後運動	距離、方向
原地旋轉 (Spin)	機器人以身體為中心旋轉	角度、方向
轉彎 (Turn)	機器人以單側輪為中心旋轉	角度、方向
圓弧迴轉 (TBA)	機器人以遠處的一點作為迴轉中心旋轉	迴轉半徑、角度、方向
跨越上 (StdUP)	機器人前、後擺臂展開，跨上台階的動作	高度
跨越下 (StdDN)	機器人前、後擺臂展開，跨下台階的動作	深度

3.3. 機器人位移估計

為了紀錄機器人移動的路徑，所以機器人須分別探討再各個運動狀態之後機器人的位置變化，利用左右驅動輪馬達的編碼器，計算左右輪移動的距離，推算機器人移動的軌跡位置。假設機器人在取樣時間內，機器人左右輪以瞬時取率中心 O 點為圓心，以穩定速度走一圓弧路徑 (\hat{D})，如所示，相關參數計算如下：

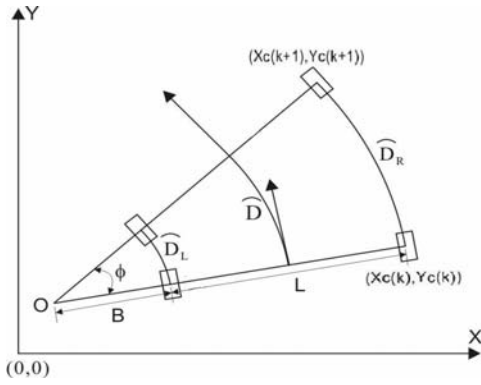


圖 4 機器人沿瞬時曲率中心走圓弧路徑示意圖
經過一個取樣時間，機器人座標與方位變動如下：

$$\begin{bmatrix} X_c(k+1) \\ Y_c(k+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_c(k) \\ Y_c(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\theta_c(k+1) = \theta_c(k) + \Delta\phi \quad (3)$$

其中 $X_c(k)$ 、 $Y_c(k)$ 與 $\theta_c(k)$ 為機器人的原始位置， ΔX 與 ΔY 為機器人在單位時間後，於 X 與 Y 方向的位移量，而 $\Delta\phi$ 為移動後的方位角變化。在車輪沒有滑動的假設下，可以差分方式估計機器人的方位。

假設機器人左輪編碼器轉動的數值為 E_L ，右輪編碼器轉動的數值為 E_R 時，則機器人左右輪所走的弧長為：

$$\begin{bmatrix} \hat{D}_L \\ \hat{D}_R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (2 \times \pi \times r) / E_r & 0 \\ 0 & (2 \times \pi \times r) / E_r \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} E_L \\ E_R \end{bmatrix} \quad (4)$$

r ：輪胎半徑

E_r ：馬達編碼器的解析度（2470 個/每轉）

此時機器人所走的路徑長為：

$$\hat{D} = \frac{\hat{D}_R + \hat{D}_L}{2} = \frac{\pi \cdot r \cdot (E_L + E_R)}{E_r} \quad (5)$$

機器人旋轉角度與編碼器的關係為：

$$\Delta\phi = \frac{\hat{D}_R - \hat{D}_L}{L} = \frac{2\pi \cdot r \cdot (E_R - E_L)}{E_r \cdot L} \quad (6)$$

(ϕ 的單位為徑度)

而弦長 C 與弧長 \hat{D} 的關係為：

$$C = \frac{2 \times \sin\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right)}{\Delta\phi} \cdot \hat{D} \quad (7)$$

透過弧長與弦長的關係即可由機器人路徑長 \hat{D} 得知機器人在 X 軸與 Y 軸方向的位移量為：

$$\begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \hat{D} \cdot \frac{2 \cdot \sin\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right)}{\Delta\phi} & 0 \\ 0 & \hat{D} \cdot \frac{2 \cdot \sin\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right)}{\Delta\phi} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \cos\left(\theta_c(k) + \frac{\Delta\phi}{2}\right) \\ \sin\left(\theta_c(k) + \frac{\Delta\phi}{2}\right) \end{bmatrix} \quad (8)$$

運用上述編碼器值與座標位置的關係，即可透過左右輪編碼器的值，來推算機器人的位移量，代入式 (2)，即可估計機器人現在的位置，而式 (6) 代入式 (3) 即可得其方位。

4. 室內清掃區域與路徑規劃

目前居家的環境大多都是有數間房間組成，一般具有客廳、主臥房、客房、浴室、廚房等等，而這些房間經由房門互相連接。而這些室內地圖的座標與參數可由建商或者室內設計師取得，或者市面上已經有許多 SLAM 的模組，可由 SLAM 所取得的環境地圖資訊轉換成為房間參數，便能建構出電子地圖。

4.1. 室內清掃區域劃分

本研究利用 MATLAB 將已知的居家環境地圖透過 GUI 介面程式呈現出居家環境的電子地圖如圖 5 所示，並且將每一間房間規劃成一清掃區域的範圍。本文假設房間形狀為直角多邊形，且房間邊界與門口位置為已知，利用這些已知的房間資訊劃分清掃區域與清掃區域的連接關係。由於每一個清掃區域皆具有一個或數個出入口，且此出入口連接另一個清掃區域，固機器人若欲由清掃區域前往另一個清掃區域時，必須經過此出入口。所以本文在每一個出入口設置一組節點，此組節點的連線需與門口呈正交。

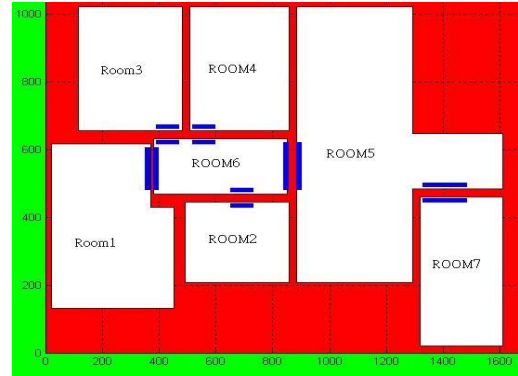


圖 5 室內清掃區域電子地圖

本文假設房間門口的資訊為已知，計算出每一個房間門中心點位置，再利用這些中心點進行尋找，由於房間門厚度為已知，所以不同房間門中心的距離應小於一定值，因此即可運用此方法找出房間的連接關係，因房門間可能相通串連，甚至形成迴圈，因此本文採用圖型搜尋演算法(Graph Algorithm)將已經取得的室內清掃區域關係透過圖形的方式呈現，如圖 6。

在清掃區域的清掃順序規劃方面機器人必須覆蓋每一個清掃區域，由於過去已經有非常多的文獻在探討單一區域中全域性覆蓋清掃路徑的規劃，所以本文並不是針對單一區域全域性的清掃組合研究，而主要針對多清掃區域的區域覆蓋規劃。

在指定清掃的起始區域後，機器人先將起始的區域清掃完成後，便前往最近的房間節點，而此節點便能導引機器人前往另一個未清掃的清掃區域，再透過

深度優先搜尋法(depth-first search, 簡稱 DFS)進行多清掃區域的清掃順序規劃,使得機器人能夠有效率的將清掃區域完全清掃。

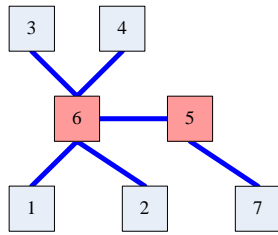


圖 6 室內房間關係圖

深度優先搜尋法的「深度」可看成是「路徑」的意思,亦即往路徑方向走訪,在走訪的過程中,每個區域可能有很多鄰接區域,所以走訪哪個區域並不確定,其規劃的流程圖如圖 7 所示。以圖 6 為例,當機器人欲從清掃區域 3 開始進行清掃動作時,經由深度搜尋法規劃房間的清掃順序為<3,6,1,2,4,5,7>。

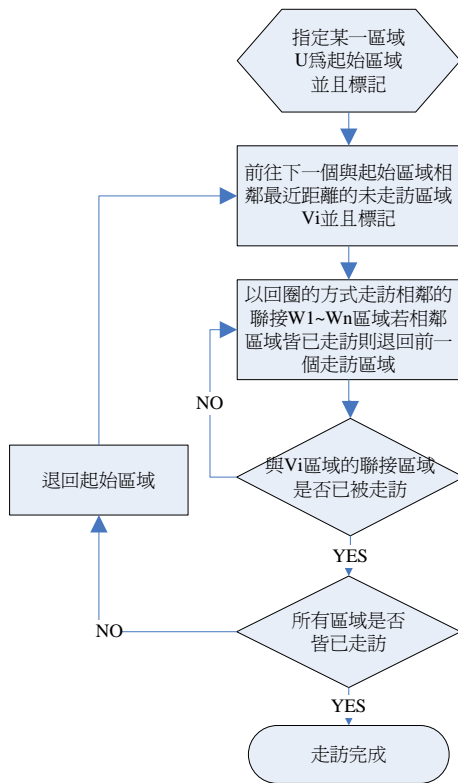


圖 7 深度搜尋法流程圖

4.2. 行走路徑規劃

清掃區域規劃完成之後,即開始規劃清掃機器人至各個清掃區域的行走路徑,由於每一個清掃區域皆具有一個或數個出口,本文利用這些出口連接的關係利用 MATLAB 程式運算產生一組節點,此組節點為連接兩清掃區域的行走路徑,並在規劃路徑時運用這些節點連接規劃出清掃機器人行走時的路徑。由圖 8 為例機器人將從 start 的位置移動至 goal,將這些清

掃節點連接之後即產生一條行走路徑(路徑為 start>>p1>>p2>>p3>>p4>>goal)。此時這條行走路徑是假設在無障礙物阻擋下直線往終點前進,但在實際環境下將會有障礙物阻擋,所以必須修正行走路徑閃避障礙物。

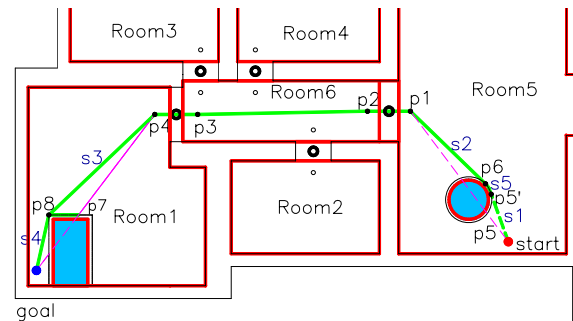


圖 8 居家行走路徑規畫示意圖

4.3. 避障規劃

居家環境中所有障礙物的座標假設為已知資訊,但居家環境中的障礙物形狀非常複雜,因此須進行障礙物的簡化與分類使得在建構障礙物與閃避障礙物時能節省判斷時間。將障礙物區分為可穿越與不可穿越兩種類型,以規劃出可行路徑來閃避或穿越障礙物,而且在不可穿越障礙物的幾何形狀將簡化成多邊形與圓形兩類。

本文採用 Modified Tangent Bug (MTB)[12]路徑規劃法作為居家環境中閃避障礙的規劃,MTB 修改 Kamon 所提出的 Tangent Bug 演算法,簡化其行進型態,並加上穿越高架地板與門檻的行進策略,當機器人規劃出行走路徑之後,機器人及藉由直線運動模式由起點位置直線前進至終點(下一個節點)。當遇到障礙物時,便開始進行繞行的方式沿著障礙物邊緣繞行,或穿越障礙物,一直到機器人與終點位置無障礙物遮蔽時,在以直線前進的方式往終點(下一個節點)前進。基本上遇到障礙物時,都利用繞行的方式繞過障礙物,當遇到不能繞行的障礙物如高架地板與門檻時,便使用攀爬機構進行穿越動作。例如圖 8 當中的路徑 p3 到 p4 路徑遇到不能繞行的高架地板,此時便規劃攀爬的動作使得機器人能攀爬上高架地板。每一個節點至節點的行走路徑皆利用 MTB 法則閃避障礙物,最後即可產生一條行走路徑。

行走路徑規劃完成後,便能運用機器人的基本參數化指令模組,將路徑轉換成為參數化指令控制列,傳送到機器人使機器人執行動作。為了確保機器人是否確實行走在規劃的路線,因此當機器人行走一段路徑之後,便計算路徑規畫的位置與實際位置的誤差值,若誤差值太大時,放棄原本規劃的行進路徑重新規劃一條新的路徑;若誤差還在容許的範圍內時,則繼續傳送下一個指定控制機器人動作。

5. 閃避與穿越障礙

5.1. 閃避未知障礙物模態控制

當路徑規劃完成後，機器人將依照接收到的動作指令進行動作，在行進過程中可能遇到未知的障礙物阻斷機器人前進，此時機器人將進入閃避障礙模態。閃避障礙模態基本上也是運用 Tangent Bug 路徑規劃法的概念，主要包含二種模式：(1)移動到目標模式 (2)沿著障礙邊緣走的模式。當機器人依照規畫的路徑行進時，若遇到障礙物，則先會以繞行的方式沿著障礙物邊緣行走，繞行一段距離之後機器人在嘗試往目標行進，若依舊被障礙物阻礙時，就再重複上述動作直到機器人繞過障礙物抵達目標，便跳出閃避障礙模態，再繼續完成下一段路徑。

5.2. 可跨越障礙的路徑控制

當清掃機器人欲穿越可攀爬的障礙物(如和室或門檻的房間)時，由於機器人在行走過程中將會有誤差累計的問題，所以必須利用機器人上設置的感測器來修正機器人與欲攀爬障礙物的相對位置，避免在機器人攀爬失敗。進行攀爬動作時，機器人必須與障礙物邊緣呈正交，才能夠進行攀爬動作。機器人與障礙物呈正交後，開始展開輪臂跨越的動作攀爬上障礙物，或於欲攀爬上障礙物時，展開輪臂跨下障礙物。

6. 原型機之製作與測試

6.1. 規劃路徑控制測試

當使用者透過路徑規劃介面規劃出行走的路徑之後，便開始傳送控制指令給機器人，機器人收到指令後開始執行該指令的動作，當動作執行完畢後機器人將回傳訊號告訴電腦再繼續傳送下一個控制指令，一直到達目標。行進過程中，電腦將利用機器人回傳的位置訊號，計算機器人移動的誤差是否超過設定值，若大於設定值將重新規劃路線。圖 9 為規劃路徑路線圖，實線路徑為規劃路徑；虛線路徑為實際行走路徑。路徑規劃中指定機器人由 Room1 的起點經由 AB 路徑進入 Room2 的終點。實際動作會與規劃路徑有些許的誤差，主要的誤差來至於機器人齒輪傳動的餘隙所造成。在行進運動時，機器人並無法實際呈直線行走，因此也會使實際行走路徑時造成些許的誤差。圖 10 為實際測試的相片。

6.2. 跨越動作測試

當遇和室階梯，欲進入和室時，清掃機器人將展開前、後輪臂，跨上台階後，將輪臂收合進行清掃，待清掃完成後，至台階出口處，展開前、後輪臂，跨下台階。整個測試結果如圖 11 所示。所測試的台階高度約 8 (cm)，為一般家庭和室的高度。實驗結果驗證本機器人之跨越功能，但因原跨越設計乃針對居家

的和室及高架地板，因而本機台不作為樓梯的攀爬之用。

7. 結論

本文研究「清掃機器人在部份已知環境之區域覆蓋規劃與避障控制」，藉由已知的居家環境建立電子地圖，將居家環境依隔間規劃出數個清掃區塊，分析清掃區塊的聯接關係，並以 Graph 的方式表示，透過 Matlab 程式介面設計，規劃並且排列出這些清掃區塊的清掃順序。當機器人進行清掃時必須穿梭於這些清掃區塊，本文利用節點法的方式規劃出清掃區域到其他清掃區域的最佳行走路徑，降低清掃機器人行走的距離及時間，提高清掃效率。運用 MTB 路徑規劃的法則，分別針對障礙物的類型規劃不同的避障路徑閃避障礙物，結合在機器人上攀爬機構設計，當清掃區塊是高架地板(如和室)或者是有門檻的房間時，也能夠讓機器人攀爬上高架地板(如和室)上或跨越過門檻，能順暢無間斷的機制下完成室內的環境清潔工作，讓目前市面上廣受歡迎的居家用清掃機器人能更加完善的完成清潔。

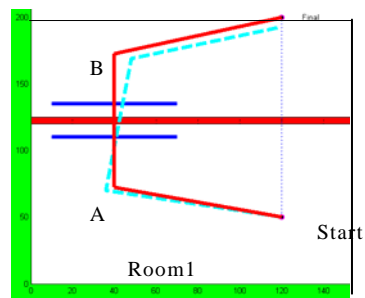


圖 9 路徑規劃畫面

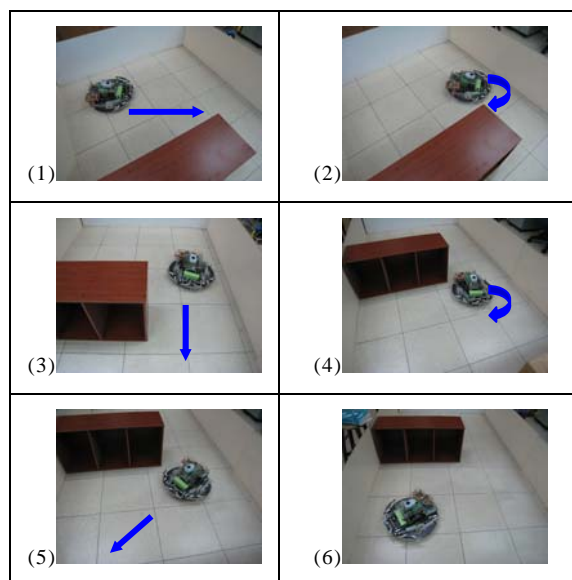


圖 10 行進路線測試照片

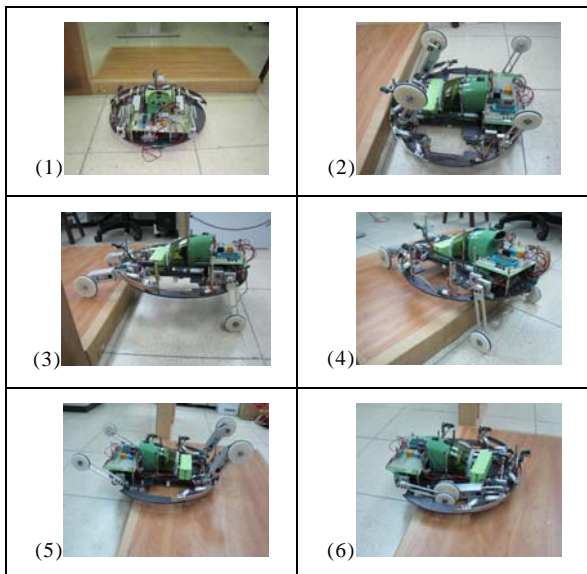


圖 11 攀爬動作測試相片

8. 致謝

本研究承蒙國科會經費支持，計劃編號 NSC 97-2622-E-327-005-CC3，特誌謝意。

9. 參考文獻

- [1]. http://www.irobotstore.nl/index.php?main_page=household_robots_robots&dir=home
- [2]. <http://www.i4u.com/japanreleases/hitachirobot.htm>
- [3]. <http://papago.twcom.net>
- [4]. <http://www.karcher.com.tw/home.htm>
- [5]. Zelinsky, A., 1992, "A Mobile Robot Exploration Algorithm", IEEE Transactions on Robotics and Automation, Vol.8, No.6, pp.707-717.
- [6]. Laubach, S. L., Burdick, J., and Matthies, L., 1988, "An Autonomous Path Planner Implemented on the Rocky 7 Prototype", IEEE International Conference on robotics & Automation, May, pp. 292-297.
- [7]. Nakju, L.D., Chanki, K., Wan, K.C., 2007, "A Practical Path Planner for the Robotic Vacuum Cleaner in Rectilinear Environments", IEEE Transactions on May, Volume: 53, Issue: 2, pp. 519-527.
- [8]. Ouellette, R., Hirasawa, K., 2007 "A Comparison of SLAM Implementations for Indoor Mobile Robots", IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp. 1479-1484.
- [9]. www.RoboticFan.com
- [10]. 余志成、林燁敏、(2007)，“具攀爬功能的移動式清潔器”中華民國專利申請審查中，申請案號 96101454。
- [11]. 余志成、林燁敏、張書榮(2007)“自主性具跨越功能之輪型居家清掃機器人的研發”，第十屆全國機構與機器設計學術研討會，2007/11/30，中興大學，台中。

- [12]. Yu, J., Liao, W.-C., Li, M.-Y., and Li, S.-H. (2003), "Design and Motion Simulation of the Autonomous Exploration Vehicle", Proceedings of the 7th International Conference on Automation Technology, Sept. 12-14, Chia-Yi, Taiwan.

Regional Coverage Planning and Obstacle Avoiding for Cleaning Robot in a Partially Known Environment

Shu-Rung Chang and Jyh-Cheng Yu

Department of Mechanical and Automation Engineering
National Kaohsiung First University of science and Technology

Abstract

This paper addresses regional coverage planning and obstacle avoiding for domestic cleaning robot in a partially known environment, including cleaning regional planning, path planning, mechanism design, motion control, and mechatronics control. To increase efficiency of cleaning and navigation, we first set up an electronic map from given environmental parameters. Nodal points are designated in doors and corridors for connected rooms for regional clean sequencing. Path planning among regional nodes and a strategy for provisional obstacle avoidance are proposed for fast indoor navigation. In order to negotiate staged floor and doorsill common in oriental domestic layouts, this thesis develops a cleaning robot with striding mechanism. By unfolding and folding of the striding arms, the robot can negotiate multiple rooms with level difference. The robot uses a single-chip PIC16F877 as a basic core for motion control. Contact sensors and six infrared sensors are arranged in the robot to detect types and locations of obstacles. A control module in a remote server PC is designed using MATLAB GUI environment, and communicates with the robot through Bluetooth technology. The encoder information of two actuators is used to estimate the location and orientation of the robot. The control module decodes the navigation path into parameterized structural commands. Finally, this study presents a prototype robot and the navigation system to demonstrate the feasibility and the functionality of the proposed scheme.

Keyword: Cleaning Robot, Wheeled Climbing Robot, Regional Coverage Planning, Path control.