

# 第一章 緒論

## 1.1 介紹

近年來科技日新月異，家用產品資訊化的主要目的就是要給人們帶來方便，而家用機器人的誕生便是屬於新型態的資訊型家電，其功能除了可以溝通固有的資訊家電，利用網路介面控制其他家電，更可以利用其自主移動能力輔助人們工作，使得家庭生活環境更加便利。而我們正是希望利用機器人本身可以移動的特性並且利用機體上的感應器辨識家庭環境，讓機器人擁有自動導航的能力自由地在其工作環境中移動而不會有碰撞的危險。其中清潔任務便是以家庭中一種導航移動的方式，達成家用機器人能在家庭環境中自主移動完整的路徑，進而完成清潔家庭地板的功能。本論文的目的便是試圖設計一清潔機器人基於紅外線感測器的導航控制系統，使家用機器人得以在家庭環境中擁有自動的導航清潔能力，以輔助人類進行清潔地板工作。



## 1.2 機器人導航相關回顧

有關自走式機器人控制系統之研究至今約有 20 多年，雖然各類型的控制系統都有其一套解決方案，但更可以確定的是，感測器的元件越多，所要的反應行為越多，而控制系統將會更加地複雜。早期的移動機器人研究是將整個導航任務分解成以功能作為區分的小模組，比如說有負責感測環境的感測模組、負責規劃機器人移動的規劃模組，以及驅動機器人的驅動模組。每個模組依其順序關係，形成一個串接式的流程，這種導航設計被稱為 sense-model-plan-act 形式的導航機器人，如圖 1-1 示。前一模組的輸出將會是下一模組的輸入，這亦使得機器人必須執行完所有的模組後才能有輸出，由此看來，這種機器人將難以有即時反應的能力，除此之外，當其中有一模組無法正常運作時，整個系統也就無法正常運作。

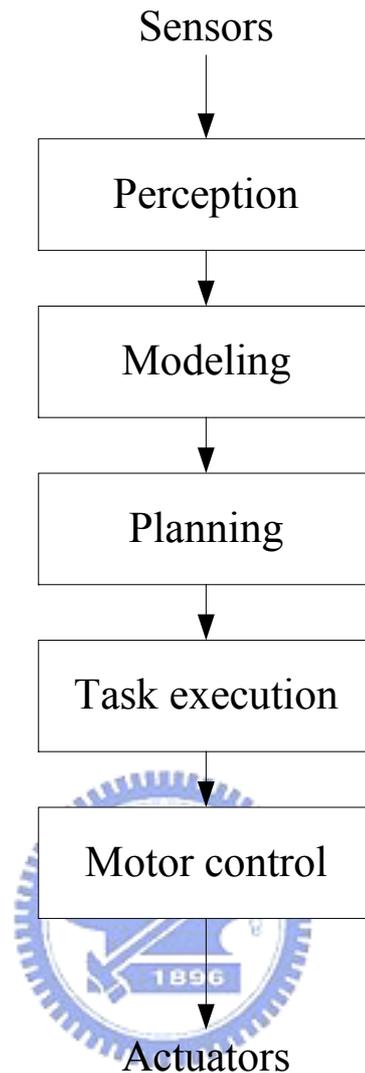


圖 1-1 功能模組型控制系統(Sense-model-plan-act)

為了解決此一問題，在 1986 年時 Brooks 提出一種新型態的控制架構 [1]，其強調不需準確建立環境模型的行為模式架構(Behavior-based)就是為了解決如何使機器人在一無法確定的環境中或是無法預期環境變化下依然可以擁有即時且合適的導航動作反應。而 Brooks 的這個方法即是把一個完整但複雜的導航任務分解成數個簡單的行為，並且讓它們以平行並聯的方式同時執行，其原因便是因為單一簡單的行為必需考慮或是必須計算的量較少之緣故；因此，簡單的行為便可以非常快速地使機器人產生動作，而其行為模式架構，如圖 1-2 所示，便是利用如此的設計將環境的感測輸入與機器人的輸出動作做更為緊密的結合。

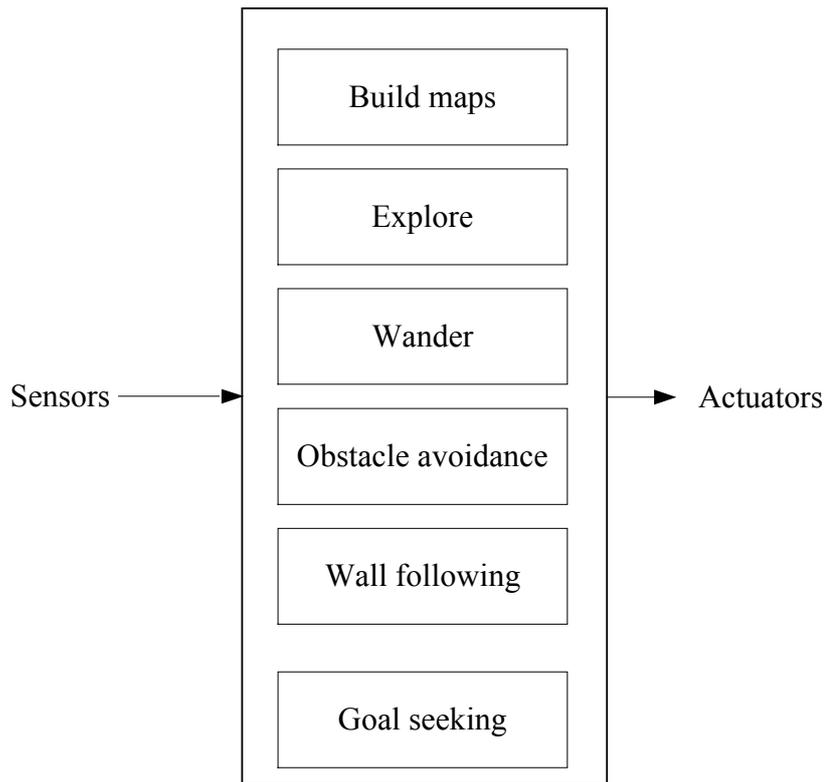


圖 1-2 行為模式型控制系統(behavior-based)

而現今許多學者所採用的混合式控制架構，如圖 1-3 所示。Architecture for Behavior Based Agents(ABBA)[1]，本是由 Behavior-Based 演進而來，而原先的 Behavior-based 行為在此架構內乃是屬於 Reactive 部分，而需要較長時間處理的則歸屬於 Deliberative 部分。其結合了 Path Planning and Obstacle Avoidance 兩者之規劃，有著 Global map 與 Obstacle detect 的結合。

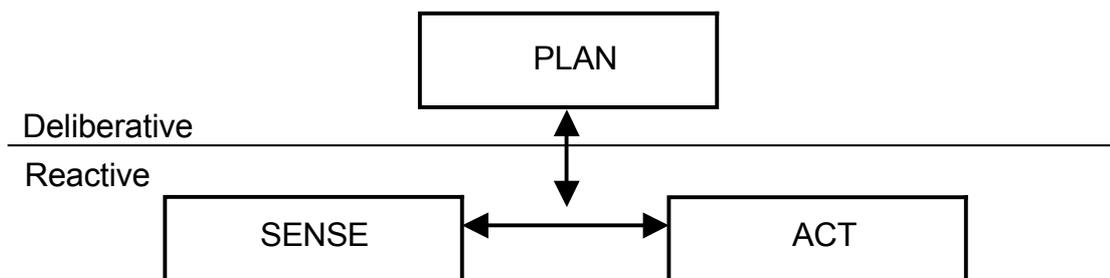


圖 1-3 混合行為模式機器人控制系統

近幾年來，在文獻[2]中 Yang 便是利用了 Neural Network，以類神經元的原理，快速處理週遭 local obstacle 的問題。文獻[3] 中 Sherman Y.T Lang 也是使用類似接近於 Behavior-based 的另一種狀態分析，以解決機器人移動時所要處理的閃避障礙物與地圖環境移動定位的問題。不論以上何種導航控制系統，其類型之選擇決定於任務模式的不同，無論是清潔移動，或者是最短路徑移動，其所要注意的控制行為皆在於與週遭障礙物的相對距離，以及本身所處地圖的區域；進而使閃避障礙物以及原先的路徑規劃相互結合，才得以完成所設定之任務。

### 1.3 感測方式相關回顧

為了要提供移動式機器人一個可靠的環境參考資料以做為機器人自主式行為的依據，「環境感測問題」便是必須要考慮的前提，在文獻[4]中使用了在地圖中放置雷射地標，使用雷射感測地標以取得與環境之位置。文獻[5]中則提及利用超音波感測器來做為環境地圖的建立，其重點便在於將機器人所感測得到的資訊做環境比對，但其缺點便是缺乏了機器人本身位置誤差的考量。在文獻[6]中便是利用機器人在環境中建立地標，再讓機器人使用影像系統來判斷地標的顏色，進而將預設好的地標位置資訊供機器人作位置的更新。而文獻[7]中便是直接辨識環境中暨有的 Natural Landmark 作為感測定位資訊。根據以上相關文獻之分析，可以將感測資訊分成以下兩類：

#### (1) 相對距離的取得：

機器人在移動時必須知道所有物體在機器人附近的相對位置。目前在環境地圖的建立或閃避障礙物時，較常使用的是超音波感測器，雷射感測器及紅外線感測器，而較少使用視覺系統[6]。雖然使用影像取得環境距離資料可以免除感測器互相干擾的問題，並且較容易從影像中擷取到周圍環境的特徵，如顏色、邊緣線段特徵等，但相對的是其影像計算較為不易，即時影像的處理是其困難之處。

#### (2) 環境地圖比對：

在機器人移動時，感測器得到的資料一般來說都是以相對距離作為基本的需求，而若要了解自己本身與地圖的關係位置，就必須使用其他的方

式進行輔助，如使用軸編碼器定位、GPS 定位[8]，或是影像環境辨識...等等。但其中常會因量測雜訊而得到不屬於環境的特徵，或者因為累積誤差而造成錯判與環境的關係；因此，地圖環境比對在清潔導航方向中亦為相當重要的一環。

#### 1.4 清潔機器人路徑規劃文獻回顧

清潔機器人在清潔地面時，需要有效率的清潔整個環境，其模式便稱為 Complete Coverage Path Planning，簡稱：CCPP。在相關的研究中[1]，指出使用來回不停的移動以清潔整個區域的方式最受大家所使用，其中除了因為符合人類來回掃描的清潔習慣之外，更容易使用於屬於方型環境的家庭中，此亦是它能夠較螺旋移動常使用的原因。而根據感應器的設定不同，所適用的導航方式也有所不一，可以分為(1)隨機移動(2)完整路徑(3)移動行為修正 等三種。如圖 1-4 所示。

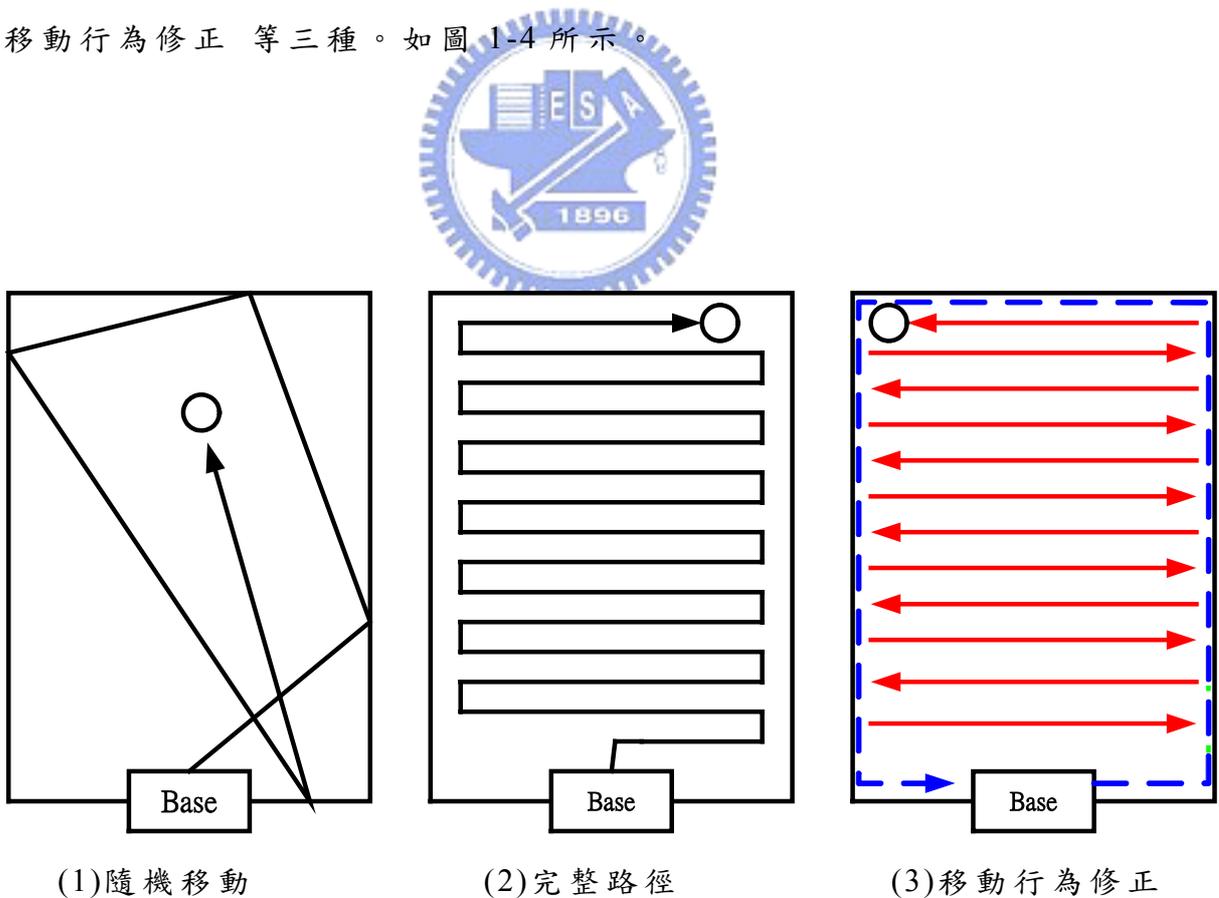


圖 1-4 三種清潔移動方式

### 1.4.1 隨機移動

此種導航方式為受人為限制的環境中做隨意軌跡之移動路徑，如文獻[14]之自動割草機器人，其觀念便是在於自動導航清潔機器人在其有限的區域內進行不設時間的運作，在遭遇受限制之區域與障礙物時，他會沿著障礙物走一小段時間之後再作隨機角度離開障礙物的動作。時間一久，其勢必便能夠移動整個地面區域，以達成清潔地板的目的。此一機器人之優點在於：其可減輕定位問題，不需太精準的定位，也無須太多的環境辨識裝置，大大減少了成本的負擔。而缺點則在於：無法保證一定會清潔所有的區域；再者，就算能清潔完所有的區域，相對地也耗費龐大的時間與電池能源，造成面積越大，其效率越差之缺點。

### 1.4.2 完整路徑

這個方法重點在於給清潔機器人固定的路徑規劃，而如何給定其移動路徑，在於清潔機器人在動作之前。給定精準的全域地圖，根據其全域地圖而計算出其該有的路徑方式，有出發點、移動方向、順序座標、終點...等，在計算出其該有的精準路徑後再去執行。近幾年來，Choset 使用 Boustrophedon Cellular decomposition [9]，將地圖分成好幾個簡單形狀且又接近矩形的 Cell，再將 Cell 裡面作來回不停的移動，清理完一個 Cell 之後又再清理下一個 Cell，以此完成移動整體區域的任務。而 Huang 將之前的 Cell 做法又加以改良[10]，將區域切割成不同之形狀，而在 Cell 當中則不僅僅做左右來回移動，根據 Cell 的形狀不一，還可以做另一個方向的來回移動。此一將地圖分成好幾個 Cell 的做法便是簡化全域地圖的路徑規劃，只需規劃 Cell 內部之路徑即可，進而再將各個 Cell 加以連結，用以完成清潔任務。

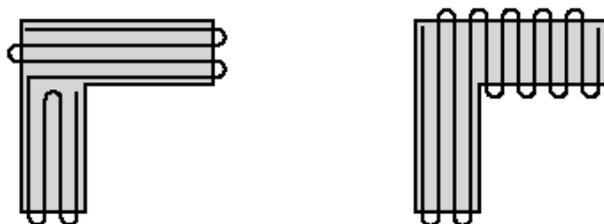


圖 1-5 多邊形路徑移動

除了上述將地圖分成 Cell 的方式之外，亦有將全域地圖分成點與點的形式。如 Choi 所使用的 Triangular Cell map[11]，便是將地圖細分為 Grid Map，將方形的格子點改成三角形，做點與點的連結以完成路徑規劃。此做法雖然計算方式較之前的 Cell 分隔較為複雜，但以此細分將更可以完整地移動於各個角落，以達到完整清潔的目的。

以上的完整路徑規劃優點在於：其可大大地提高清潔效率，各種計算方式皆可以完成完整移動以適應地面所需；而控制清潔機器人的速度甚至可以計算出其所耗費清潔時間。但其缺點則在於：在理想上可以達成如此目標，但實際上其耗費成本則非常之多，因為在清潔移動中，移動路徑會有所誤差，在路徑規劃上需時時校正方向與座標，以求其在路徑規劃上之精確；而除計算量龐大之外，感測裝置等裝置亦不可缺少，原欲加上精準的全域地圖之給定已屬不易，若全域的地圖亦不準確，那規劃出的路徑勢必亦無法準確，使其在日常生活實際清潔執行上尚有一定的困難。

#### 1.4.3 移動行為修正

此移動方式基本上是根據左右來回移動的行為模式，每遇到障礙物或者可以辨識的物體，或是利用基準點來修正原來的左右來回的行為。基本上其並沒有地圖的建立，而是採取行為設定的模式，並與符合地形的移動方式修正來自己的移動模式。

文獻[3]提出，將清潔機器人一開始繞行牆壁範圍其給定範圍一週，獲得其周圍形狀範圍以及(x,y)座標並且計算出整體路徑後，之後開始其清潔移動，每當移動至牆壁時，利用已知地圖形狀變加以修正其角度誤差，而由於只知道地圖的範圍與形狀，當遇到非屬於牆壁的障礙物時在從先規劃局部路徑在繼續清潔，不過繞行整體地圖就有其效率限制，所建立的地圖範圍也不一定準確無誤。

此外，利用側邊的超音波感測器[5]，建立與牆壁平行的筆直基準線，再沿著這基準線左右來回的移動，來達成定位以及移動整個區域的任務。[7]使用影像辨識 Natural Landmark(如：牆角)的方式來判定地圖特徵，進而規劃出路徑而移動。

利用左右行為模式修正而不事先建立完整地圖的方式，在最近的清潔

機器人研究中較為廣泛使用，雖然其不像完整路徑方式看起來完善，但畢竟建立完整地圖規劃路徑之方式並不易達成，而使用隨機移動方式的清潔效率較低；此一方法所使用的感測器修正移動模式，雖不一定可以確實清潔至每一角落，但的確是實際清潔上可行的方案。

## 1.5 問題描述

根據以上文獻整理，在清潔機器人導航控制的設計上已經有了許多研究報告，而在這個領域中的(1)感測方式(2)導航移動 (3)控制系統，皆是不可或缺的一環，將以上三者整合得當才可正確的完成清潔任務。而在清潔任務中絕大部分都要求在於能夠有效率的完成地板清潔；不要經過太多重覆的區域，能夠沿著牆壁清潔...等等。而在於一個家庭環境中完成完整的清潔任務，感測方式與導航移動的設計更是其清潔任務完成的重要依據。

**(1) 感測方式:**若清潔機器人沒有良好的環境感測方式，得知自己與清潔環境的關係，就無法有效率的進行地板清潔；而在實際應用上，清潔機器人上的感測系統有種 Trade-off，根據清潔導航所要求之限制所致；起因在於若要有精準的路徑規劃，即為移動路徑的誤差小、甚至無誤差，則所需之感測器就必須要多且複雜，其除了成本增加之外，也會降低機器人的移動能力；但若又全無環境資訊感測器，則就無法進行良好的路徑移動；無法做定位校正，也就只能做出隨機的路徑，因此感測器的選擇就十分重要。

**(2) 導航移動:**針對室內環境的導航方式，如走廊，臥室的牆壁所建構的形狀多為矩形，而室內較大之家具如:床，桌，櫃...等也多為方型之物體。也因此在於移動路徑上，比較於清潔機器人螺旋運動與左右來回運動方式，左右來回移動方式是我們選擇的移動方式，除了其移動軌跡計算簡單之外，在其清潔任務執行面上，左右來回移動也較符合於室內環境可以輕易的由一個房間運動至另一個房間當中，而更重要的是我們可以利用規律的左右回來移動方式搭配我們所設計之紅外線感測器，每當機器人遇到牆面時紅外線感測器可以對準牆面，修正由軸編碼器造成之累積誤差，進而幫助機器人在室內環境中做完整之清潔任務。

綜合以上，如何利用少量且簡單的感測器並且選擇相配合之導航移動方式有效率的完成清潔任務。達到能夠沿著牆壁走清潔牆緣死角，並且於清潔移動中不要移動至已經清掃過的區域，以達到雖然有些許誤差的路徑移動但可被人接受的範圍則是其課題。而在比較過現今機器人研究中較為多使用之各種環境感測器。在常用的感測器中，超音波感測器之距離較近無法使用；影像感測的計算量龐大；雷射感測器其價格較為昂貴；紅外線感測器受光線影響大。

我們發現紅外線感測器介面電路簡單且價格合宜其功能與規格較適合於室內清潔機器人使用。也因此我們設計了紅外線感測系統，除了設計機器人上紅外線感測裝置，感測週遭環境與機器人的距離之外，更利用紅外線角度的限制，利用紅外線校正與牆面的角度使之可以沿著牆壁清潔，更配合來回左右移動，每當機器人遭遇牆面時就可以修正由軸編碼器的累積誤差輔助機器人做清潔任務；而在與地圖環境資訊方面，更設計了紅外線 Landmark 在各 Landmark 產生不同的訊號，用以提供紅外線感測器做位置與行為修正的目的，使機器人能夠不要清掃過已經清掃的區域。

## 1.6 章節說明

本論文共分五章，第一章為緒論，介紹清潔機器人在設計上所會遇到的問題。第二章介紹論文中所使用之紅外線感測系統(IR sensors system)的設計與使用方式。第三章說明清潔機器人在導航上所做的設計以及在加入紅外線感測系統後，如何完成我們的清潔任務。第四章介紹清潔機器人的硬體架構組成，包括機器人在使用紅外線感測系統實體電路與機器人電源、控制、與位置估測系統，以及所設計兩個清潔任務的實驗結果。第五章則為為結論與未來展望。