

第四章

實驗

本章要呈現的是安全巡邏自動車遠端呈現系統及遠端操控系統，其結合了上述的技巧和方法於此系統中，在實驗時用到的設備及規格描述在 3.1 節中，首先展示的是利用本論文的方法，在一迷宮中尋找最佳路徑並且導引自動車跟隨路徑，接著在場景中放入基本傢俱，測試本系統是否仍然可以找到最佳路徑，最後呈現利用力回饋搖桿操控的情形。



4.1 路徑規劃

所發展的路徑規劃是用來輔助使用者更方便地操控自動車來到目的地，但是因為所選用的探索函數之不同，而使所規劃出來的路徑也有明顯地差別。由於這個理由，我們設計了一個迷宮，比較不同的探索函數所規劃出來的路徑差別，同時也比較利用 Beizer 曲線加以平滑化前後的路徑差別。比較圖 4.1(a)和 4.1(b)，我們可以發現到，即使所規劃出來的路徑都能夠正確地避開障礙物，但使用歐幾里得距離作為探索函數所規劃出來的路徑，比起使用曼哈頓距離作為探索函數所規劃出來的路徑來得平滑，同時自動車所跟隨的路徑行駛距離也較為漸少，所以本論文是以歐幾里得距離作為探索函數。

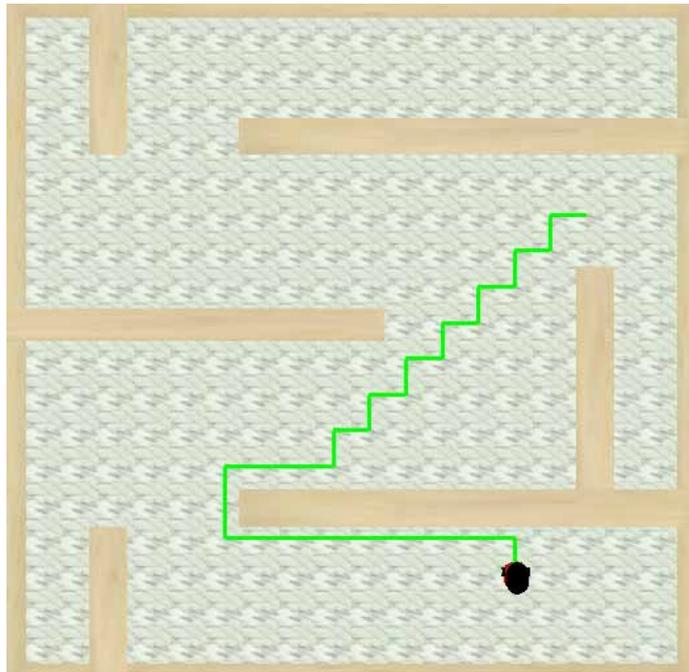


圖 4.1(a)使用曼哈頓距離作為探索函數

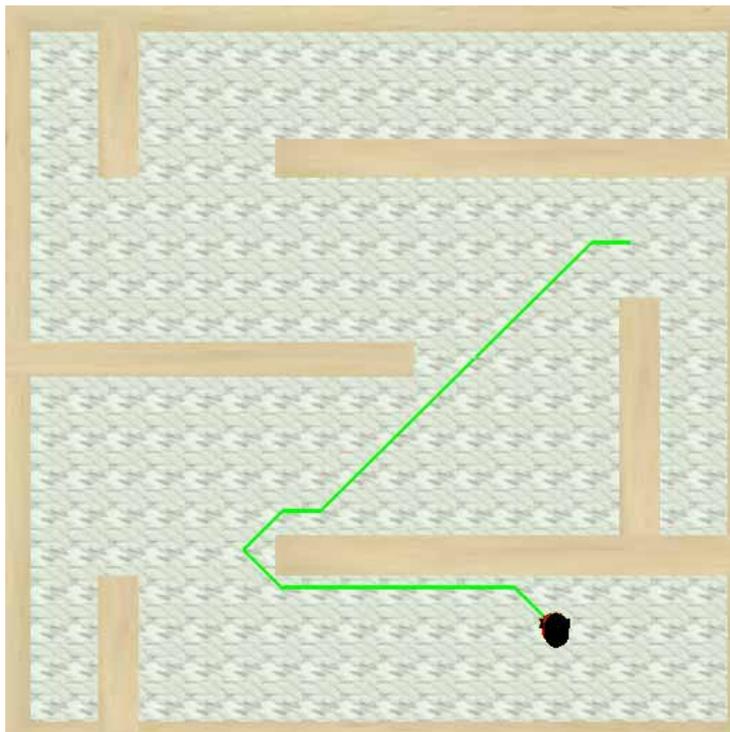


圖 4.1(b)使用歐幾里得距離作為探索函數

圖 4.1 在演算法中使用不同探索函數所作的路徑規劃：

(a) 曼哈頓距離 和 (b) 歐幾里得距離

Max 來繪製一些常見的傢俱，如書桌、椅子、櫃子、茶几等，如圖 4.3 所示，最後再將這些繪製完的 .3ds 檔案匯入 OpenGL 中，讓這些呈現於虛擬環境中，並且在虛擬環境中使用路徑規劃的方法產生最佳路徑，同時證明在複雜的室內環境中產生的路徑仍然能避開俱傢等障礙物。

在本論文中，我們使用的安全巡邏自動車，如圖 4.4 所示，是由 ActivMedia Robotics 這家公司所開發出來，規格表附於表 4.1，我們根據它的外型來繪製虛擬安全巡邏自動車，如圖 4.5 所示，並且能夠利用不同視角觀看它巡邏，同時利用智慧型人機介面方便地操控它達到目的地。圖 4.6 是根據使用者所選的目的地在室內環境中作路徑規劃，圖 4.7 是系統根據所規劃出來的路徑，導引自動車到達目的地後，使用者所觀察到之結果，圖 4.8 是自動車前往目的地時，從不同視角觀察之。



圖 4.3 (a) 櫃子



圖 4.3 (b) 書桌椅



圖 4.3 (c) 茶几和休閒椅

圖 4.3 常見的傢俱：(a) 櫃子, (b) 書桌椅, 和 (c) 茶几和休閒椅

Length	44cm
Width	38cm
Height	22cm
Payload	23kg
Weight	9kg
Translate Speed(Max)	1.2m/s



表 4.1 安全巡邏自動車之規格表

圖 4.4 安全巡邏自動車



(a) 後視圖



(b) 側視圖

圖 4.5 虛擬安全巡邏自動車之 (a)後視圖 和(b)側視圖

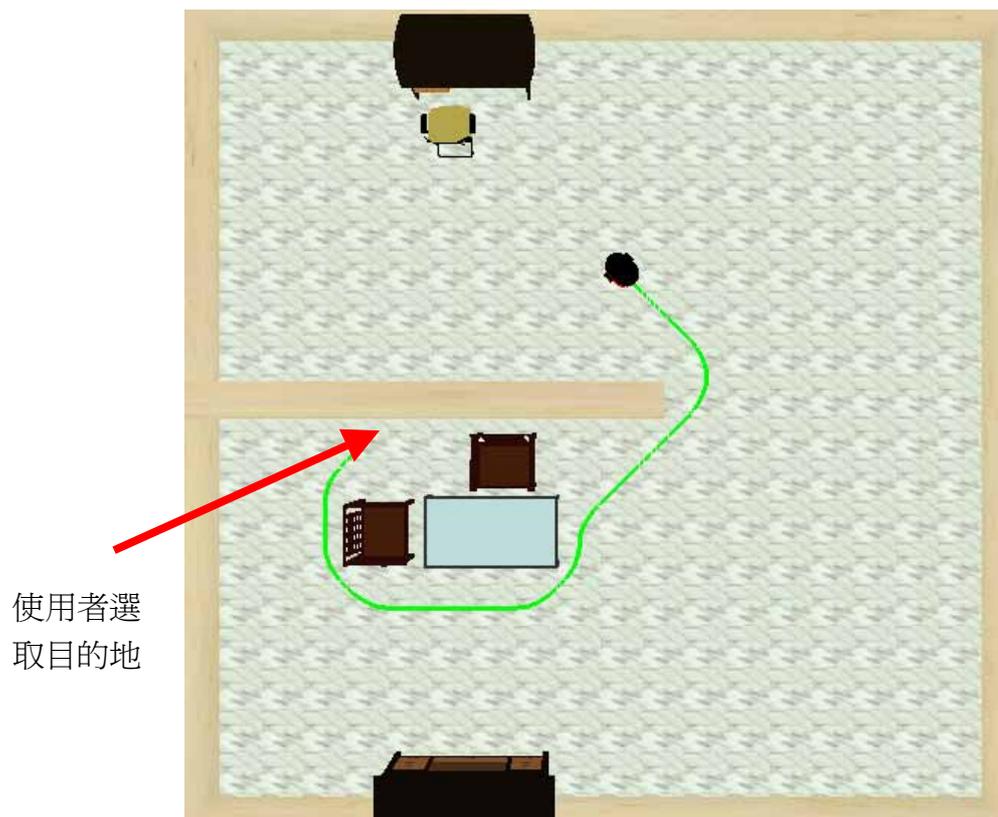
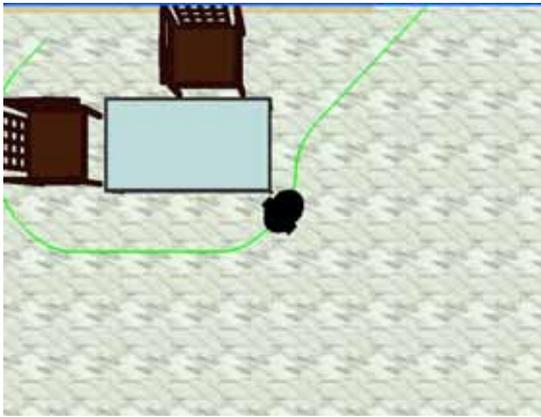


圖 4.6 於室內環境作路徑規劃



圖 4.7 於室內環境作自動車導引



(a) 由上方觀察自動車



(b) 由側方觀察自動車



(c) 由前方觀察自動車



(d) 由後方觀察自動車

圖 4.8 由不同的視角觀察自動車自動前往目的地：(a) 由上方觀察自動車，(b) 由側方觀察自動車，(c) 由前方觀察自動車，和(d) 由後方觀察自動車

4.3 力回饋搖桿操控

利用力回饋搖桿所發展的輔助操控策略是當自動車和障礙物過於接近時，藉由力回饋搖桿產生一適當之力，即時傳遞給使用者，讓使用者得到警告，以得知障礙物之方向與距離。在此，我們藉由之前建構出室內環境中的牆壁來當作障礙物，並操控自動車接近它，如圖 4.9 所示，同時紀錄搖桿發出警告力時的力資訊和相關自動車位置資訊，在這裡我們也對不同的虛擬彈性係數作模擬，在圖 4.10 中我們設定此時的虛擬彈性係數為 $K=50(N/m)$ ，圖 4.11 則設定其虛擬彈性係數為 $K=100(N/m)$ 。

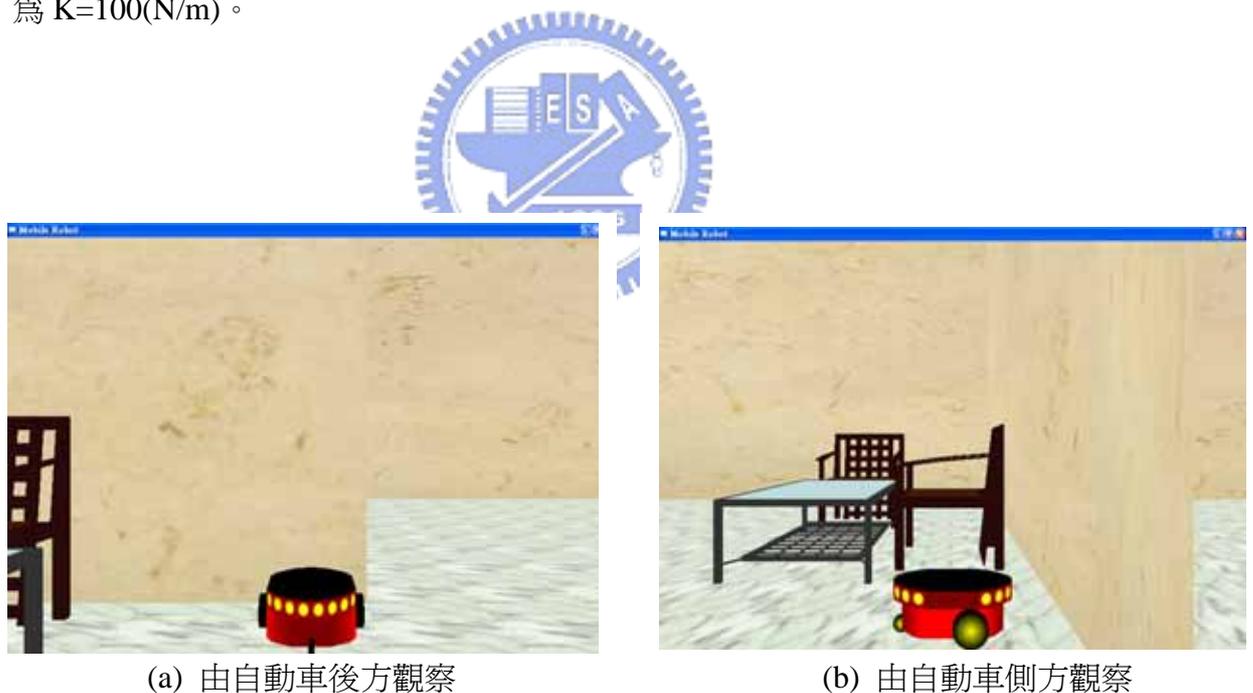
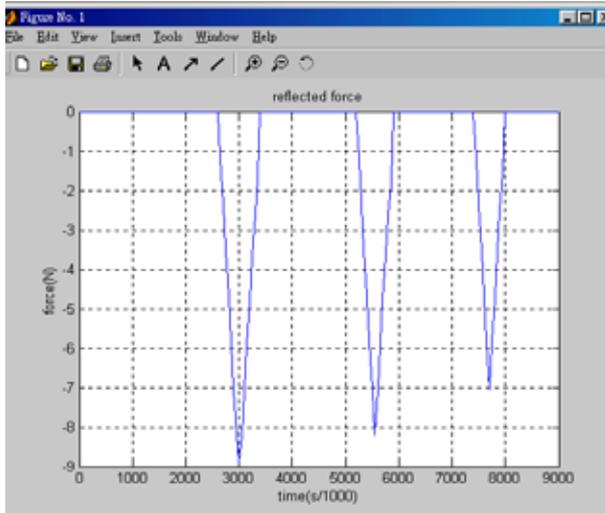
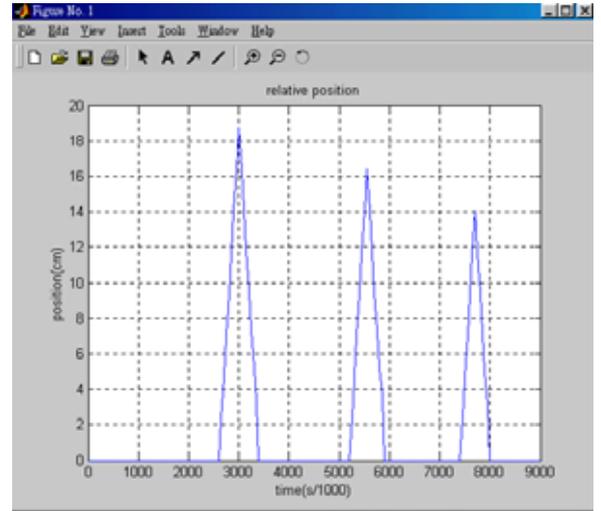


圖 4.9 由不同視角觀察自動車靠近障礙物(牆壁)：
(a)由自動車後方觀察 和 (b)由自動車側方觀察

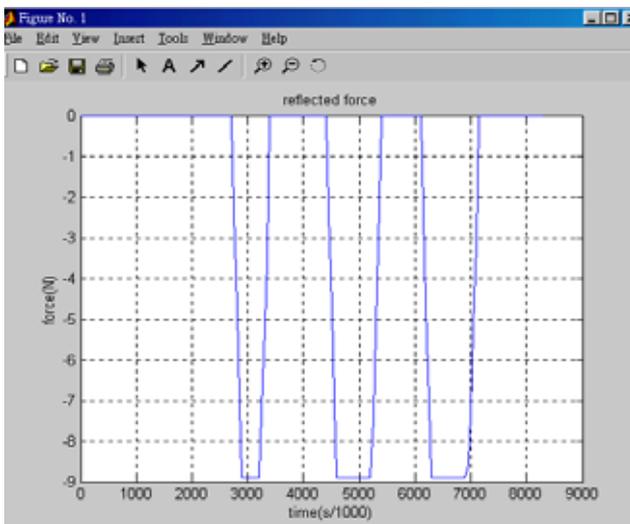


(a) 搖桿 X 軸方向的反饋力

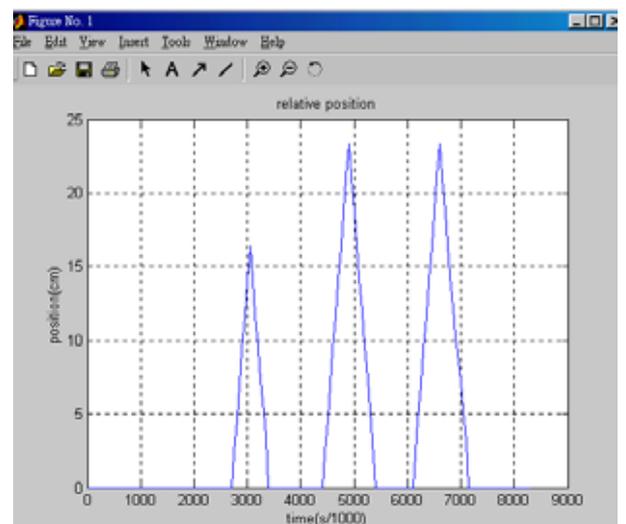


(b) 自動車進入虛擬平面的深度

圖 4.10 與障礙物過近搖桿發出警告力時的力資訊和相關自動車位置資訊(虛擬彈性係數 $K=50\text{N/m}$) : (a) 搖桿 X 軸方向的反饋力和 (b) 自動車進入虛擬平面的深度



(a) 搖桿 X 軸方向的反饋力



(b) 自動車進入虛擬平面的深度

圖 4.11 與障礙物過近搖桿發出警告力時的力資訊和相關自動車位置資訊(虛擬彈性係數 $K=100\text{N/m}$) : (a) 搖桿 X 軸方向的反饋力和 (b) 自動車進入虛擬平面的深度

比較圖 4.10 及圖 4.11，我們可以發現到虛擬彈性係數的設定，和力回饋搖桿是否能即時傳遞夠大的警告力有明顯的相關，虛擬彈性係數愈大，則力回饋搖桿傳遞有效警告力的時間愈少。當力回饋搖桿傳遞回來的警告力愈小，則使用者愈容易忽略它，使得警告的作用達不到預期的效果。以圖 4.10 及圖 4.11 的搖桿 X 軸方向的回饋力來看，將虛擬彈性係數設定為 $K=100\text{N/m}$ ，其力回饋搖桿所傳回之警告力達到力回饋搖桿最大輸出力(8.9N)，所需耗費時間約為虛擬彈性係數設定為 $K=50\text{N/m}$ 所需耗費時間的一半，由這個結果來看，將虛擬彈性係數設定較大，更有利於使用者的操控。但因為有最大輸出力的限制，當使用者操作自動車接近障礙物到達一定距離時，力回饋搖桿傳回之警告力將會保持在最大輸出力，這時候使用者將無法從警告力之大小判斷與障礙物的距離。所以設定虛擬彈性係數時，要盡量以不超過最大輸出力同時又能較快反應警告力的虛擬彈性係數為優先，以本實驗來看，將虛擬彈性係數設定為 $K=50(\text{N/m})$ 較有利於使用者的操控。