

### 第三章 清潔機器人導航與路徑規劃

在本章中我們將描述清潔機器人之導航系統，包含基本之路徑規劃、左右來回行為設計、Landmark 記憶設計、Homing 設計，並結合第二章所提出的紅外線感測系統，包括連結在機器人身上紅外線發射器以及紅外線 Landmark 與機器人身上之紅外線接受器，來建立整體的清潔機器人導航控制。圖 3-1 即為本論文所提出之清潔任務導航控制架構圖。

首先，我們將規劃機器人之左右來回移動路徑。先將機器人的直徑作為沿著牆壁走的距離，進而規劃出其該走的左右來回次數，與規範其應於何時回頭清潔，此舉之目的便是能夠確實清潔整體區域。接下來，我們利用之前所設定之路徑規劃與紅外線感測器，作為左右來回移動之行為轉換輸入；為避免有未清潔之區域發生，再設計 Homing 行為與閃避障礙物行為，搭配紅外線 Landmark 的訊號，當機器人第二次遭遇相同訊號時，行為決策機制則選擇讓清潔機器人對準紅外線 Landmark 而產生 Homing 行為，若移動至 Landmark 附近時則選擇執行閃避障礙物行為，使之能夠順利的閃避該障礙物，以完成整體清潔任務。

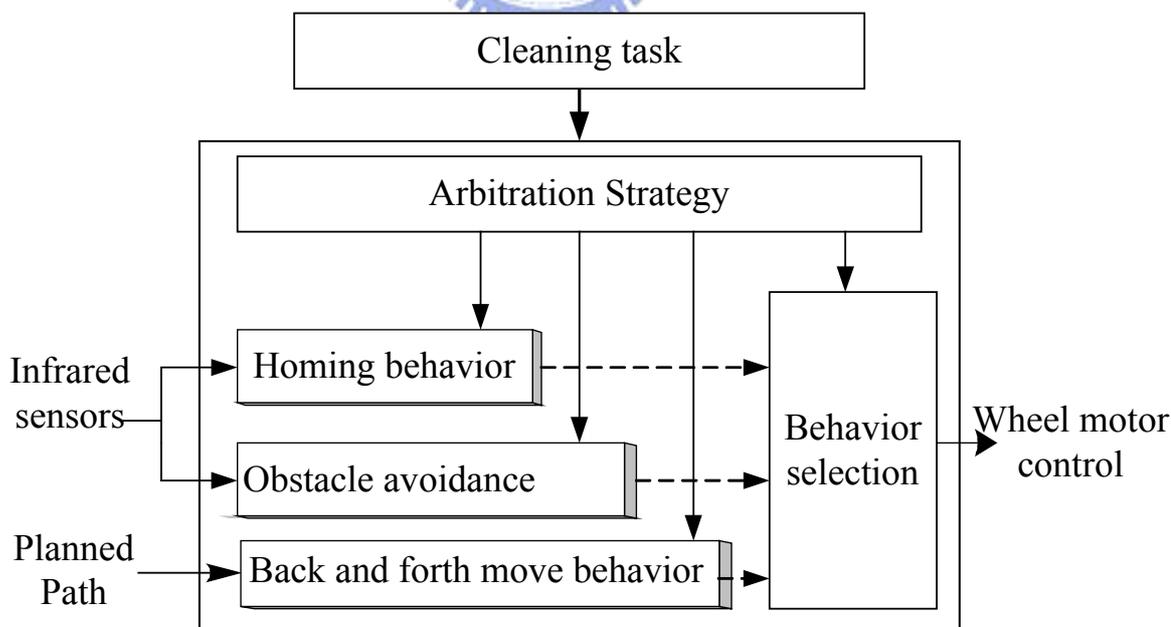


圖 3-1 清潔任務導航控制架構圖

### 3.1 路徑規劃

為了要確保清潔機器人能夠完整清潔整體區域，我們必須在事先規劃好所要移動的路徑，以作為移動狀態改變的輸入；而在一般室內環境當中，最常使用的清潔方式是左右來回移動清潔，如圖 3-2 所示。其中包括機器人往前方移動的次數(Front move)、遇到牆壁回頭走的次數(Back move)，以及沿著牆壁移動的距離(Wall follow distance)，根據以上所計算的路徑資訊，以作為來回移動行為的輸入之一。

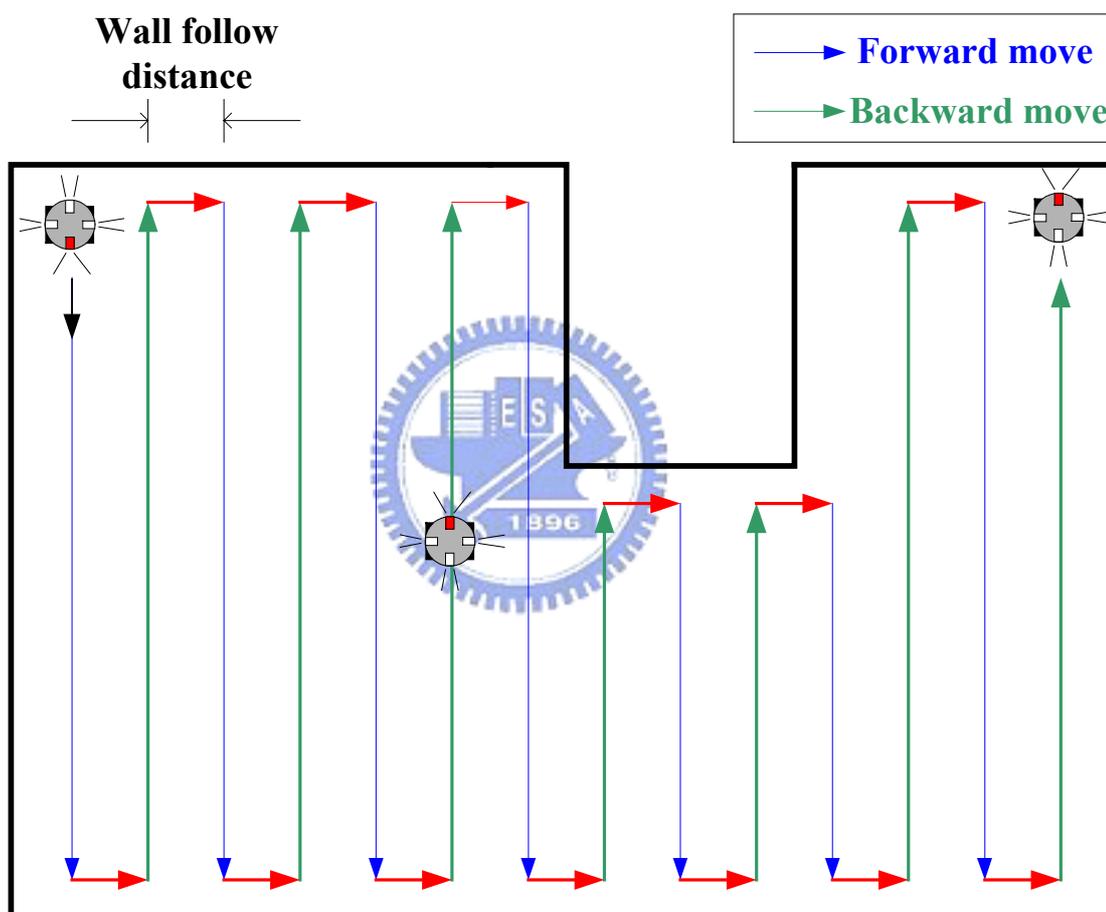


圖 3-2 左右來回移動清潔圖

而在我們使用的清潔機器人導航系統當中，乃是利用清潔機器人的直徑作為沿著牆壁走的距離，如此一來，當機器人左右來回移動時，才可以照顧到整體區域。若沿牆走的距離太短，則清潔移動面積重複性太高；若距離太長，則會有清潔的空隙存在。但是由於在清潔前我們並無建立地圖的機制，因而無法根據實際地圖以建立來回路徑資訊，也因此改為使用手動輸入的方式以建立地圖範圍，如圖 3-3 所示，便是建立路徑資訊的方式。

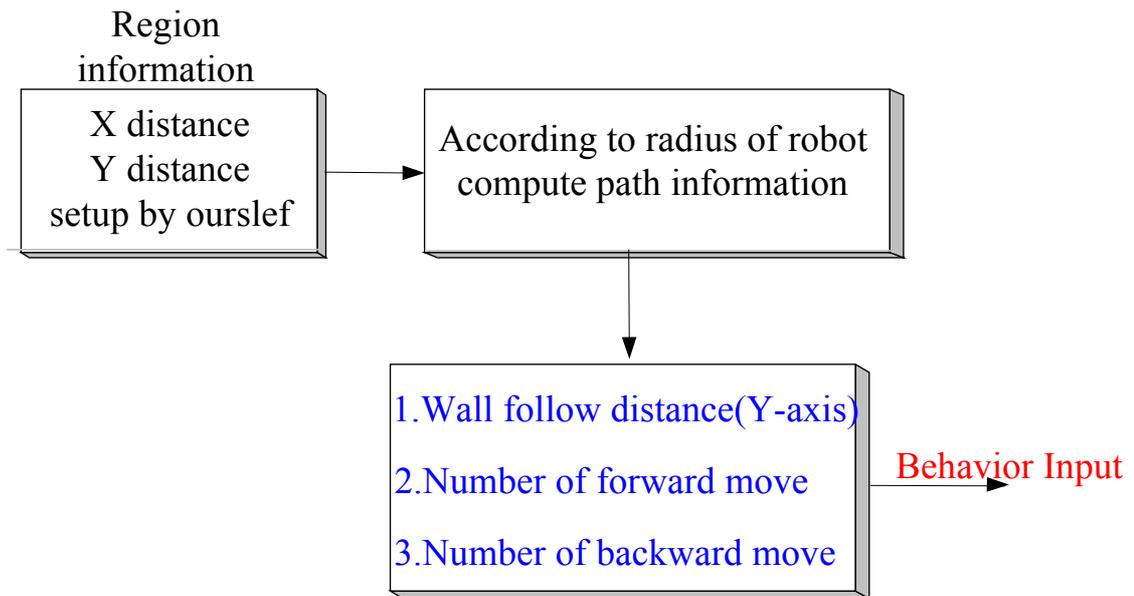


圖 3-3 路徑規劃之計算方式

根據以上的計算方式，最後我們可以得到：

1. 沿牆移動的距離(Wall follow distance)
2. 往前移動的次數(Number of forward move)
3. 往回移動的次數(Number of backward move)

在根據我們之前所設計之紅外線感測系統所感測到當時環境的資訊，將既有的路徑規劃資訊以及機器人移動時即時的環境感測，做為行為狀態改變的依據，以完成整體清潔，如圖 3-4 所示。

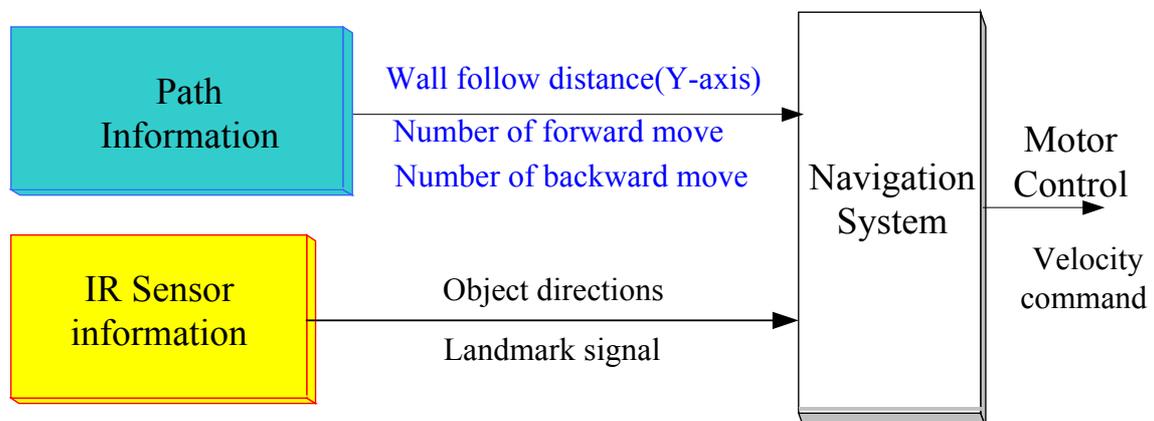


圖 3-4 路徑資訊與紅外線感測系統結合

### 3.2 左右來回移動行為設計

本次實驗所設計之左右來回移動行為，乃是以路徑規劃資訊以及紅外線感測系統作為狀態行為之輸入；狀態若要改變，則需滿足於下一個狀態之輸入。而所設計之狀態與輸入之控制共有以下之類型，如表 3-1 所示：

表 3-1 移動狀態與輸入控制

輸入控制		左右來回移動狀態
紅外線感測系統	1. 前方障礙物感測	往前移動 (Move forward)
	2. 左方障礙物感測	左轉 (Turn left)
	3. 右方障礙物感測	沿右牆前進 (Along right wall)
	4. 後方障礙物感測	沿右牆前進 (Along right wall)
	5. IR 紅外線解碼	往回移動 (Move backward)
路徑規劃設定	1. 沿牆移動的距離	右轉 (Turn right)
	2. 往前移動的次數	沿右牆前進 (Along left wall)
	3. 往回移動的次數	左轉 (Turn left) (對準後方 sensor)
		右轉 (Turn left) (對準後方 sensor)

雖然清潔機器人之基本輸出運動命令為左轉、右轉以及前進等三種運動控制，但是實際上各個左右轉以及前進所要求的輸入不盡相同，也因此會有許多狀態的區別。若將上述行為模式之設定，配合控制輸入以及應有左右來回移動之狀態改變，如圖 3-5 所示，便可以完成左右來回之移動軌跡。

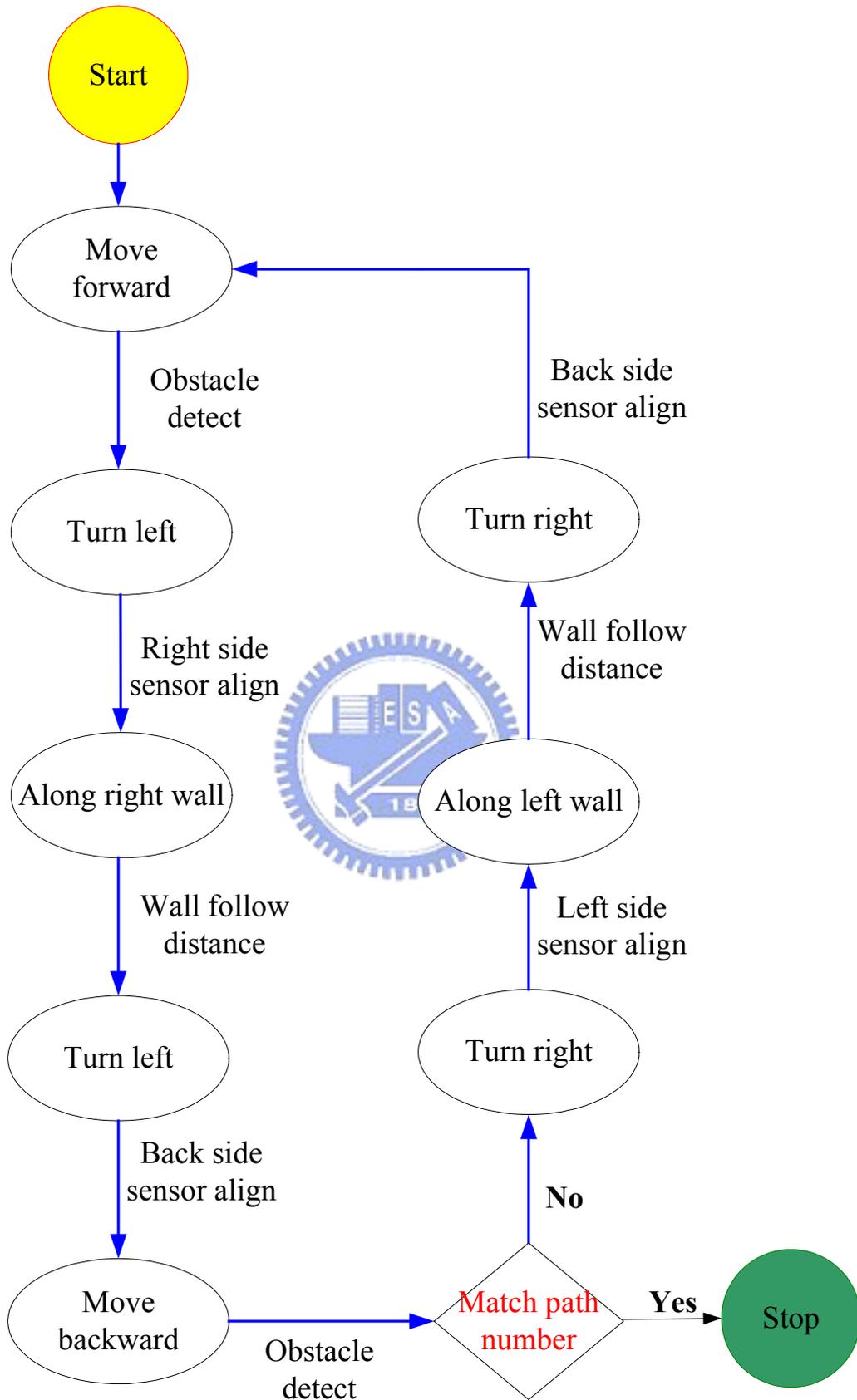


圖 3-5 左右來回移動狀態流程圖

若機器人依照上述之來回移動狀態流程，則其左右來回移動方式將如圖 3-6~3-10 所示：(1)前方 Sensor 偵測障礙物後右轉；(2)右轉時利用左方感測器對準牆面；(3)左方感測器對準牆面後直走；(4)沿牆走一定距離後再右轉；(5)右轉時利用後方感測器對準牆面後繼續前進；而接下來的動作以此類推，便可以完成左右來回之移動。

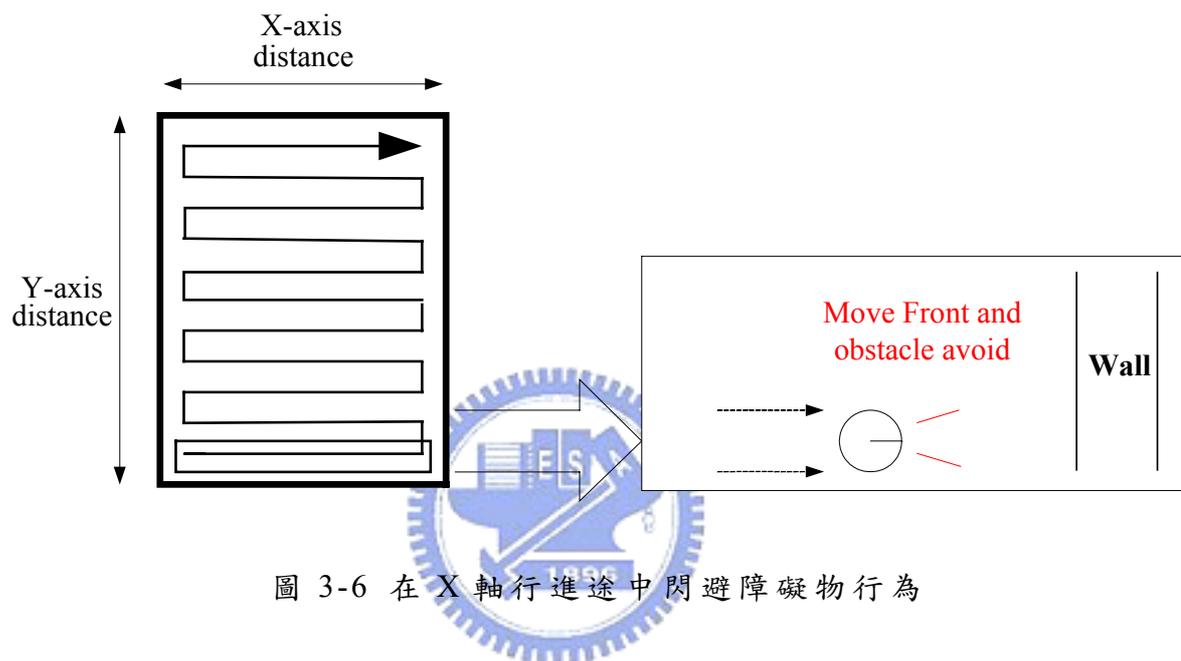


圖 3-6 在 X 軸行進途中閃避障礙物行為

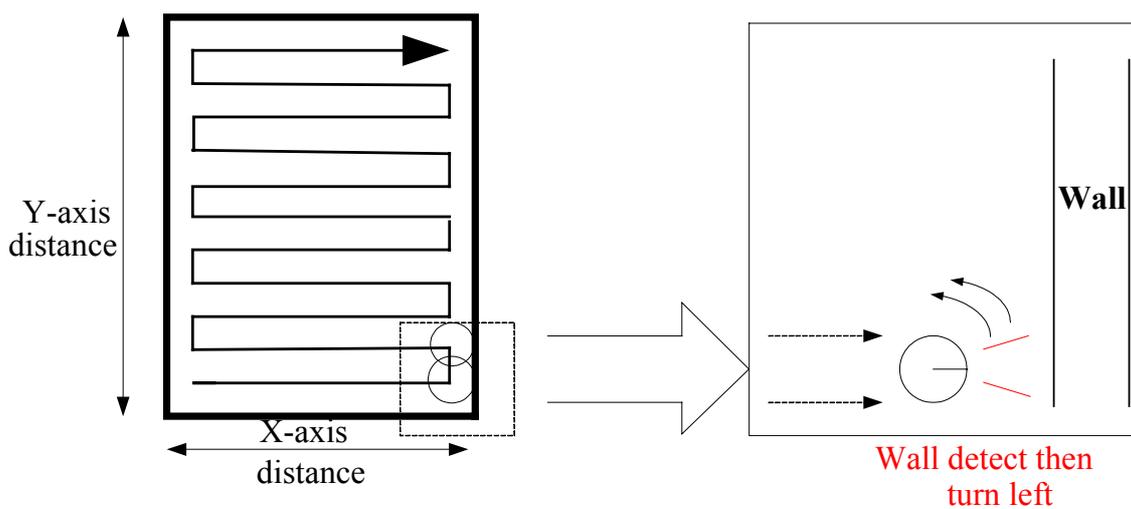


圖 3-7 遇到牆壁時右轉

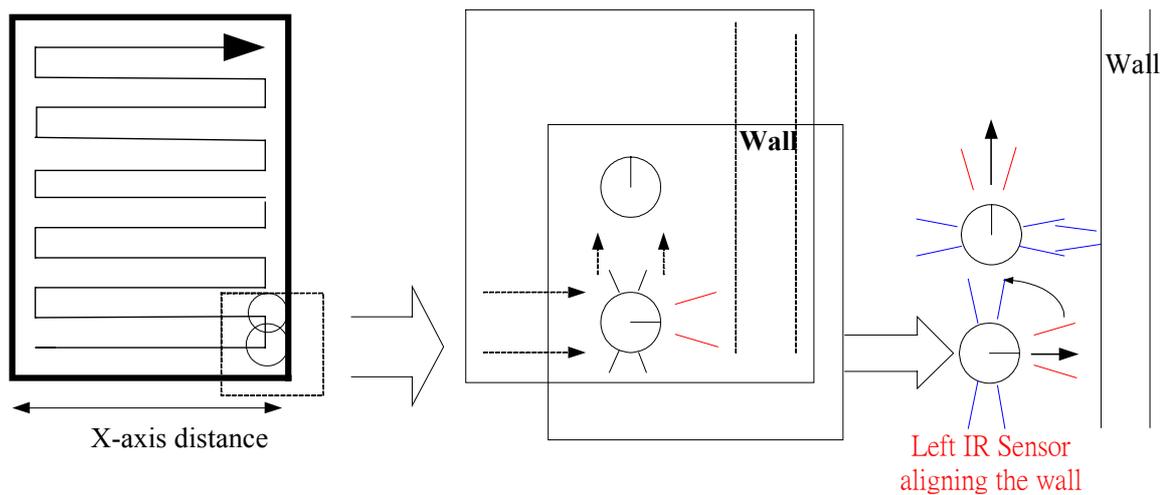


圖 3-8 利用側邊紅外線感測器對準牆面與牆面垂直 90 度

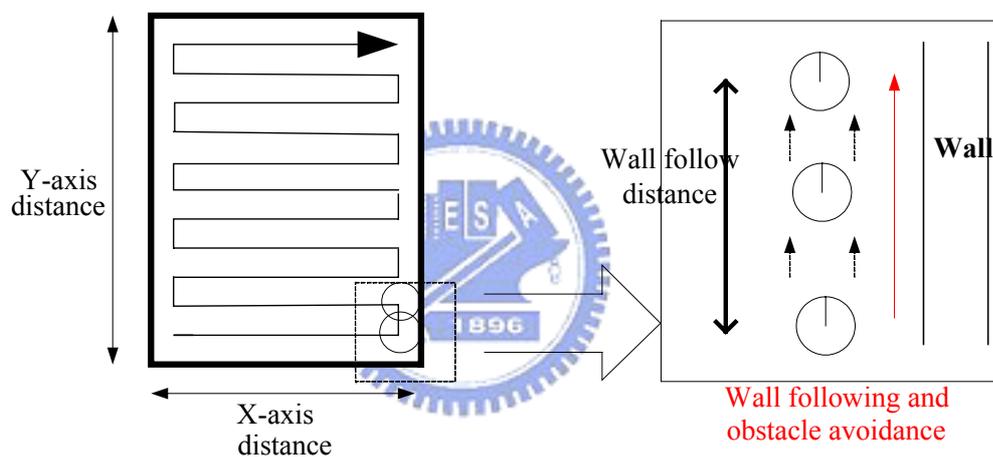


圖 3-9 對準後則沿著牆壁移動

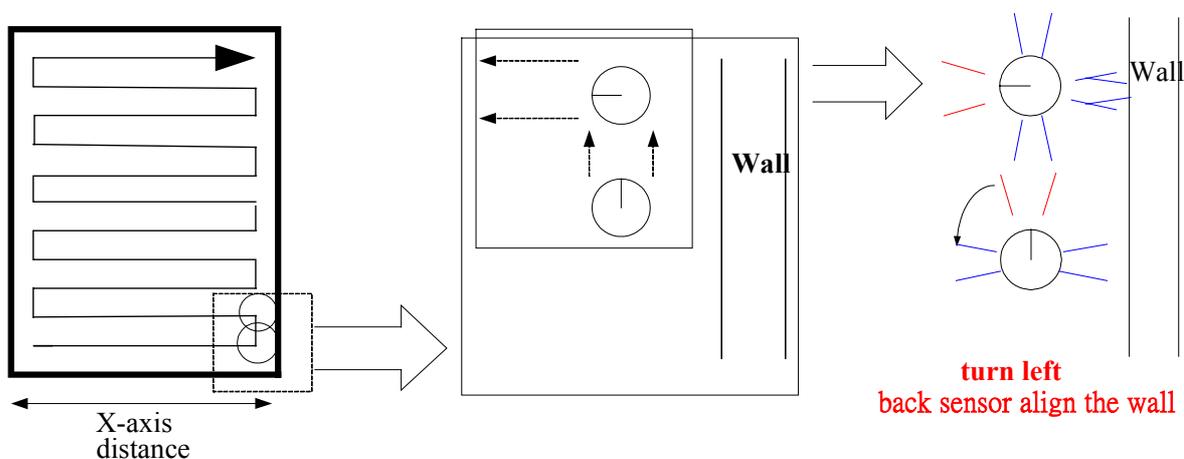


圖 3-10 利用後方紅外線感測器對準牆面後移動

### 3.3 紅外線 Landmark 記憶與閃避障礙物

我們除了設計左右來回移動狀態之外，亦設計了紅外線 Landmark 以幫助機器人清潔。雖然左右來回移動可以符合室內區域環境的清潔，但由於沒有事先進行室內環境之建立，導致有些障礙物後面對於清潔機器人來說無法得知，也因此會造成清潔的死角；因此將紅外線 Landmark 放置於障礙物上，在第一次清潔至該障礙物的附近時能夠感測紅外線 Landmark 的訊號，並且紀錄此訊號，若第二次清潔該障礙物而再次收到該訊號時，便可以得知有未清潔的區域，並且移動到未清潔的區域完成整體清潔。

#### 3.3.1 紅外線 Landmark 記憶

然而所使用之紅外線 Landmark 則可分為兩個方向，一個是前方，另一個則是後方，且正對於機器人移動之方向；因此無論機器人欲往哪個方向移動，都將勢必會經過紅外線的訊號，等到第二次進行清潔時若再遭遇相同之訊號，則便會產生避障行為。如圖 3-11。機器人一開始左右來回移動清潔一開始接收到 Landmark 下方之紅外線訊號，而當清潔所規劃之清潔路徑完成，回頭清潔時，再次接收相同之紅外線訊號，因此得知此路徑在先前之清潔已經走過，因而產生閃避障礙物之行為，移動機器人至未清潔之區域完成清潔任務。

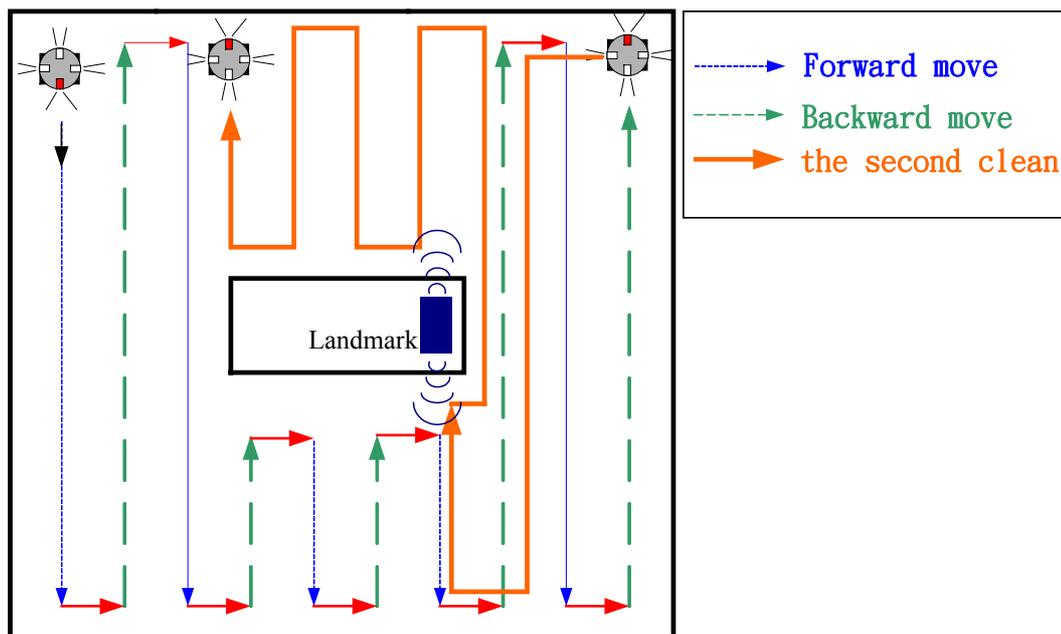


圖 3-11 使用紅外線 Landmark 使得機器人記憶位置



### 3.4 Homing 行為

清潔機器人在進行清潔任務時，除了本身身上的感測器可以校正角度之外，有時候因為環境之需要，則必須要移動至某個區域，此即稱為 Homing。在這個區域內可以進行充電，或者作為移動至下個區域的出發位置；也因此我們使用紅外線 Landmark 來作為引導機器人的機制。

我們所設計的 Homing 機制即如圖 3-14 所示，當清潔機器人收到紅外線 Landmark 訊號時，隨即產生 Homing 機制。此時他會朝向符合於紅外線 Landmark 的訊號方向前進，而在直線前進中若因機器人偏移方向，或者有障礙物出現而造成無法接受到 IR 訊號，則機器人便會自己在原地旋轉，以等待下次接受訊號後再前進。而由於光線之方向性，當機器人在原地旋轉時，則會將接收器從原本無法接收到的方向轉至可接收的方向，由此將可以調整機器人的移動朝向角，修正機器人面對基地的角度，以求準確回至基地。

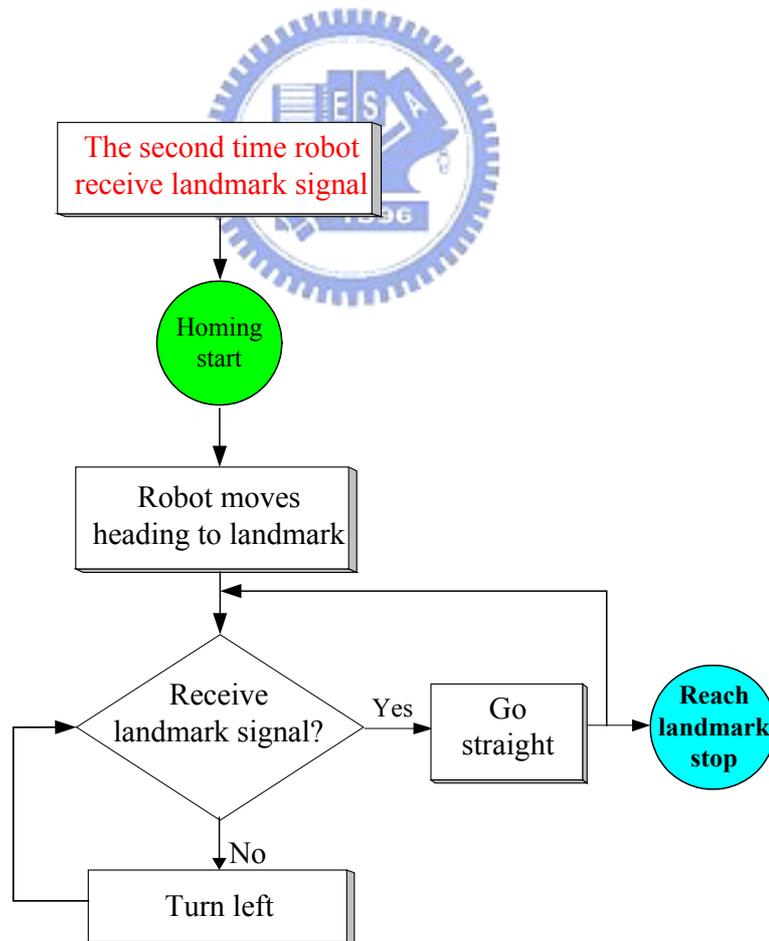


圖 3-14 Homing 系統流程圖

圖 3-15 所示，機器人先行移動紅外線範圍區，而接收至紅外線訊號後產生 Homing 行為移動至紅外線 Landmark 處，而在移動過程中，在紅外線波越靠近中間處訊號越趨近穩定，因此根據穩定的訊號機器人越能往紅外線 Landmark 中間處移動。此外，假設 Homing 機制開始啟動時，機器人便已經朝向紅外線 Landmark 方向前進，假設若非障礙物出現之緣故，而是機器人自己走偏於朝向紅外線 Landmark 路徑，則通常會在原地旋轉某一小角度後再次接收至紅外線訊號；而越靠近紅外線 Landmark，紅外線的發射產生面積便會越小，而機器人收到的訊號角度將會越窄，也因此可以引導機器人至正確的位置。

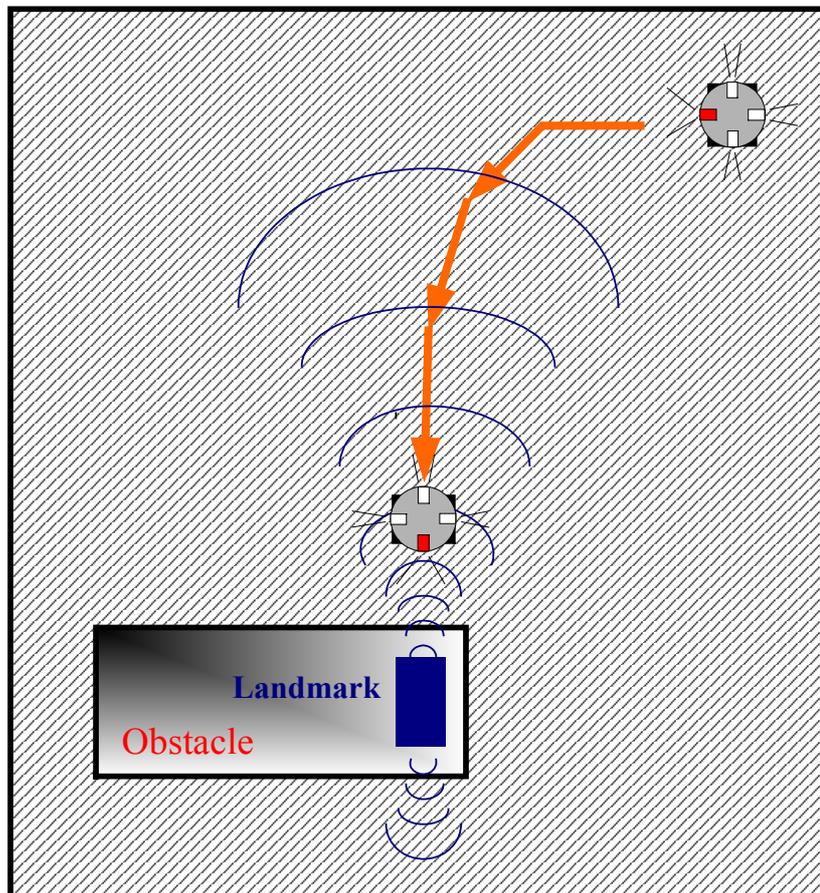


圖 3-15 Homing 移動方式

### 3.5 結論與討論

在清潔機器人之導航系統中，我們使用了左右來回移動的運動方式，其將更可以符合房間內清潔的運動；因為其運動方式相較於螺旋型運動，將更可以比較簡單地從一個區域移動至另一個區域。而對於房間內障礙物的存在，在沒有建立環境地圖的情況之下，我們使用了紅外線 Landmark 輔助機器人認知環境的位置，融入於原先的左右來回移動狀態中，使之能閃避 Landmark 底下的障礙物。

除此之外，我們亦使用了紅外線 Landmark 發射紅外線訊號，以引導清潔機器人至紅外線 Landmark 的位置，使之能夠確實執行接下來閃避障礙物的動作。雖然以上之實驗可以建立出一套基本的清潔導航控制，但是在環境內的障礙物以及房間的形狀，則是我們所無法預測的。也因此為了達到更好的清潔運動方式，則還需再增加各種行為運動模式，才可以確保清潔任務的達成。

