

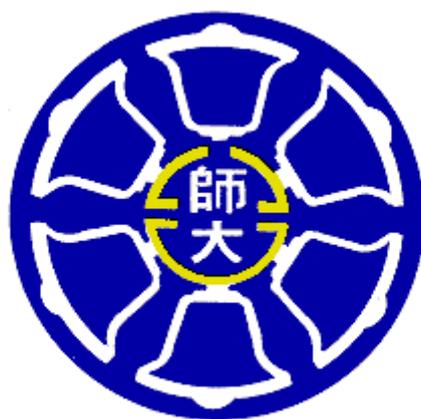
國立臺灣師範大學機電科技學系
碩士論文

指導教授：陳美勇 博士

利用 RFID 感測器於室內環境之盲人導航系統

Indoor navigation system for the visually impaired

using RFID



研究生：林宗翰 撰

中華民國 一〇一年 七月

誌謝

本篇論文得以順利完成，首先要感謝我的指導教授陳美勇老師，在這兩年當中非常感謝他細心指導與提攜，在研究方面提供許多想法與建議來協助學生，使我得到很多新知。並教導學生待人處事道理、做研究的態度與需不斷的提升自己的能力，更對學生們有如父親般的關懷，因此從恩師身上學習良多，在此，致上衷心的感激與謝忱。

感謝口試委員練光祐博士、呂藝光博士、葉賜旭博士，於百忙之中仍不吝撥冗對本論文給予諸多指教與建議，使本論文得以更加嚴謹與周延。

同時感謝實驗的夥伴們建勳、建州、可瑋、博文、科明在求學期間，不斷互相幫助與教導，使我在研究上能夠順利的完成。也感謝實驗室的好學弟們秉剛、傅文、東諺、昀翰、哲勝與希哲，在研究期間互相勉勵，特別感謝秉剛與昀翰學弟；秉剛學弟在程式方面不吝惜的給我協助、昀翰則是在繪圖與英文上的協助，讓我研究能夠順利的發展。而在實驗室和諧的氣氛，充滿美好回憶，在此感謝你們的陪伴，也祝福大家在未來的人生道路上能夠有美好的發展。

最後要感謝家人們二十多年來對我的栽培與照顧，在求學過程中不斷的給予幫助，使我學習上能精益求精，僅以此論文獻給我敬愛的父親、母親與姊姊，在我的身邊無悔的支持與鼓勵，以及所有關心我的師長、同學、學弟妹與諸多朋友們，願將這份喜悅與各位分享。

林宗翰

壬辰年·仲夏夜

精密運動控制實驗室

摘要

本研究主要之研究目的為協助視障者在不熟悉之路途中，因為失去方向或迷路而無所適從，於是在導盲杖上設計具有偵測位置與方向之 RFID 感測模組，並且將路徑規劃演算法加入於系統中，提供視障者能在不熟悉環境裡找到自己所處於的位置與方向，並提供導航之功能。

一般研究上所使用的方法多利用超音波感測器判別前方障礙物距離視障者多遠，或是利用機器人導引方向，並將感測器裝置於機器人上，視障者無法有較大的行走自由度，會變得綁手綁腳，且機器人製作上價格昂貴。然而在多方面考量後，我們採用最近幾年來極為熱門且技術越來越成熟之 RFID 作為智慧型導盲杖感測器應用，希望能讓視障者在室內環境中自在的行走；研究中藉由手杖裝上 RFID 讀取器作為室內定位的設備，將室內空間地板上佈滿 RFID 電子標籤，依照 RFID 標籤之特性，每一個標籤會有一個屬於自己之辨識碼，因此經由 RFID 導盲杖接觸到電子標籤後，可得知視障者目前位置，若視障者迷失方位後，可透過系統之方向判別功能取得所在方向，並且將訊號回傳於系統主控端，主控端再利用所得訊號將語音透過藍芽耳機告知視障者，視障者也可依照自己想到達之位置，選擇路徑規劃之功能，系統會經由使用者之需求以 Dijkstra's 演算法規劃最短路徑，協助盲人快速指引最佳路徑。

關鍵詞：RFID、導盲杖、Dijkstra's 演算法。

ABSTRACT

The main purpose of research is to assist the visually impaired who are not familiar with environment, it would cause somebody to be confused because of losing direction. We set RFID sensor which can detect directions and the position to the white cane, and utilize the path-planning algorithm to this system. The method of research is to provide the visually impaired to find the position and the orientation, and give them the function of navigation.

Previous studies use ultrasonic sensor to detect the distance between the walker and the obstacle or to direct the route through the guidance of robots. However, the visually impaired cannot get enough freedoms from it. Moreover, the cost of the development of the robot will increase. With respect to these concerns, we apply the most popular and mature technique—RFID to the guide cane sensor, hoping to give more freedoms to the visually impaired in indoor environment. The study is to combine the RFID reader with the cane as indoor positioning device. Each RFID tag spreading elaborately in indoor floor has one specific verification number. Once the RFID guide cane touches the electronic tag, the location of the visually impaired can be identified. If the visually impaired lost his way, the direction-detect function will get a RF signal. Then, the signal will feed back to main server. The main server will inform the visually impaired via the voice system of the blue tooth device. Besides, the visually impaired can use path-planning device with synergy of Dijkstra's algorithm that helps the visually impaired to find the shortest path.

Keywords : RFID, White cane, Dijkstra's algorithm

總 目 錄

誌 謝	i
摘 要	ii
ABSTRACT	iii
總目錄	iv
圖目錄	vii
表目錄	xi
第一章 緒論	1
1.1 前言	1
1.2 文獻回顧	6
1.3 研究動機與目的	11
1.4 本論文之貢獻	11
1.5 論文架構	12
第二章 理論基礎	13
2.1 RFID 系統基本概念	13
2.1.1 RFID 基本原理	14
2.2 電磁感應	16
2.3 電磁傳播	17
2.4 RFID 參數簡介	19
2.4.1 工作頻率	19
2.4.2 有效距離	20
2.5 RFID 操作頻率	23
2.6 讀取器	27
2.7 電子標籤	30
2.8 天線的操作原理	32
2.9 微波共振	35

第三章 系統設計概念與配置	36
3.1 RFID 導盲杖系統設計	36
3.2 RFID 導盲杖系統架構	36
3.3 RFID 導盲杖系統概念	37
3.4 RFID 導盲杖配置	37
3.5 RFID 導盲杖系統流程描述	40
第四章 RFID 導盲杖系統設計原理與路徑規劃	42
4.1 導盲杖設計	43
4.2 電子標籤距離設計	43
4.3 RFID 定位	44
4.4 RFID 方向判別	45
4.5 語音系統	46
4.6 路徑規劃	50
4.6.1 Dijkstra's 演算法	50
4.6.2 建立障礙物	51
4.6.3 路徑規劃	53
4.6.4 Dijkstra's 最短路徑	54
第五章 實驗結果與討論	56
5.1 系統設備描述	56
5.2 RFID 導盲系統流程	60
5.3 盲人導航系統	61
5.4 地理資訊系統	62
5.5 RFID 定位與方向判斷	63
5.6 Dijkstra's 演算法路徑規劃	69
5.7 大面積導盲設計模擬	73
5.8 RFID 導盲系統設備優缺點分析	76

第六章 結論與未來展望	78
-------------------	----

參考文獻	79
------------	----

圖 目 錄

圖 1-1	導盲之白手杖.....	1
圖 1-2	導盲犬.....	2
圖 1-3	1997 年全世界致盲原因與人數統計圖.....	3
圖 1-4	導航功能腰帶用於人體避障圖.....	5
圖 1-5	導航功能腰帶用於貨物圖.....	5
圖 1-6	：(a)色度圖(b)色彩導盲示意圖.....	7
圖 1-7	色彩導航線.....	8
圖 1-8	三角形定理.....	9
圖 1-9	LANDMARC 方法示意圖.....	10
圖 1-10	被動式 RFID 示意圖.....	10
圖 2-1	RFID 接收訊號過程.....	15
圖 2-2	電磁感應.....	17
圖 2-3	電磁傳播.....	17
圖 2-4	帝商科技的 125KHz 的讀取器.....	23
圖 2-5	帝商科技的 433.92 MHz 的讀取器.....	25
圖 2-6	科能公司的發卡機.....	27
圖 2-7	UNITECH 的手持式讀取器.....	27
圖 2-8	UNITECH 的固定讀取器.....	27
圖 2-9	UNITECH 的條碼列印機.....	27
圖 2-10	讀取器讀取操作的情形.....	28
圖 2-11	讀取器的讀寫單元方塊圖.....	29
圖 2-12	主動式 Tag 的內部方塊圖.....	30
圖 2-13	被動式 Tag 的內部方塊圖.....	32
圖 2-14	Reader 與 Tag 天線之間的操作情形.....	33

圖 2-15	Reader 與 Tag 天線之間的電磁感應	33
圖 2-16	再分配器上具有同相功能的磁力線分佈.....	34
圖 2-17	具有異相功能的天線之磁力線分佈.....	35
圖 2-18	微波共振.....	35
圖 3-1	RFID 導盲杖系統配置圖.....	37
圖 3-2	(a)、(b)、(c)為裝置 Reader 後的導盲杖.....	38
圖 3-3	標籤間距離配置.....	39
圖 3-4	定位與方向流程圖.....	40
圖 3-5	路徑規劃與避障流程圖.....	41
圖 4-1	門簾桿.....	43
圖 4-2	桿間連接處.....	43
圖 4-3	Reader 應裝置於導盲杖高度圖	43
圖 4-4	標籤與標籤距離三角法.....	44
圖 4-5	座標轉換圖.....	45
圖 4-6	東北方向判別流程圖.....	46
圖 4-7	東南方向判別流程圖.....	46
圖 4-8	(a)藍芽接收器；(b)語音系統配戴圖；(c)藍芽耳機.....	48
圖 4-9	語音之檔案路徑.....	49
圖 4-10	時間次數與停止設定.....	49
圖 4-11	語音系統回起點設定.....	50
圖 4-12	路徑節點圖.....	50
圖 4-13	障礙物分佈模型.....	52
圖 4-14	兩頂點偵測範圍-禁止通行路徑偵測法	53
圖 5-1	RFID 導盲杖系統配置圖.....	56
圖 5-2	RFID 讀取器.....	57
圖 5-3	RFID 讀取器接腳圖.....	57

圖 5-4	被動式 Tag.....	58
圖 5-5	USB-TTL 轉換板	58
圖 5-6	藍芽接收器.....	59
圖 5-7	藍芽耳機.....	60
圖 5-8	導盲系統流程圖.....	60
圖 5-9	智慧型導盲杖系統.....	61
圖 5-10	地理環境資訊.....	62
圖 5-11	(a)定位示意圖；(b)實際定位圖.....	63
圖 5-12	(a)東南方；(b)西南方；(c)東北方；(d)西北方 示意圖	63
圖 5-13	(a)實際點擊上方、右方；(b)亮燈顯示之程式.....	64
圖 5-14	(a)實際點擊上方、右上方、右方標籤；(b)亮燈顯示之程式	64
圖 5-15	(a)實際點擊右方、下方標籤；(b)亮燈顯示之程式	65
圖 5-16	(a)實際點擊右方、右下方、下方標籤；(b)亮燈顯示之程式	65
圖 5-17	(a)實際點擊下方、左方標籤；(b)亮燈顯示之程式	66
圖 5-18	(a)實際點擊下方、左下方、左方標籤；(b)亮燈顯示之程式	66
圖 5-19	(a)實際點擊下方、左方標籤；(b)亮燈顯示之程式	67
圖 5-20	(a)實際點擊下方、左下方、左方標籤；(b)亮燈顯示之程式	67
圖 5-21	(a)路徑起點 (b)路徑第二點(c)路徑第三點(d)路徑終點.....	70
圖 5-22	(a)6X6 之障礙物地圖；(b)設定起點；(c)路徑第二點；(d)路徑第三點；(e)路徑第四點；(f)語音告知轉彎；(g)路徑第五點；(h)路徑終點	71
圖 5-23	(a)路徑起點；(b)路徑第二點；(c) 路徑第三點語音告知前方有障礙物；(d)路徑第四點；(e)路徑第五點 ；(f)路徑第六點語音告知轉彎處；(g)路徑第七點；(h)路徑第八點；(i)路徑終點.....	72
圖 5-24	100x100 最短路徑地圖.....	73
圖 5-25	位於日本東京的盲人美術館.....	73

圖 5-26 視障圖書館.....	74
圖 5-27 醫院平面圖.....	75
圖 5-28 利用 Dijkstra's 演算法規劃出最短路徑圖.....	75
圖 5-29 藝術館平面圖.....	76
圖 5-30 利用 Dijkstra's 演算法規劃出藝術館最短路徑圖.....	76

表 目 錄

表 2-1	RFID 系統參數範例表	21
表 2-2	目前 RFID 的操作頻帶與特性比較	26
表 5-1	利用 RFID 設備使用於導盲系統之比較	77

第一章 緒論

1.1 前言

在現實生活當中，人們每天都需要從事各種活動，無論是購物、就醫、休閒活動、工作等…都是熟悉的環境之中，但在某些情況下，必須在完全陌生的環境中尋找方向或地點，此時人們可以依靠電子指南針或全球定位系統(Global Positioning System)來搜尋地點，視障人士卻無法輕易的使用這些科技產品來定位。視障人士生活不便的重要因素是缺乏自主的活動性及安全性，大部分的視障人士所依賴的輔具為導盲杖以及需要長期訓練的導盲犬。如圖 1-1[1]為導盲杖、圖 1-2[2]為導盲犬所示。

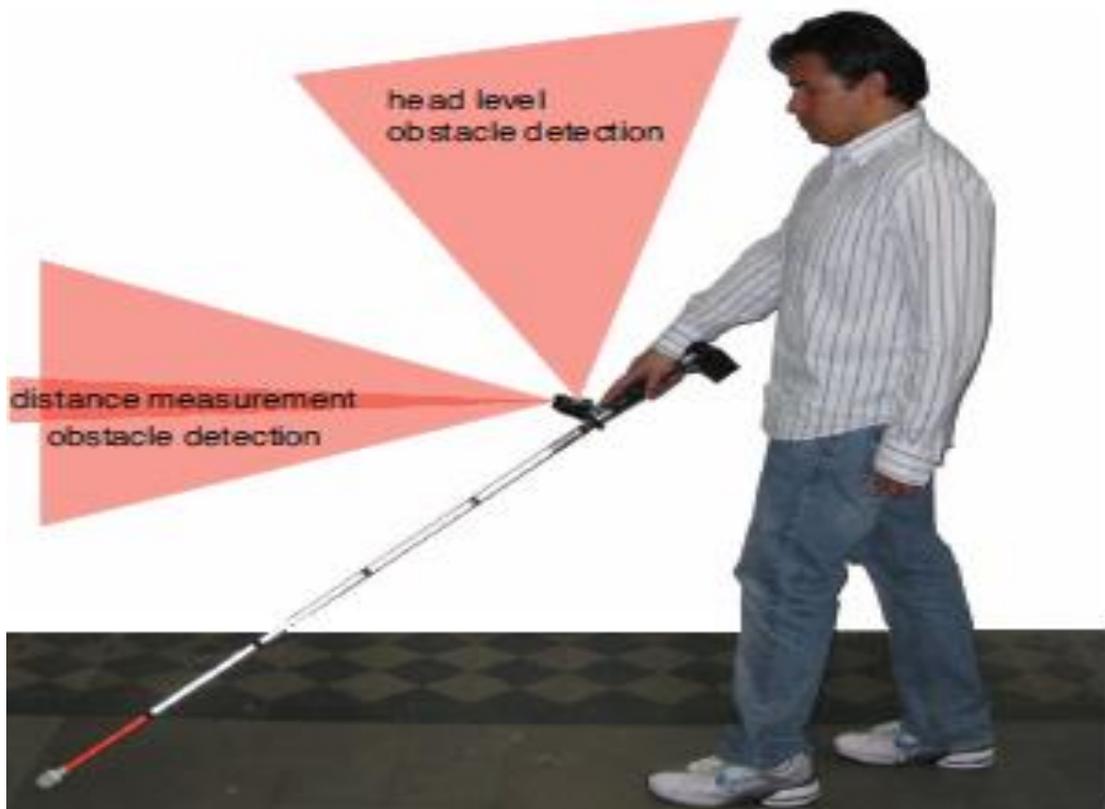


圖 1-1[1]：導盲之白手杖



圖 1-2：導盲犬[2]

世界衛生組織於 1998 年統計出 1997 年的全世界致盲原因，並分別將各種失明原因作比例分配，而我們可以看到失明總人數高達四千四百八十萬人，如圖 1-3 所示，研究發現視障人口數正持續增加，每年平均約成長五十萬人。依據內政部的統計，以台灣的視障人士而言，已從 1998 年的三十二萬人，至 2008 年增加幅度約為五十五萬人，而日本視障人口也大約有三十萬人，由以上的數據顯示，視障人口是不容忽視的。

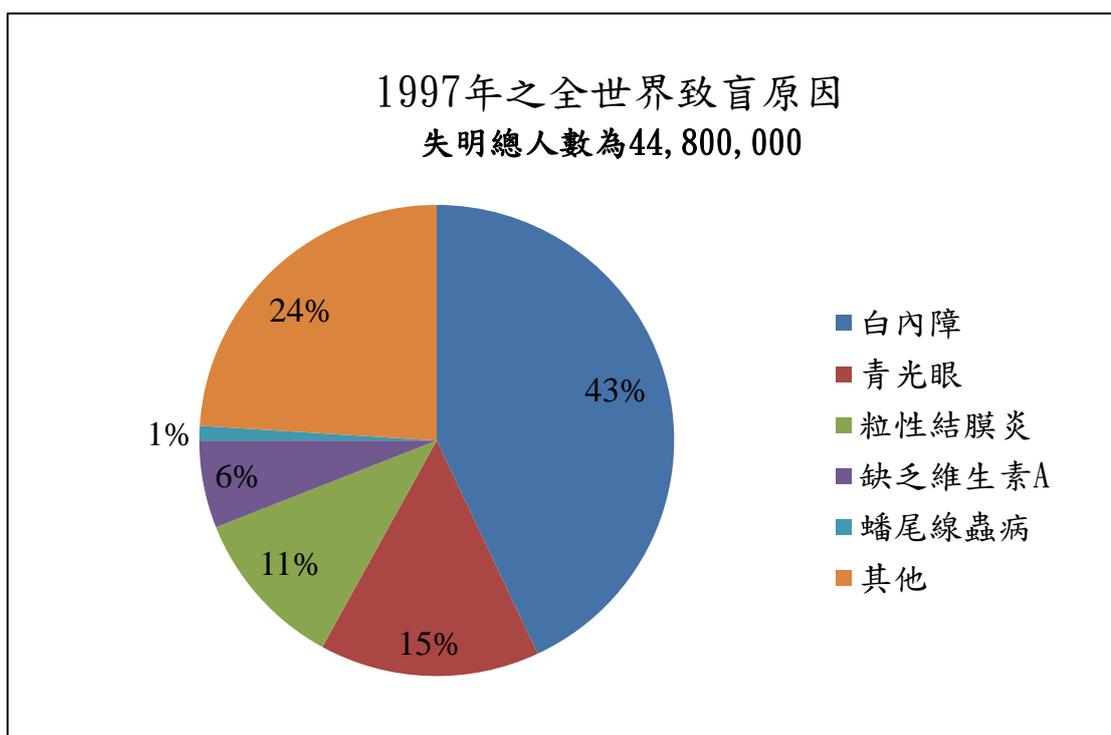


圖 1-3：1997 年全世界致盲原因與人數統計圖

如果以年齡來看，能進一步發現到，年齡達到四十歲以上之視障人士的比例已逐年攀升，如果再將高度近視計算在內的低視障人口，則已大於一百萬人。低視能人口的定義，以國際上的認定上，如果最優眼的視力經過矯正後無法達到 0.125 就稱為低視能患者，而台灣的定義為視力經由最佳矯正後還未達 0.1 者稱之，有些低視能人口，他們能感覺到光線的照射，但卻無法自主的行動，卻需要憑藉著一些輔助器具來行走[1]。

台灣現在的生活環境而言，處處充滿著障礙物，如人行道上的告示牌、騎樓的機車擺放等等，這使得視障人士生活更加不易，由此可見台灣的視障人士應當需要受到政府的高度重視。目前國際上通用的白色手杖[1]如今仍是視障人士最常用的行走工具，藉著一根不起眼之導盲手杖，視障人士可察覺到地面障礙物、行人、階梯、隆起路面等環境中之狀況，然而要能夠從容不迫的自由行走對於他們是需要經過相當長時間的學習與訓練，這是明眼人所無法體會的苦處；前文我們稍加提到視障人士另一個能讓他們

能夠具有自主性的選擇為導盲犬，導盲犬偵測障礙物的效果又比導盲杖來的佳，但導盲犬卻有訓練不易、更加費時、數量過少及高成本的缺點，所以導盲犬在各國家的使用率都很低。日本導盲犬協會在 1991 年就曾經做過研究，視障人士在二十五萬人之中，如果兩萬人具有導盲犬的協助就可獨立生活，然而實際上的導盲犬卻僅有七百隻。台灣的盲人協會於 1999 年也曾做過相似的統計，若以五萬人視障人口都需要導盲犬的協助來說，導盲犬的數量卻只能提供給一個視障人口使用，可見得導盲犬的數量實在是供不應求。

因此為了解決視障人士的這些問題，國內外許多學者開始相關研究，開發了導盲機器人來協助視障人士。Shraga Shoval, Johann Borenstein, Yoram Koren 等學者[3]發展以移動式機器人結合導航功能的腰帶 NavBelt，能遠距離的感測到障礙物的存在；移動式機器人與視障人士一樣具有執行動作、行走的能力，但是機器人需要一個感測系統來感應在行徑中的障礙物，感測到障礙物可立刻迴避，因此如果我們將裝設於移動式機器人上的障礙物閃避系統穿戴於視障者腰上，視障者將可提早得知障礙物的存在，並且也比移動式機器人的自由度來的高，這種半被動式障礙物閃避系統運作的感測器，可增加視障者的安全性，甚至可取代白手杖的運用，提供更好的行為能力。如圖 1-4[3]所示。

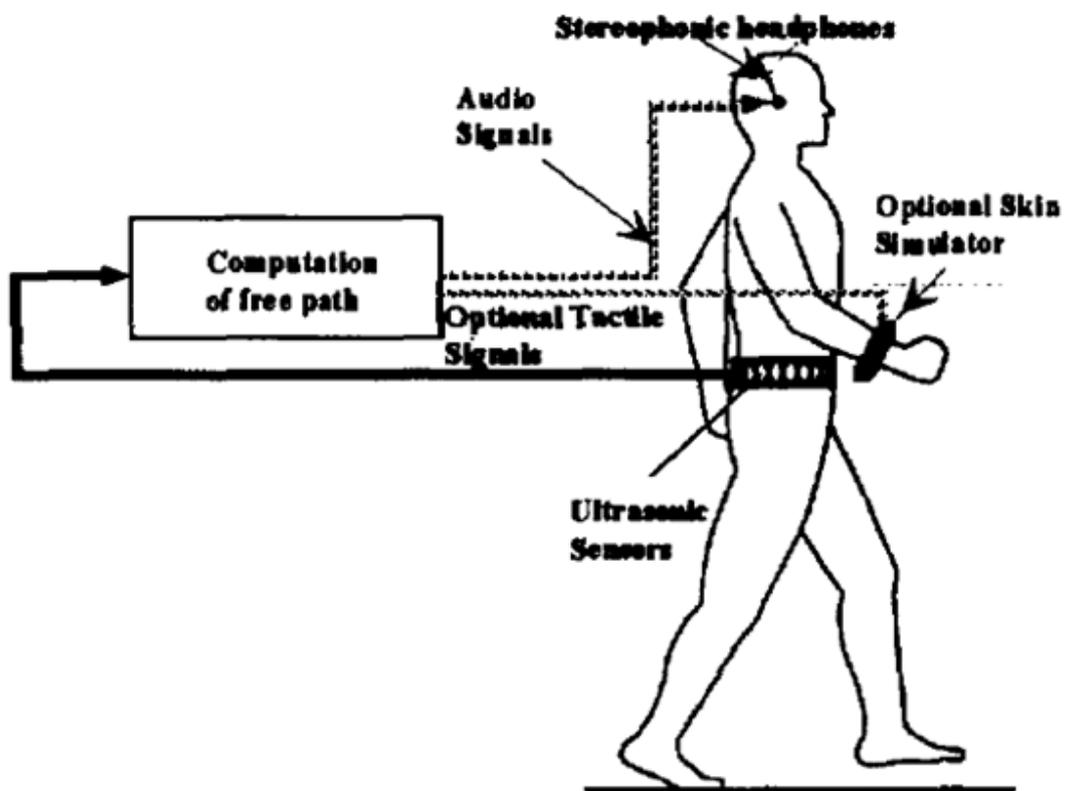


圖 1-4：導航功能腰帶用於人體避障圖[3]

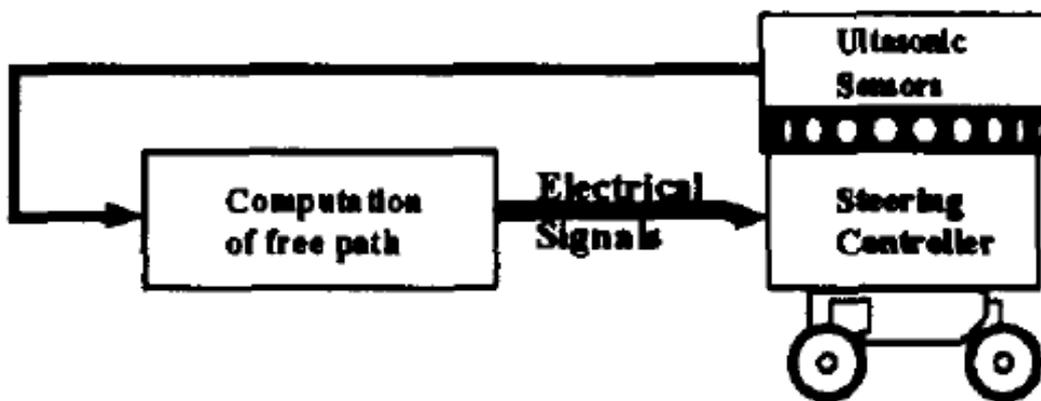


圖 1-5：導航功能的腰帶用於貨物圖[3]

科技越來越進步也帶動機器人的生機，機器人在工廠已經節省了許多人力資源，目前的工廠也以自動化生產為主，都需要藉由機器人來協助，如:搬運物件、機器同步運動等，除了生產需求之外，也顧慮到使用者的安

全與作業進行的順暢，移動式機器人或機械手臂一般都具有各種感測元件，具有多功能用途的控制器及精確操控能力，使得機器人能夠在環境複雜的區域中獨當一面，達成人類的需求與目標。

以往導盲式機器人絕大部分是裝置超音波或紅外線感測器[4]，將感應到的訊號回傳於控制端，再以視障人士可以得知的方式將感應器的訊號結果傳至視障人士，例如：回傳的訊號經由控制器傳到音頻系統利用振動或聲音的高低頻率變化告知使用者，目的是希望能保護視障人士在環境中能顧及到自己的安全及處境等狀況，因此這些研究都只偏重局部性閃避障礙物而未考慮全面性的導航。

但本研究系統除了能讓視障人士得知自己的位置與方向之外，也能經由使用者的需求，讓視障人士能選擇欲到達目的地的路徑，故達成系統規劃最短直線路徑及避免障礙物的碰撞。

人類的眼睛為靈魂之窗，失去了視覺就如同缺少了行動自主，因此我們希望能讓視障人士克服心理障礙，能夠靠著 RFID 導盲杖在室內環境中到達盲人所想抵達的位置。

第二章我們將介紹 RFID 的基本原理，第三章介紹系統的架構、系統概念、定位、方向判斷流程，第四章介紹 Dijkstra's 演算法與最短路徑的求得，第五章介紹實驗模擬與結果，第六章介紹結論與未來工作。

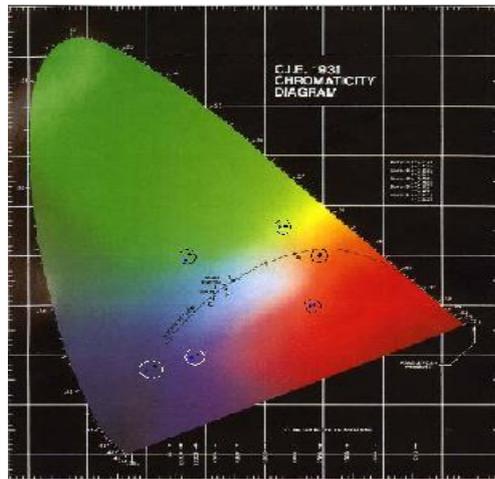
1.2 文獻回顧

大家耳熟能詳的一句科技語「科技始終來自於人性」，說是來自於人類的惰性也不為過，人們為了要提升更好的生活品質、增加更好的生活環境，促進科技的不斷發展，造就了目前興盛的科技產業。

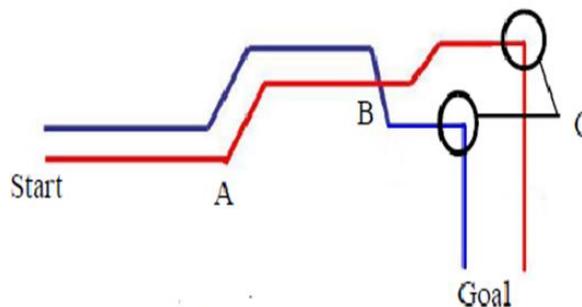
由於目前人類追求高生活品質的目標，卻忽視了視力的保健，以致於目前的視障人士日趨增加。本篇論文以盲人導向為出發點，為了要讓視障

人士能夠不必藉助他人的幫助就能夠自行行走而設計的 RFID 導盲杖，具有即時定位、方向判斷與導航[5]的功能。

Yuriko Shiizu, Yoshiaki Hirahara, Kenji Yanashima 等學者[6]提出了以顏色感測器來配合色度圖規劃的盲人導航線，並在轉角處放置 RFID Tag 當興趣點，藉由興趣點來告知視障人士的下一步行動，例如提醒視障者前方該轉彎；如圖 1-6[6]、1-7[6]所示。導盲杖上裝有顏色感測器與讀取器 (Reader)，利用顏色感測器可偵測視障人士的行走是否在導航線上，讀取器 (Reader) 則偵測該位置是否為轉彎處，此種方法有效的取代導盲磚的昂貴成本[6][7][8]。



(a)



(b)

圖 1-6：(a)色度圖(b)色彩導盲示意圖[6]

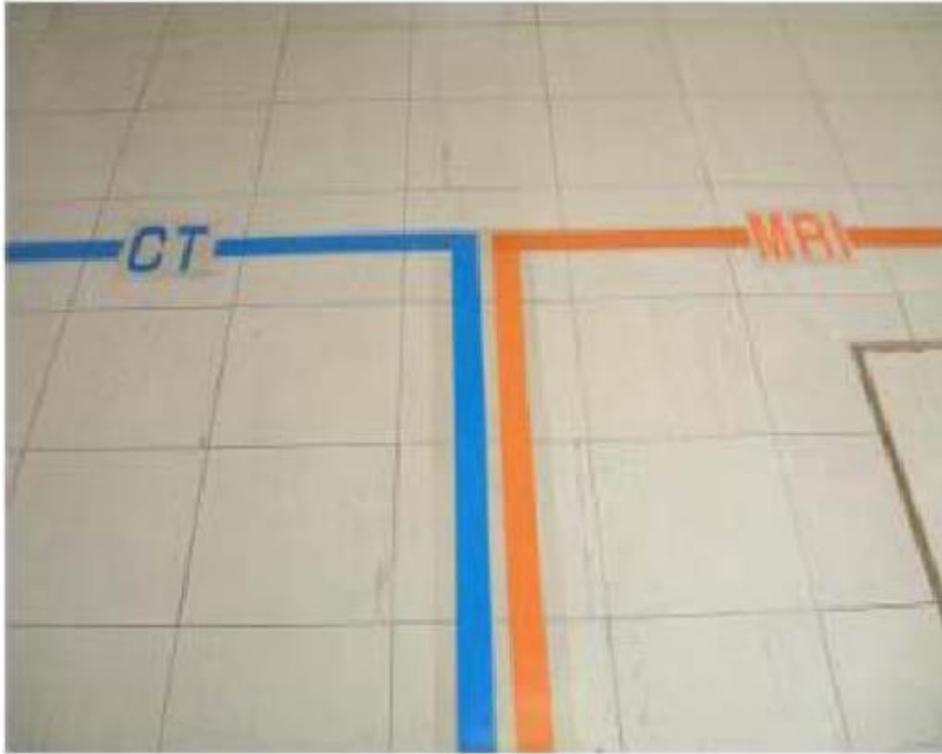


圖 1-7:色彩導航線[6]

D. Yuan and R. Manduchi[9]提出以雷射感測器感應障礙物之導盲杖，可偵測前方距離與地面缺陷，如牆角與樓梯高度等等，藉此方式達到視障者的安全顧慮，並利用三角形幾何關係算出其距離。如圖 1-8[9]所示。

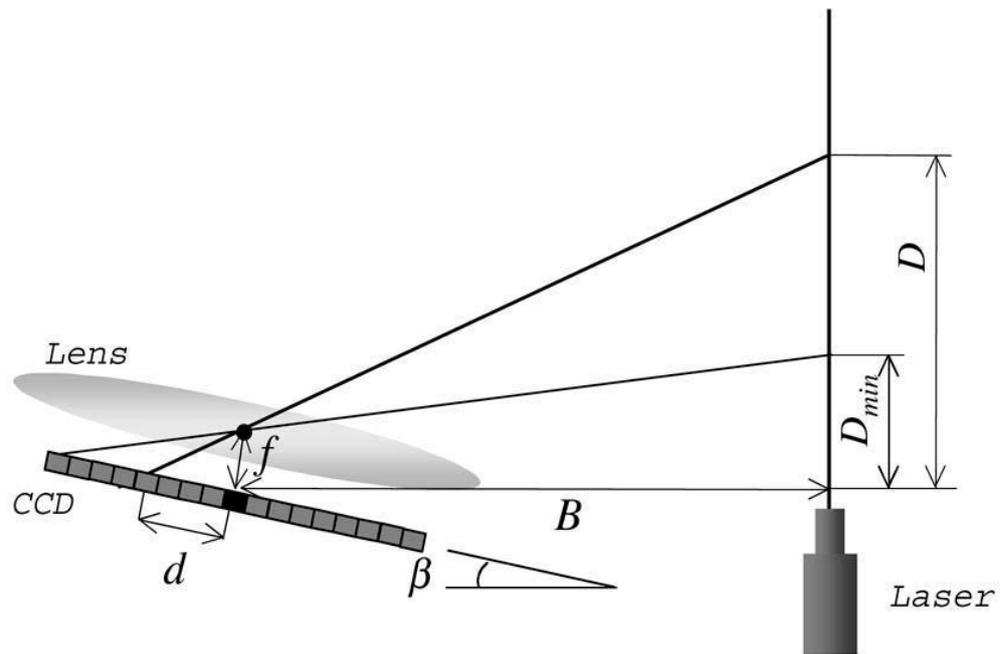


圖 1-8：三角形定理[9]

鄭文昌、江文生、詹銘浩等人[10]以主動式RFID應用於室內環境定位，利用LANDMARC演算法來作為定位，此方法是透過讀取器及佈署於已知的參考標籤做為判斷，主要先利用讀取器讀取到同一個標籤不同強度的RSSI 值來判斷距離。

綠色三角形為讀取器(Reader)、黑點為參考標籤、紅點為追蹤標籤，將所偵測到的電子標籤縮至預先佈署好的參考標籤的區塊內，如圖1-9 [10]中標示為灰色的區塊；再透過參考標籤及追蹤標籤的RSSI訊號強度算出距離加權值，最後再計算出追蹤標籤的位置，此種方法可減少電磁波的影響，增加追蹤標籤的準確度。

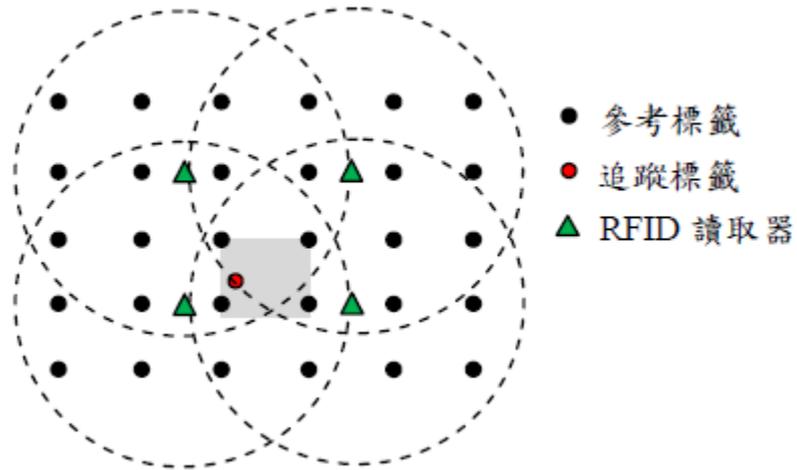


圖 1-9：LANDMARC 方法示意圖[10]

Emidio Di Giampaolo 等人[11]提出了利用被動式 Tag 於室內導航，作者將被動式 Tag 佈置於天花板上，讀取器與手機結合後發出 RF 無線射頻訊號，被動式 Tag 接收到訊號範圍後，可定位使用者的位置。如圖 1-10[11] 被動式 RFID 示意圖。

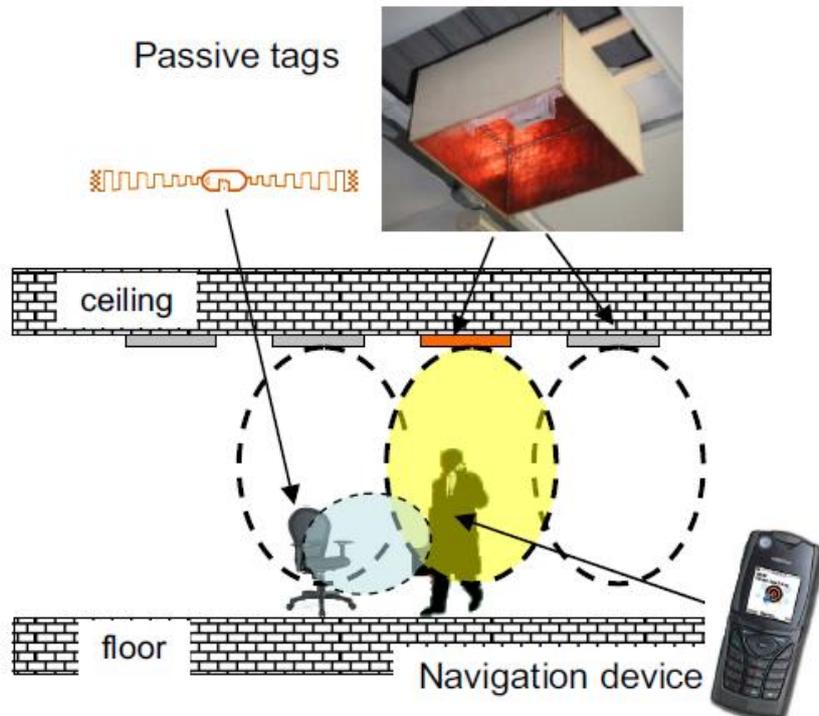


圖 1-10：被動式 RFID 示意圖[11]

1.3 研究動機與目的

我們在路上看到的視障人士，他們能自然的行走，是他們經由長期的訓練後而熟悉的路徑，若他們位於不熟的地理環境中，是很難了解整各環境的狀況，這些困難是並不是一般人所能體會的，他們必須從黑暗的環境中求生存，無時無刻都存在著危險性與不方便性，於是早期所發明的白手杖（White Cane）是他們賴以活動的輔助工具，但白手杖所能帶給他們的活動有限，白手杖的功用主要是讓視障人士去感受前方的障礙物位置，而手杖的接觸範圍有限，不能碰觸的地方則是危險範圍；根據許多研究得知，白手杖所偵測到的障礙物範圍約為前方 45 度；也就是說，使用者只有在面臨白手杖能偵測到的範圍內的障礙物時，手杖有所接觸才會閃避，視障者並沒辦法放心的行走，因為處處充滿陷阱。於是我們希望能開發出一套系統，能夠將環境中的資訊，先告知視障人士，並配合白手杖的使用，自己選擇需要到達的地方，再根據系統的提示引導視障人士到達目標，增加盲人行走的安全與自主性。

1.4 本論文之貢獻

本研究所發展的系統共分成四個部分，主要分為 RFID 導盲杖的定位、方向判別、語音系統與最短路徑規劃四部分，主要以被動式 RFID 系統將導盲杖做精密的定位，並建立語音系統告知視障人士，系統中設有室內導航的功能，再利用演算法規劃出最短路徑，可廣泛應用於醫院、博物館、商店、圖書館等室內區域。

1.5 論文架構

本論文一共分為六章，各章內容依序如下：

【第一章】-緒論

本章節所介紹為視障者常用之輔助工具、生活上不便之處、致盲人數統計及文獻回顧、動機與目的之說明。

【第二章】-理論基礎

本章節所介紹為 RFID 基本原理與概念。

【第三章】-系統設計概念與配置

本章節所介紹為 RFID 導盲杖之設計概念以及實驗設備之配置。

【第四章】-RFID 導盲杖設計原理與路徑規劃

本章節所介紹為讀取器裝置於導盲杖之設計與 Dijkstra's 演算法之原理。

【第五章】-實驗結果與討論

本章節所介紹為 RFID 導盲系統之方向與路徑規劃作實驗呈現。

【第六章】-結論與未來展望

本章節將本研究作總結及未來工作之說明。

第二章 理論基礎

本章節將講述各本研究硬體架構所須之基本原理，RFID 基本概念、電磁感應、RFID 構造、用途、以及種類的區分，以便後續的導盲杖應用與介紹。

2.1 RFID 系統基本概念

RFID 稱作無線射頻辨識系統(Radio Frequency Identification System)，是一種非接觸電磁感應系統，此技術發明於西元 1940 年，也是發生二次大戰的時候。英國聯軍當時遭受到德國空軍轟炸侵害，為了辨識於歐洲大陸進入英國領空的戰機為敵軍或友軍而開發出一項創新技術。因而此系統又稱作 IFF 敵我辨識(Identify: Friend or Foe)系統，當時的作法是在英國飛機上裝設一台詢答機(Transponder)，經由 RF 電波感應而產生信號，當飛機靠近英國領土時，若可接收到此一次信號，可得知為友機，位接收到此訊號的則為敵機；這種 IFF 敵我辨識系統，也成為發明後首次使用在時站環境中的 RFID 射頻辨識系統，也為往後的科技發展更堆進一步，並廣泛運用在今後的航空流量管制與貨物清點上[12]。

RFID 系統一般來說是由三大系統所組成，包括讀取系統、接收系統、天線系統，而系統組成元件包含了讀取器(Reader)、電子標籤(Tag)、電腦應用系統，以及系統內部含有讀取器(Reader)、電子標籤(Tag)為一體的 RFID 或外加讀取器(Reader)的天線(Antenna)等等。RFID 的主要操作原理是利用讀取器(Reader)所發送的 RF 無線射頻電波信號至目標物件上的電子標籤(Tag)，來進行直接讀取資訊與資料辨識的功能。

以讀取器與主電腦相連的介面方式很多種，當應用系統欲進行物件之辨識工作時，可透過有線或無線方式控制讀取器(Reader)發送無線電波能

量，有線方式的以 RS232、USB、RS485、RS422 等介面或無線方式可使用藍芽、GPS 等介面；當電子標籤(Tag)感應到此能量時，內部的詢答機(Transponder)機制會再將此能量轉成電源，感應到的能量越大，產生的電源也越強，並以內建的無線電波傳回一系列的識別資料給讀取器(Reader)，最後傳回主電腦內，以進行目標物件之辨識、偵測與管理等工作[13]。

讀取器(Reader)產品造型有盒裝、手持式或回字形型式等，依照各種不同需求而設計，而電子標籤(Tag)產品也有許多不同造型，如動物晶片式的注射圓筒型、卡片式的悠遊卡、鑰匙圈型式、手錶型式、硬幣型式、條碼式、貼紙型式的智慧標籤等等。

在生活上、我們常去的賣場中也有此應用，只要將電子標籤(Tag)植入或貼在商品上，店員即可經由 Reader 來結帳，不但節省許多時間，還可避免看錯價錢造成虧錢的疏失，有的店家還裝設有防盜系統門，可用來偵測商品是否結帳，減少遭竊的風險。在貨物運用方面，可在貨物進行盤存作業時，讀取器(Reader)可在一定範圍內感應到這些電子標籤(Tags)，並一次大量讀取這些物品的數目，最後再由主電腦之應用系統進行物品辨識與管理工作，如清點大賣場或存貨裡的貨品庫存量或是檢測商品是否過期等等[14]。

2.1.1RFID 基本原理

如今 RFID 技術不再是只被用於軍事用途上，他開始成為學界、產業界研究或發展的目標，因此將作更深入的相關原理。

無線射頻辨識系統(RFID)是因為接觸式系統的不方便而有所開發，這技術至今已越來越成熟了，由基本的電磁感應原理與磁效應延伸而發展，利用 RF 射頻無線訊號將多元資料傳送至接收端，因此射頻晶片並不需直接與讀卡機(Reader)做實體直接接觸也能達成資料交換的任務，因此學者們對此系統研究更加有想法。利用此方式傳送資料並無須考慮方向性，因

此可將讀取機(Reader)視為主動端，相對的也能將電子標籤(Tag)當作主動端，若將電子標籤置於錢包上、口袋內或是固定於貨物商品上都可做讀取，可說是具有生活化與多用途的優點。

將各項物品裝上特定的 ID，作為數量與細目效率化的管控，這些技術的應用已經受到高度重視，然而，要發展成能裝設在各種商品上、並且用完即丟的商品化階段，上有很多需要解決的問題，最重要的就是成本問題，以往數百塊的價格，經由各場上投入努力之下，已經降到數十塊，甚至大量訂購可將價格再降至 5 圓以下[15]。

RFID 系統中之 RF 射頻晶片是一個由兩面微小無線電波晶片所組成，裡面是一個積體電路器 (IC)，線路經由兩端接點接到天線上，即可將信號回傳與接收，是由非接觸型 IC 卡所衍生出來的。當讀取器(Reader)送出無線電波信號之時，RF 射頻晶片可利用電磁感應原理將訊號回傳至標籤作辨識資料，此為 RFID 系統基本運作的過程。如下圖 2-1 所示。

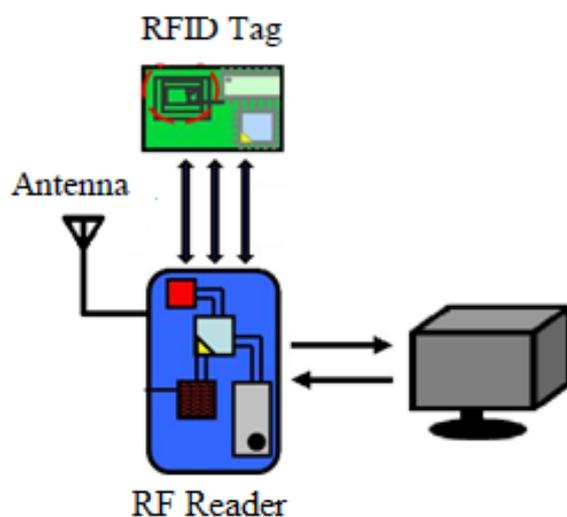


圖 2-1: RFID 接收訊號過程

RF 射頻標籤(Tag)用途非常廣泛，可將它嵌至於書裡、衣服、貨品、IC 卡片上，主要的結構包含： 直流轉 交流整流濾波器、CLK 積體電路、調變器、編碼器、解碼器、微處理器、記憶體。

RFID 可分為主動式與被動式標籤兩類，主動式也可稱作內建電池標籤，也就是內部裝有電源的收發器，記憶體容量可達到 1MB 以上，大多用於無線電或需要距離較遠的產品上，主動式會被誤以為是由標籤本身主動的開始進行通訊工作，其實是在收到讀取器所發出的訊號時，執行回傳信號的動作。主動式標籤是有電池驅動的，因此通訊距離較長，但使用期限受限，使用壽命約 5 至 8 年，電池電力耗盡後，會將主動式標籤轉換至被動式標籤，這也是它的重要特徵。然而和被動式標籤相比之下，價格相當的貴，又有電池壽命的限制。

目前主流的被動式標籤(Active Tag) 無安裝電池，利用內建天線經由讀取器所放出之電磁感應電磁場獲取能量，傳輸距離較主動式標籤短，但成本較低、體積較小、且壽命較長，相對具競爭力。

2.2 電磁感應

RFID 基本上是利用電磁感應原理感應，也就是變壓器模型，它是透過空間距離磁場反應進行耦合，依據電磁感應定律，如下圖 2-2 所示。電磁感應通常適用之頻率為中、低頻，近距離讀取之 RFID。一般常見之操作頻率有：125kHz、225 kHz 與 13.56MHz，感測距離低於 1 公尺。

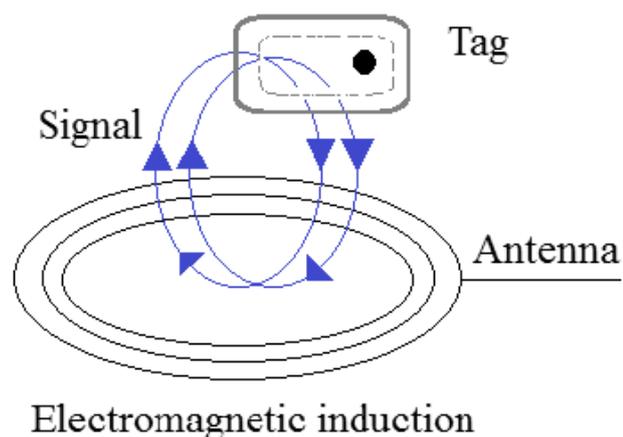


圖 2-2：電磁感應

2.3 電磁傳播

電磁傳播為電磁反向散播(Back Scatter)耦合，即雷達發射原理之模型，將發射出的電磁波，接觸到目標後，反彈目標資訊，同時會帶回資料，是依據電磁波的空間傳播規則，如圖 2-3 所示。電磁傳播型式有超高頻、微波等，以長距離訊號之 RIFD 系統為主流。典型的工作頻率有 433 MHz，915 MHz，2.54GHz，5.8 GHz。識別距離大於一公尺，典型有效距離為 3~10 公尺。

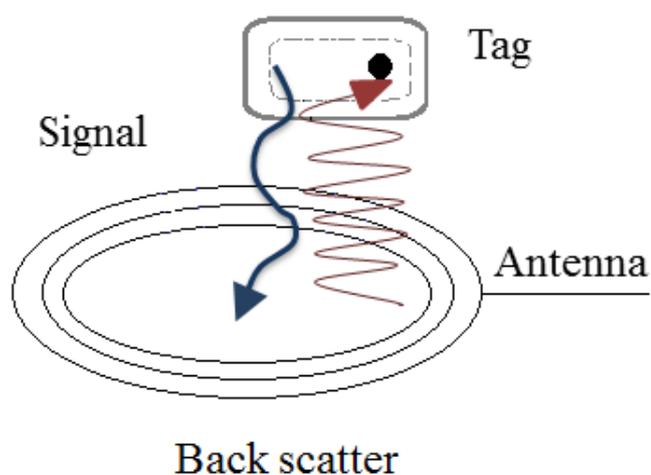


圖 2-3 電磁傳播

RFID 組成分為兩部分，其中為電子標籤(應答器，標籤，Tag)與閱讀器(讀取器、讀卡機，Reader)。在 RFID 實際生活應用中，電子標籤嵌入於物體表面或內部中，當物品靠近閱讀器之可識讀取區域時，閱讀器以間接接觸物體之型式感測後，將標籤中的資訊讀取出，展現物品辨識或資訊收集之功能。

當 RFID 系統的感應距離很短(0.1~1 公分)時，稱此為一個近耦合系統；操作時，Tag 必須很接近讀取器。

近耦合系統的操作頻率可從 0Hz(DC 值)到 30MHz，Tag 操作所需的電源主要是感應自讀取器所發射之無線電波；其主要應用在強調安全性之近距離感應系統上，如電子門禁管理系統、非接觸式智慧卡(如悠遊卡)系統等等。此系統之近耦合詢答機，目前主要使用在 ID-1 格式的非接觸式智慧卡上。

當 RFID 系統的感應距離可達 1 公尺以上時，我們稱此為一個遠耦合系統，操作時，Tag 可離讀取器較遠。遠耦合系統的操作頻率可以在 135KHz 以下，或是 6.75MHz、13.56 MHz、27.125 MHz；Tag 操作所需的電源主要是感應自讀取器所發射出的無線電波，由於距離越遠，感應的能量就越小，為了提供足夠的能量，距離越遠所需的操作頻率就越高，90%~95%的 RFID 系統都是使用此一遠耦合系統，此亦包括非接觸式智慧卡系統。

當 RFID 系統的感應距離可達 10 公尺以上時，稱此為一個長距離系統；操作時，Tag 可離讀取器又比遠耦合來的遠。長距離系統的操作頻率已屬於微波範圍，可以是 2.45GHz、5.8GHz，甚至是 24.124GHz；由於距離太遠了，Tag 難以靠耦合感應方式取得所需的電源，所以 Tag 必須內含電池以提供其內之微晶片與天線模組所需之操作電源；長距離系統主要使用在活動範圍較大之管制場所，由於使用的是成本較高之主動式 Tag，因此大

多應用在大型貨物或貴重物品之管理上[16]。

2.4 RFID 參數簡介

簡單介紹系統工作頻率與有效系統，並比較系統參數，如下表 2-1 所示[16]。

2.4.1 工作頻率

工作頻率的選擇，幾乎決定了 RFID 的應用範圍、技術可行性及系統成本。在無線通訊系統中，RF 射頻電波訊號通常是以電磁感應或電磁傳播原理表示。因此 RF 射頻工作上，必定會受到空間傳輸之電磁波所影響。

日常生活中，電磁波無處不在。飛機導航系統，電台的廣播，軍事應用等。每個國家與地區都對電磁頻率的使用，制定了許可證的規則，大陸則由國家無線電管理委員會進行統一管理。

RFID 屬於無線電的應用範疇，因此，使用不能干擾到其他系統。工業、科學與醫療使用的頻率範圍(Industrial, Science, Medical, ISM)通常是局部無線電通訊頻段，因此一般 RFID 使用的頻段，也是 ISM 頻段。

以電磁波的量測距離與穿透能力等物理特性來看，不同頻率具有之不同優缺點。低頻穿透能力較強，可穿透物如水、塑膠、金屬、壓克力、動物，包括人體等導電材質，但感測距離較短。因為頻率較低，可利用的頻帶相對的窄，傳輸速率相對低，且性噪比低、訊號強度弱、外在干擾強度較高。

為了得到相同的傳輸效果，則高頻系統就派上用場，此發射功率小，設備較簡易。與低頻相比，高頻系統資料傳播速率較高，無低頻的信噪比限制，但穿透能力或繞射能力較差，是較容易被水導電媒介所吸收，因此，對於可導障礙物的敏感性很強。

如何利用各自的長處，設計識別距離較遠，又具有較強穿透能力的產品，就有了雙頻技術。

雙頻產品，具有低頻的穿透能力，又有高頻的識別距離與通信速度。能夠廣泛地運用在動物識別、導電材料干擾的環境及潮濕的環境。

2.4.2 有效距離

RFID 的有效距離，指系統的有效識別距離。閱讀器識別距離的影響因素很多，包括閱讀器之系統頻率發射、封裝標籤等形式。

在其它相同條件情況下，低頻之缺點為讀取距離最短，其次為高頻、微波、超高頻系統。標籤晶片可設計成全頻段，只要閱讀器頻率發生改變，系統頻率隨之改變。

RFID 系統之系統識別距離，與閱讀器讀取訊號大小成正比。讀取訊號越大，讀取距離就越遠。但電磁波輻射量過大，會對動物或人體產生極大的影響，造成所謂的電磁污染。因此使用上必須遵守相關規準。

影響識別距離之因素還有一項為標籤封裝。就電磁感應系統而言，標籤天線越大，穿過識別區時獲取的磁通量越大，儲存的能量越多，對電磁場邊緣的空洞越不敏感，即使在識讀區域邊緣，也能有效的識別場區內的標籤。

表 2-1 RFID 系統參數範例表[16]。

	晶片	標籤	閱讀器	系統
ID 廠商	64/96/128 bit	64/96/128 bit	NA	NA
頻率	LF/HF/UHF μ W/DF	LF/HF/UHF/ μ W/DF	LF/HF/UHF/ μ W /DF	LF/HF/UHF/ μ W/DF
傳輸速率	64-256kbit/s	64-256kbit/s	64-256kbit/s	NA
工作電壓	1.0V	1.0V	DC12V/AC220 V	NA
功耗/功率	NA	5 μ W	500mW-30W	NA
工作溫度	-40~+85 $^{\circ}$ C	-40~+85 $^{\circ}$ C	-20+70 $^{\circ}$ C	NA
儲存溫度	-50+90 $^{\circ}$ C	-50+90 $^{\circ}$ C	-30+80 $^{\circ}$ C	NA
環境濕度	NA	5~95%不結霜	5~95%不結霜	NA
物理尺寸	$\leq 0.5\text{mm}^2$	全卡/半卡等	L \times W \times H	NA
重量	NA	1-200 克	5~10 千克	NA
封裝尺寸	NA	卡/半卡/inlet/其 他	整合/分離/手持 機/OEM 元件	NA
間歇	4k-64k(1/64 ms)	4k-64k(1/64ms)	4k-64k(1/64ms)	NA

防衝撞能力	NA	多達超過240個	多達超過240個	NA
容量	1k/2k/唯讀	1k/2k/唯讀	NA	NA
識別速度	一般大於 標籤	≤500km/h	≤500km/h	NA
識讀速率	NA	200個/秒	200個/秒	NA
識別距離	NA	無源可達2-20m	無源可達2-20m	2-20m
可讀寫性能	NA	R/W	R/W	R/W
天線型式	NA	線性/線圈等	圓/雙/線極化	NA
天線個數	NA	2個/1個	2個/1個/多個	2個/1個/多個
典型材質	矽	PVC/紙基	模組/天線/外殼	NA
通訊協定	EPC/UID/iP X	EPC/UID/iPX	EPC/UID/iPX	EPC/UID/iP X
輸出介面	NA	NA	RS232/485/RJ4 5	RS232/485/R J45
輸出速率 (串列傳輸 速率)	NA	NA	9.6kbps/57.6 kbps	9.6kbps/57.6 kbps
CRC	NA	CRC16/CRC8 位	NA	標籤/閱讀器 間糾錯

2.5 RFID 操作頻率

RFID 系統的一項重要的元件是作為通訊協定的操作頻率，此一操作頻率除了決定讀取器可讀取到電子標籤的距離外，也關係到資料的傳輸率；也就是越高的資料傳輸率，需有越高的操作頻率。

目前最常用的操作頻率是以低頻、高頻和微波為主，這些操作頻率都有其優劣之處，一般而言，一個較低的頻率意謂一個較低的讀取範圍，以及較慢的資料傳輸率，但在金屬或液體環境下卻有較好的讀取性能，通常金屬會干擾無線電波，液體表面或濕氣會吸收無線電波，而縮短了讀取器的讀取距離。以下分別介紹 RFID 系統的操作頻帶：

低頻(125KHz~135KHz):主要使用在近距離的 RFID 系統應用上，特色如下 [12]：

1. 所使用的 Tag 是一種近距離的被動式感應耦合裝置，成本較低。
2. Tag 內的四周環繞天線線圈。
3. 讀取距離在 50 公分內。
4. 記憶體儲存容量在 64 位元~2K 位元之間。
5. 因頻寬較低，故資料傳輸率較低。
6. 若與高頻作比較，低頻對干擾比較不敏感，故在金屬或液體周圍下擁有較佳的讀取範圍。



圖 2-4：帝商科技的 125KHz 的讀取器[18]

高頻(3~30MHz):主要使用在近距離的 RFID 系統應用上其特色如下[12]:

1. 所使用的 Tag 是一種近距離的被動式感應耦合裝置。
2. Tag 內的四周繞著天線線圈，但線圈環繞的次數比低頻的少。
3. 讀取距離在 1.5 公尺以內。
4. 有較佳的抗環境雜訊和電的干擾能力。
5. 因頻寬較高，故資料傳輸率較高。
6. 若與低頻作比較，高頻對干擾比較敏感，故在金屬與液體環境下讀取能力較差。

極高頻(100MHz~960MHz):主要使用在遠距離 RFID 系統應用上，其特色如下[12]:

1. 所使用的 Tag 是一種射頻通訊之遠距離傳導耦合裝置。
2. 具有比低頻和高頻 Tag 還要小的天線設計。
3. 讀取距離在 1~10 公尺之內。
4. 頻寬更高，資料傳輸速率更快。
5. 每秒有更高的 Tag 讀取率。
6. 具有快速防碰撞程序。
7. 較複雜的 Reader 電子元件。
8. 若與低頻作比較，超高頻對干擾更敏感，故在金屬與液體環境下讀取能力更差。



圖 2-5：帝商科技 433.92 MHzd 之讀取器[18]

微波(1GHz 以上): 主要使用在長距離 RFID 系統應用上，其特色如下[12]:

1. 所使用的 Tag 是一種射頻通訊之長距離傳導耦合裝置。
2. 簡單的雙極天線設計。
3. 讀取距離在 10 公尺以上。
4. 因頻寬最高，故資料傳送率最高。
5. 較複雜的 Reader 電子元件。
6. 若與低頻作比較，微波對干擾最敏感，故在金屬或液體環境下讀取效率最差，水分會吸收微波能量。

下表 2-2[9]整理出 RFID 的各種頻帶的特性比較表。根據使用需求與參考 RFID 的頻率與特性結果後，本篇論文採用低頻的 RFID 系統模組，低頻不但對於金屬或液體周圍下擁有較佳的讀取範圍之外，成本又較低，符合經濟效益考慮後，故選用之。

表 2-2:目前 RFID 的操作頻帶與特性比較[12]

頻帶 項目	低頻 (LF)	高頻 (HF)		極高頻 (UHF)		微波 (Microwave)	
通訊頻 率	125~135KHz	3-30MHz		100~960MHz		2.45GHz、5.8GHz	
系統型 態	被動式	ISO1443	ISO1569 3	被動式	被動 式	被動式	主動式
通訊距 離	0~50cm	<50cm	<1.5m	3~10m	>10m	3~10m	>10m
記憶容 量	64~1K	8K~ 128K	256~512	64~512	-	16~64	-
磁場強 度/傳輸 功率	72dB $\mu A/m$	42dB $\mu A/m$		10mW~4W		4W USA、500 mW Europe	
耦合方 向	感應	感應		反散射		反散射	
資料傳 輸率	低	高		中等		中等	
成熟度	很成熟	成熟		新技術		開發中	
Reader 價格	低	中等		高		很高	

2.6 讀取器(Reader)

RFID 依應用系統的不同需求，及製造商的不同規格，讀取器也有不同的外型與構造，依照天線與讀取器模組的分離與否，可分為分離式讀取器或整合式讀取器；依照讀取器的應用場合，可分為固定式讀取器、手持式讀取器、發卡機、條碼列印機。如下圖 2-6、2-7[19]、2-8[19]、2-9[19]所示。



圖 2-6：科能公司的發卡機



圖 2-7：UNITECH 的手持式讀取器[19]



圖 2-8：UNITECH 的固定讀取器[19]



圖 2-9：UNITECH 的條碼列印機[19]

RFID 系統內的 Reader 主要用來讀取 Tag 內的訊號，以利主系統進行

物件辨識的任務。當主電腦下達辨識命令給讀取器，讀取機會透過天線發射 RF 無線電波訊號，Tag 接收到訊號後即進入感測範圍偵測，將其內的資料透過內建的 RF 訊號傳回給讀取器；讀取器接收到資料後，再傳給主系統進行辨識任務產生 ID 資料型態；Tag 內的資料型態可以是 1Bit 的二個編碼狀態，或者是 n-Bit 的 EPC 電子產品碼，圖 2-10 為讀取器讀取操作的情形。

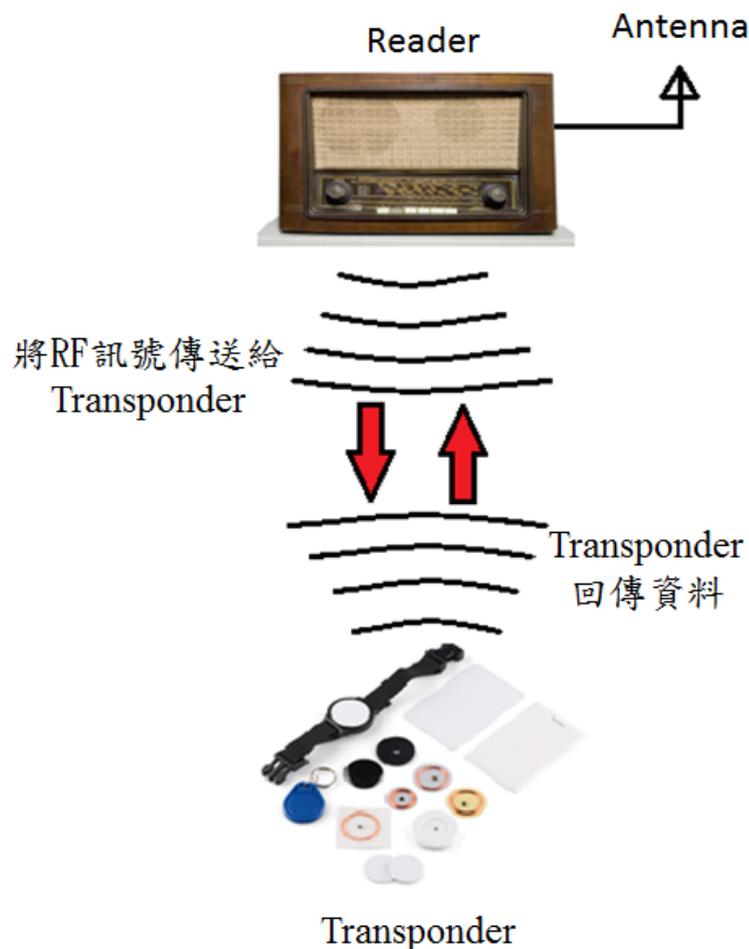


圖 2-10：讀取器讀取操作的情形

讀取器用以接收主電腦的指令，以讀取電子標籤內的資料或將資料寫入於標籤內；因此，讀取器的組成模組包括如圖 2-11[12]所示

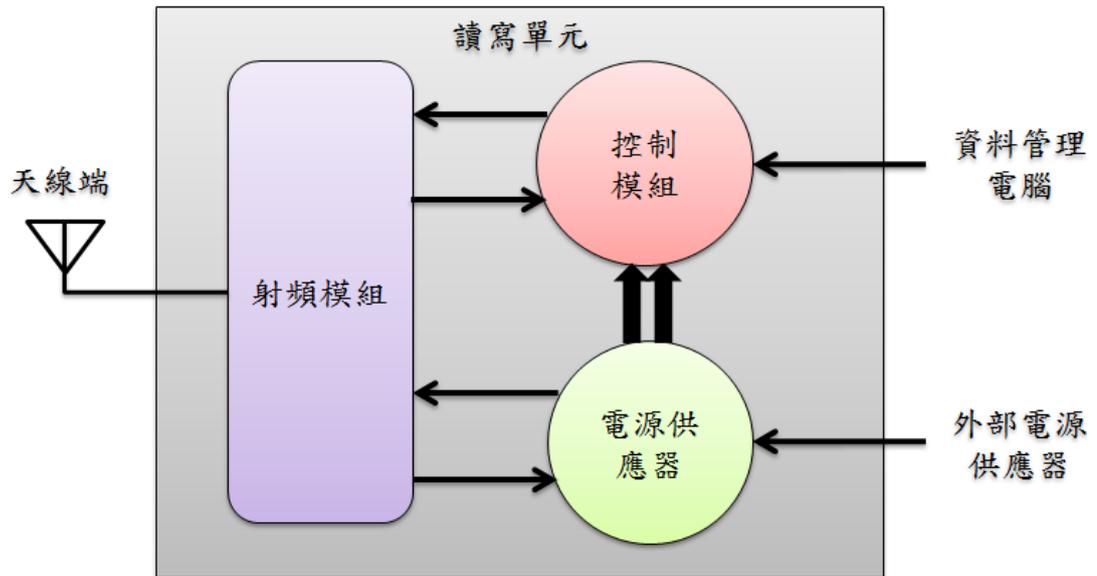


圖 2-11：讀取器的讀寫單元方塊圖[12]

我們可以將讀取機 Reader 分成硬體和軟體兩部分，硬體部分包含了控制電路，此控制電路通常採用 ASIC 元件，由微處理器所組成；以讀取器系統來看，可分為控制系統、高頻介面與收發天線。

控制系統也稱讀寫模組，主要任務是與應用系統軟體作通信，並執行從應用軟體中得到的動作指令、控制射頻電子標籤的通訊過程、信號的編碼與解碼、進行讀取器與電子標籤之間的 ID 認證、對讀取器與標籤的傳送資料，進行加密與解密等等。

高頻介面也稱射頻模組，主要任務是產生高頻發射能量並啟動射頻電子標籤為其提供能量、接收來自射頻電子標籤的射頻訊號、將資料傳輸給射頻電子標籤並對發射訊號進行讀取等等。

收發天線主要功用是收發 RF 無線電波能量，通常內建在讀取機內，但讀取距離較長時，會單獨存在。

軟體部分嵌入於讀取器模組內，負責對讀取器接收的指令進行回應與對標籤發出相對的指令。包括控制軟體、解碼軟體、導入軟體。

控制軟體(control):負責系統的控制與通訊，控制天線發射的開關，控

制讀取器的工作模式，完成與主系統之間的資料流通與命令傳輸。

解碼軟體(Decoder):將指令系統編譯成機器可讀取的命令，進而控制發送的資料，或將送到的電磁類比訊號，解碼成數位訊號，將資料解碼或防碰撞處理。

導入軟體(Boot Loader):負責系統啟動時，將導入程式至指定的記憶體，執行導入的程式。

2.7 電子標籤(Tag)

電子標籤又稱做詢答機，目前我們所看到的產品多以電子標籤來稱呼。當被動式電子標籤進入讀取器所發送的 RF 電磁場範圍內時，其中的天線會感應到此電磁能量，並由其中的 RF 收發機制感應耦合出電流，再經由電容器充電成所需之電源。

只要到達所需的電源時，電子標籤會以內建的 RF 無線電波傳回其微晶片內之電子產品碼(Electronic Product Code, EPC)等一系列數位的識別資料，如產品編號、代號、有效日期等；傳送的數位訊號必須使用不同的頻率，以免干擾所接受的微弱訊號。

Tag 的操作類型可分為主動式與被動式，主動式標籤又稱為有源 Tag，因含有電池可隨時傳送資料給讀取器，感應距離較長、更大的記憶體可供資料讀取或寫入、耗電量低壽命長、有高資料傳輸率、好的抗雜訊能力，但與被動式電子標籤相對來說價格較貴、體積較大。

主動式 Tag 一般都用在貨物、人員、昂貴物品的即時定位系統上，如國內海關在貨櫃車上使用主動式 Tag，以達到快速通關的目的；另一種內含電池的主動式 Tag 操作模式通常是在休眠狀態，直到接收到訊號或讀取器所發出來的 RF 射頻能量後，才會啟動資料讀取寫入的動作，因此，被稱為半被動式 Tag；這種喚醒功能是一種操作頻率不同於讀取器的便宜裝置，安置在特定出入處，當代有主動式 Tag 的人員或物品通過時，該 Tag

才甦醒運用，如此可節省電池的耗電量。

圖 2-12[12]為主動式 Tag 內部方塊圖，採用微波頻率的好處可減少天線尺寸大小和較大的讀取範圍。

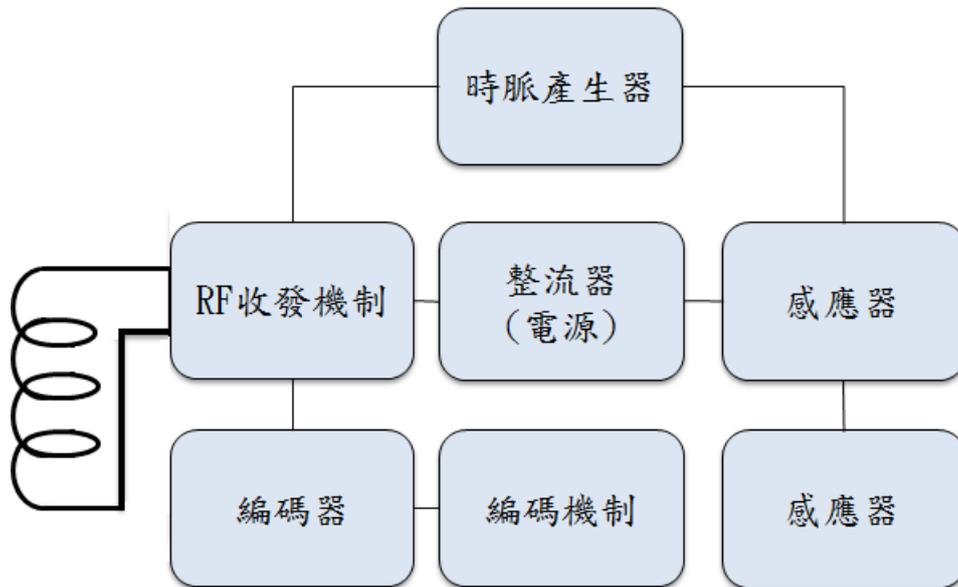


圖 2-12：主動式 Tag 的內部方塊圖[12]

被動式標籤又稱為無源標籤，本身未含電池，電源感應自讀取器所發送出來的 RF 無線電波能量；當 Tag 感應到此能量時，內部的天線模組會感應耦合出的電流，並對電容器充電成可用之電源，以便將微晶片內記憶體中的識別碼資料以內建之 RF 傳回給讀取器。

由於被動式 Tag 的優點是價格便宜、體積小、壽命長、數位資料具可攜性等，但缺點是讀取範圍小，記憶體容量小。

被動式 Tag 設計成一開始就處於睡眠模式，直到接收到讀取器發射的 RF 能量後，才會將識別碼資料傳送回讀取器，圖 2-13[12]為被動式 Tag 方塊圖，主要包括：

接收 RF 能量與傳回資料天線單元，充電用之電容器，控制操作頻率、

資料傳送率、信號調變、記憶體讀寫機制的微晶片等等。

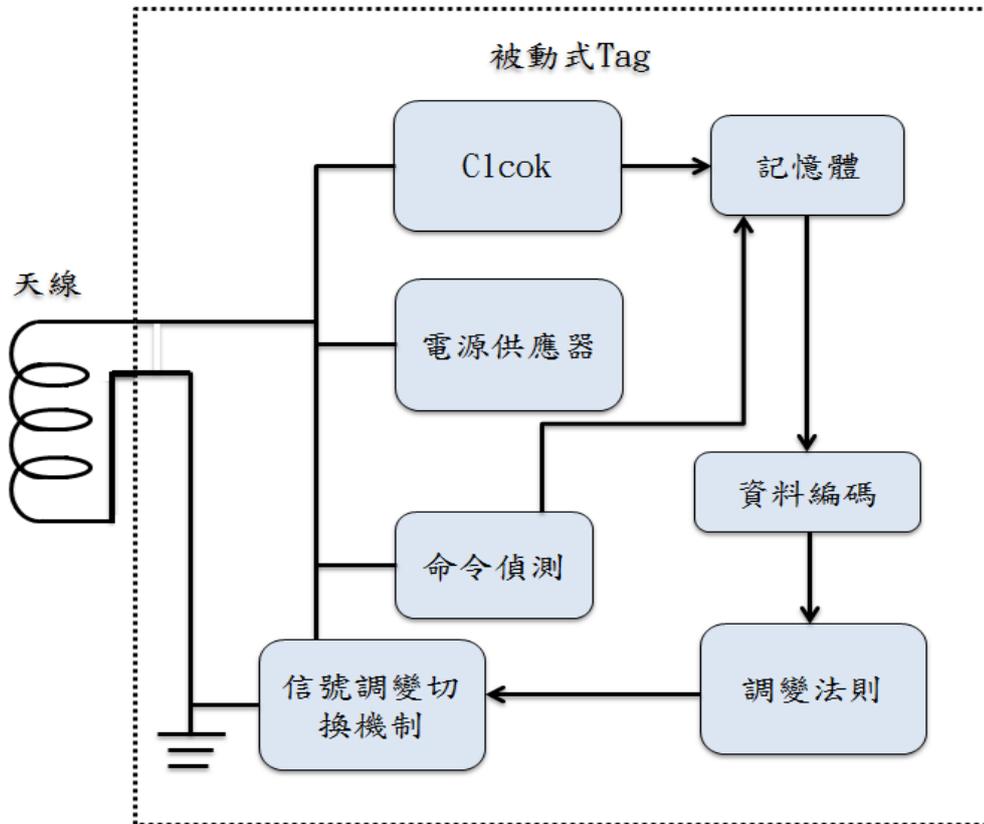


圖 2-13：被動式 Tag 的內部方塊圖[12]

2.8 天線之操作原理

RFID系統中Reader與Tag之間的資料傳輸是以無線方式來進行[17]，因此Reader與Tag兩者都需要有自己的天線(Antenna)，以執行資料的讀取與寫入，圖 2-14 所示是Reader與Tag天線之間的操作情形。

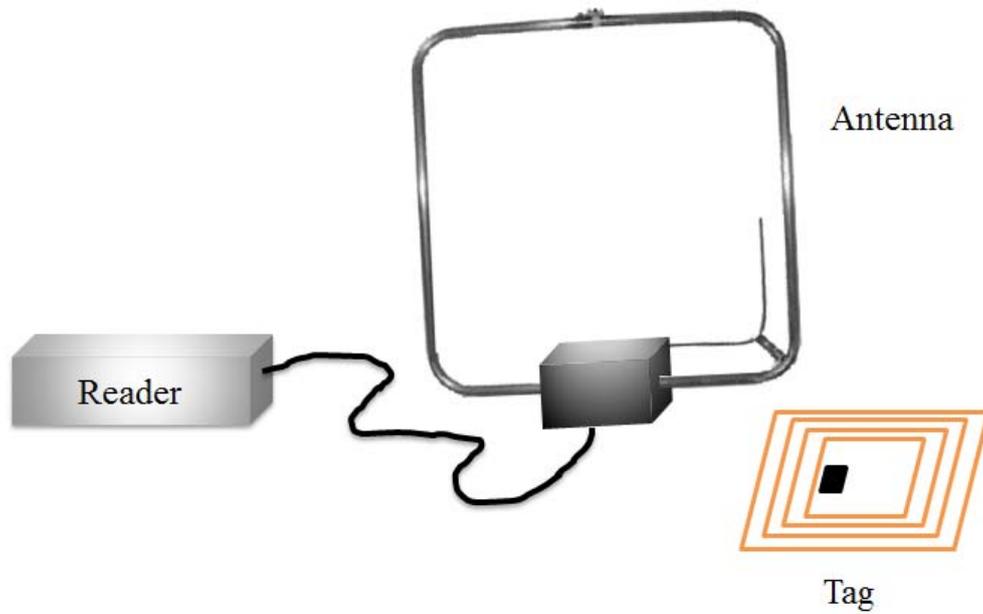


圖 2-14：Reader 與 Tag 天線之間的操作情形

天線是一種具有下述功能的原件：接受來自發射機的 RF 功率，並將其輻射到周遭環境內；或者反過來說，從通過它的無線電波中擷取能量，並將能量傳送給接收機。當 RFID 系統欲執行 Tag 物件辨識時，主電腦會下命令給 Reader，此時 Reader 的 RF 收發模組會控制天線的電流量已持續發射 RF 無線電波，如圖 2-15 所示。

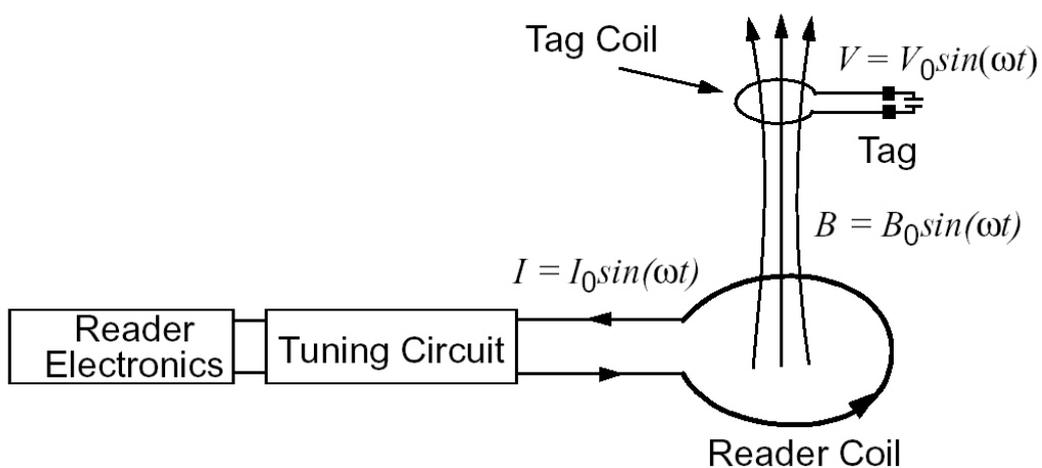


圖 2-15：Reader 與 Tag 天線之間的電磁感應

當有多個操作中的天線互相靠近時，在各天線之間的感應耦合能力，可能會提高或降低，而導致提高或降低各個天線的操作效能。有四種不同天線組態方式下之耦合問題，包括反射式天線、分配器同相天線、分配器異相天線、旋轉場天線、相鄰天線之間的耦合等等。

當一個已匹配(但不連接)的天線被放置在一個驅動中天線的對面時，此一驅動中天線的操作效能將被提高；如此的已匹配天線，稱為反射式天線 (Reflective Antenna)，通常用以增加 Reader 的讀取距離。在此種耦合方式下，反射式天線可面對面著驅動中天線或位在驅動中天線的側邊，以增強不同程度的反射耦合能力。

多個天線可以經由分配器而與同一個 Reader 相連接，以達到二個面對面且同相 (In-Phase) 的驅動天線之讀取距離，將二倍於單一天線之讀取距離。單一天線的電磁場會隨著距離的增加而衰弱，此時若使用如圖 2-16 所示的二個面對面且同相之驅動天線，將使兩邊的電磁場都很強，使資料寫入 Tag 的距離更長；主要應用在機場上行李箱之辨識。

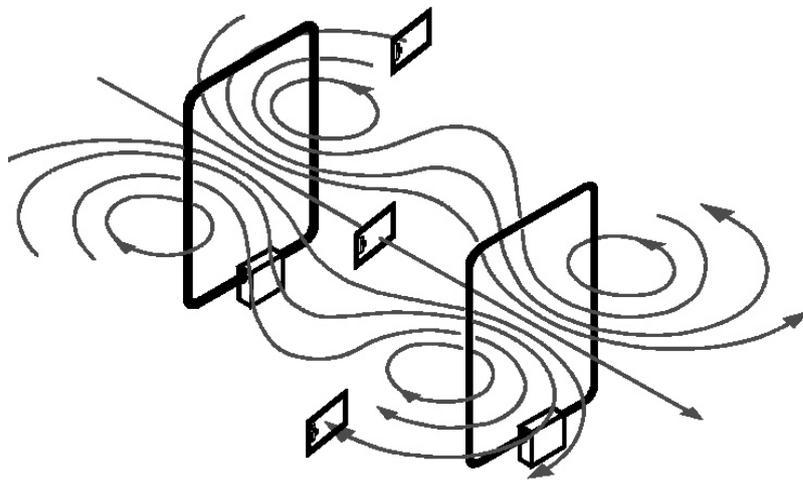


圖 2-16：再分配器上具有同相功能的磁力線分佈

當二個面對面且彼此異相 (Out-of-Phase) 的驅動天線連接同一個 Reader 時，其電磁場的磁力線，如圖 2-17 所示；二個驅動天線的中間電磁

場之磁力線將因抵銷而衰弱。一個與天線平行的 Tag，若處在二個驅動天線的中間將無法被讀取；但是一個與天線垂直的 Tag，將可在天線的前面和背面被讀取之。

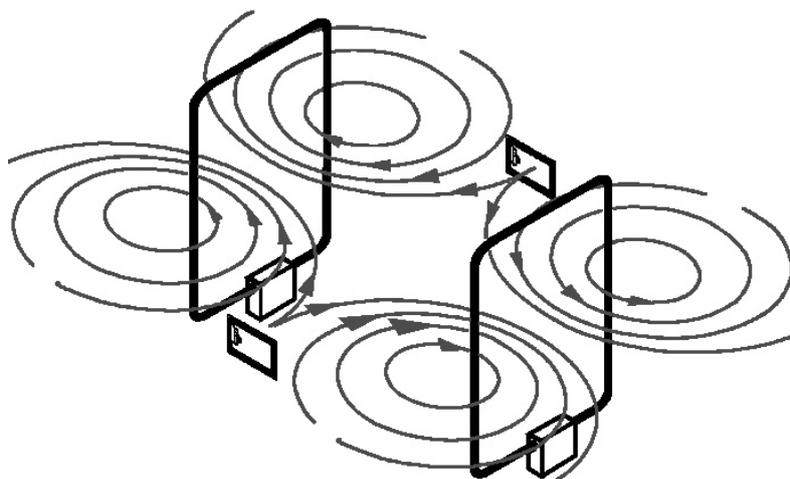


圖 2-17：具有異相功能的天線之磁力線分佈

2.9 微波共振原理

微波共振又可分超高頻 RFID 和微波 RFID(適合長距離的通訊)

微波共振的讀取器的天線是正負兩極的，所以當電流通過讀取器的天線時→產生電波→然後標籤上就產生電流→讀寫記憶體→回覆結果→接收結果。如下圖 2-18 所示。

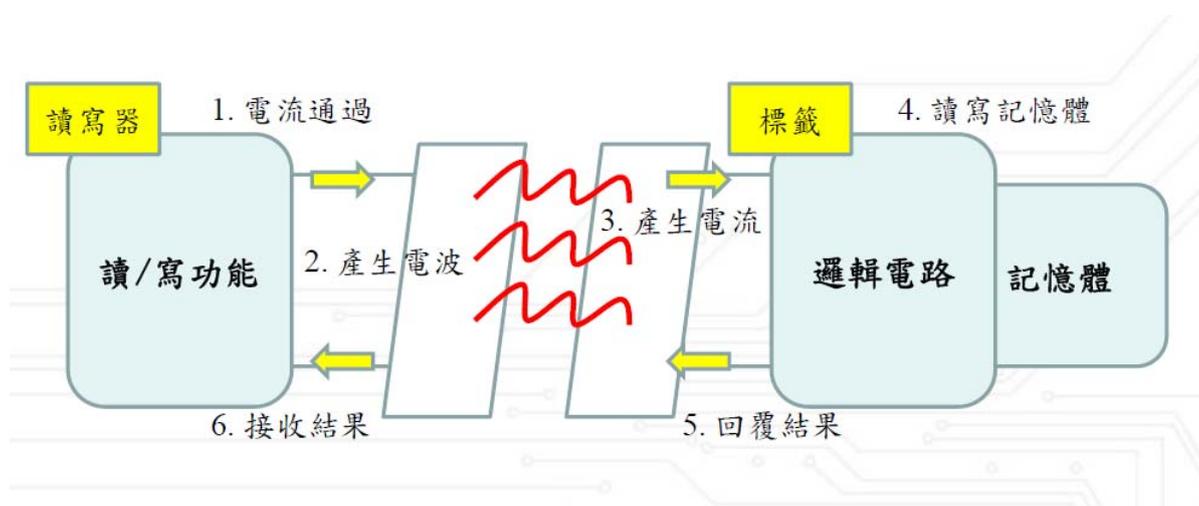


圖 2-18：微波共振

第三章 系統設計概念與配置

本章節將依據第二章理論基礎，發展其本研究目的所需之系統架構，其中包含有 RFID 系統架構、導盲杖架構配置、系統流程等等。

3.1 RFID 導盲杖系統設計

本研究目的為了達成具有類似衛星導航定位(GPS)的功用的導盲杖，根據第二章的電磁感應、讀取器與電子標籤致動原理等基礎理論，配合語音系統建立視障人士於室內定位與導航之要求。本研究預計達成下列各項條件：

1. RFID 定位
2. 使用者方向判別
3. 語音系統建立
4. 最短直線路徑規劃與避障
5. 重新規劃路徑

3.2 RFID 導盲杖系統架構

本研究 RFID 導盲杖系統如圖 3-1 所示。主要之系統環境設備包含有一張 RFID 讀取器、數張不可重複讀寫的被動式電子標籤、一個 TTL 轉 USB 的轉換板、10 米長的 USB 轉接線、一支導盲杖及一組藍芽通訊設備，使用個人電腦進行主控端系統運算，以這些結構發展出 RFID 導盲系統，建立方向與導航功能的模型。

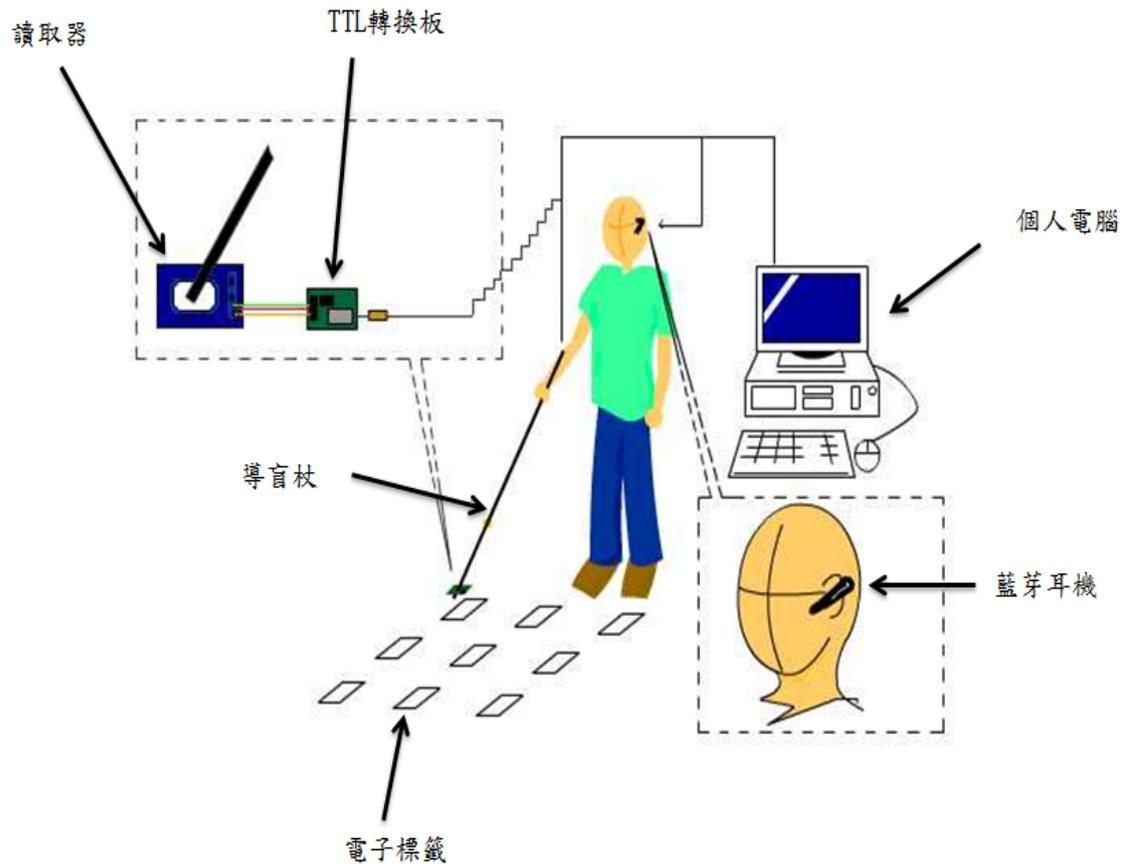


圖 3-1：RFID 導盲杖系統配置圖

3.3 RFID 導盲杖系統概念

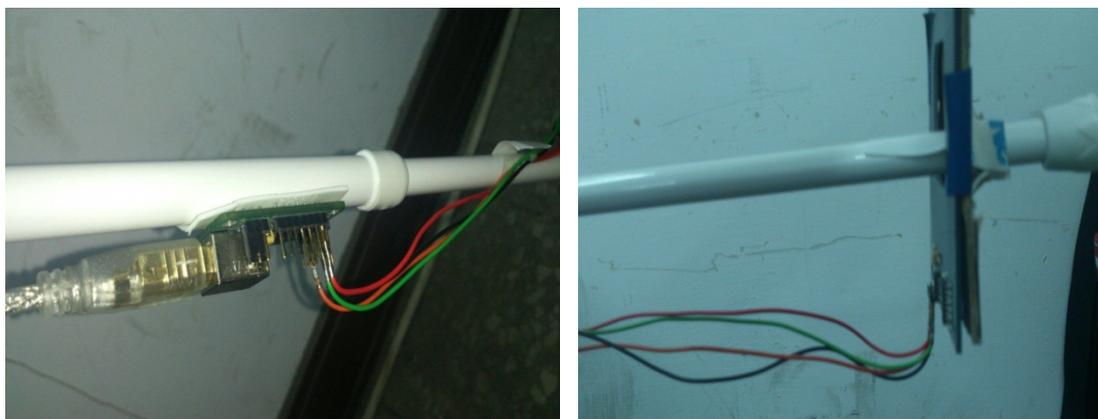
在第二章的 RFID 基本原理中，透過電磁感應或電磁傳播方式，可將電子標籤之訊號經由讀取器擷取出 ID code，傳回主控端後，利用網格座標轉換法將 ID code 轉換成絕對座標，求得座標後可得知標籤位置，再利用標籤與標籤之相對位置求得使用者方向，我們將方向分為一共八種，東、西、南、北、東北、東南、西南、西北，找出所有之方向之外，使用者可由自己的需求選擇目的地，經由個人電腦進程式運算以透過路徑規劃之演算法求得最短路徑並避過不可行走之道路。

3.4 RFID 導盲杖系統配置

A. 讀取器配置[19]

本實驗所選用的 Reader 的為被動式，因為大部分的視障人士使用導盲

杖與地面的角度通常為 45 度，故我們利用三角形的幾何關係推算出 Reader 的裝置位置，將 Reader 固定於杖上，經求得後，Reader 裝置在導盲杖的尾端，如圖 3-2 所示。我們利用鐵釘及固定膠帶將 Reader 裝置於導盲杖上。



(a)

(b)



(c)

圖 3-2：(a)、(b)、(c)為裝置 Reader 後的導盲杖

B. 電子標籤配置

根據 RFID 操作頻率範圍可分為低頻、高頻、極高頻和微波頻，低頻之操作頻率約介在 125KHz~135KHz，通訊距離為 0~50 公分；高頻操作頻率為 13.56MHz，通訊距離達 50~150 公分；極高頻操作頻率為 100~960MHz，

通訊距離達 3~10 公尺；微波操作頻率 2.45GHz 以上，通訊距離超過 10 公尺。研究中所選用之 RFID 模組為低頻，通訊距離約 10cm，因為讀取距離極短，故在電子標籤之間配置就極為重要，電子標籤配置上要將感測距離計算在內，以相對位置計算後，確保標籤之間距離為可讀取範圍，如圖 3-3 所示。

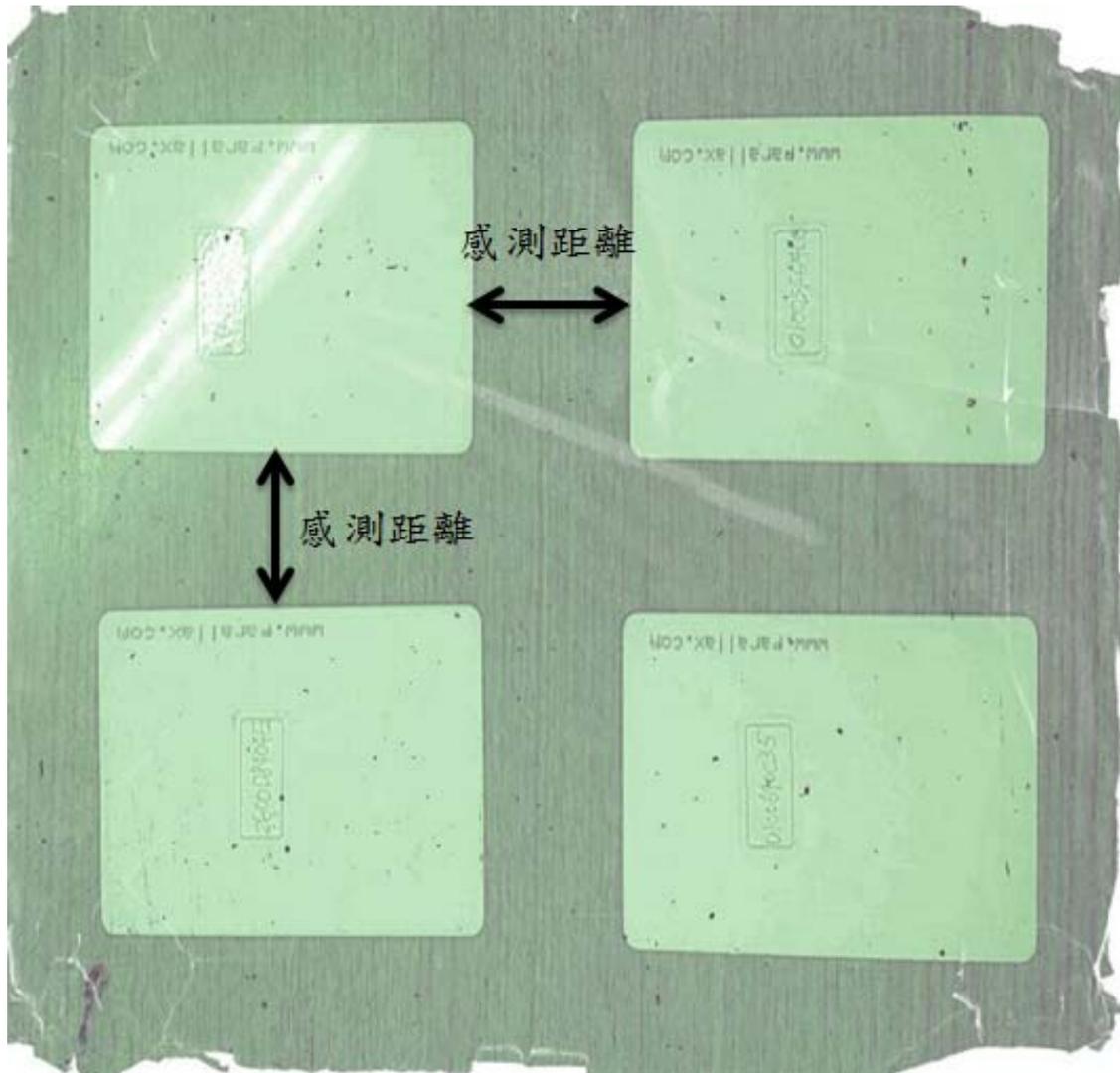


圖 3-3：標籤間距離配置

3.5 RFID 導盲杖系統流程描述

本研究系統整體流程，共分兩大部分，四個階段如下所敘述。

第一部分:設定的目標為使用者對於自主性已有一定的訓練，路徑熟悉度較高時，想確定自己的方向時加以使用。如下圖 3-4 為定位與方向流程圖。

階段一:使用者可經由系統選擇定位。

階段二:使用者定位後再經由語音系統提示所在方向。

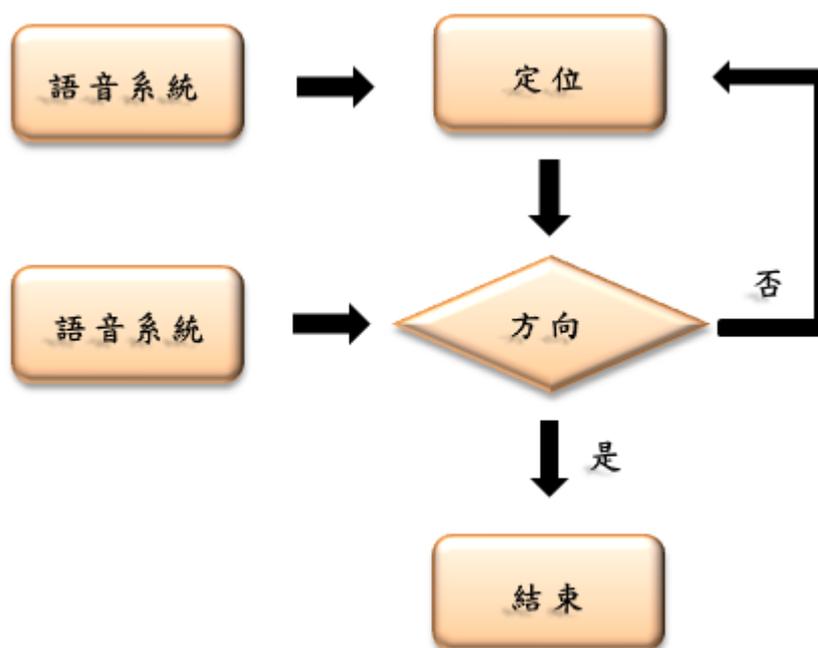


圖 3-4：定位與方向流程圖

第二部分:使用者不知道自己的方向且對路況不熟悉，需要完全藉由導盲杖加以協助。如下圖 3-5 為路徑規劃流程圖。

階段三:使用者可利用系統提示選擇起點與終點，系統再經由語音系統告知使用者最短路徑。

階段四:系統規劃出路徑後，會告知前方是否有障礙物，使用者得知訊息後，依照指示行走轉彎。

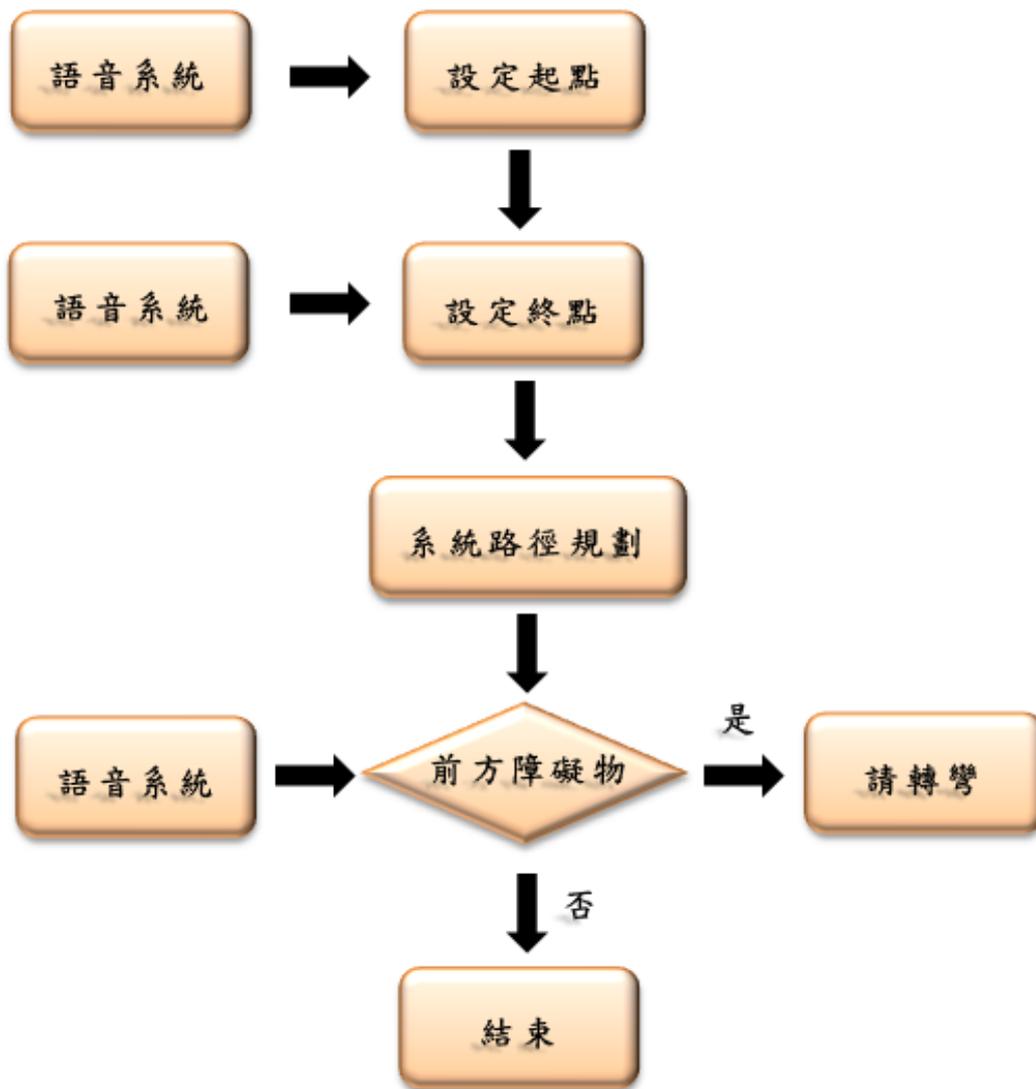


圖 3-5：路徑規劃與避障流程圖

第四章 RFID 導盲杖系統設計原理與路徑規劃

本章節依據第二章所引述之理論基礎，依系統流程架構逐一詳述每一階段的實驗目的與方法，Dijkstra's 演算法、包含導盲杖設計原理等。

4.1 導盲杖設計

首先我們設計視障人士的導盲杖考慮以下三種條件：

- (a) 為了降低 RFID 對於材質的讀取效率，我們選用以不影響讀取為選用條件。
- (b) 導盲杖長度要符合人體工學，在選用時要以身高調整為適合的個人高度優先考量。
- (c) 導盲杖表面要夠堅固，不要使用易斷材質，以增強使用壽命。

本研究導盲杖之選用為可伸縮式門簾桿，可依照使用者身高或習慣來微調，它是由兩根金屬桿所組成，中間有彈簧與螺紋支撐，在使用上有些彈性，不至於刮傷地板，價格也較一般白手杖便宜，如圖 4-1、4-2 所示。

讀取器屬於被動式且操作頻率為低頻，故可讀取距離小，但價格相對便宜，讀取距離最大距離約為 10cm，前文提到大部分的視障人士使用導盲杖與地面的角度為 45 度，我們將 Reader 讀取的最大距離作為裝置於導盲杖上之高度計算，故我們利用三角形之幾何關係推算出 Reader 的裝置位置，將 Reader 固定於杖上，經求得後，Reader 裝置在導盲杖的尾端距離最大為 14.14cm 處。實際上在讀取時會產生誤差干擾，故實驗上並不會裝置於求得範圍之最大高度，研究中我們將讀取器裝置 5cm 的距離，訊號較不易產生失準。

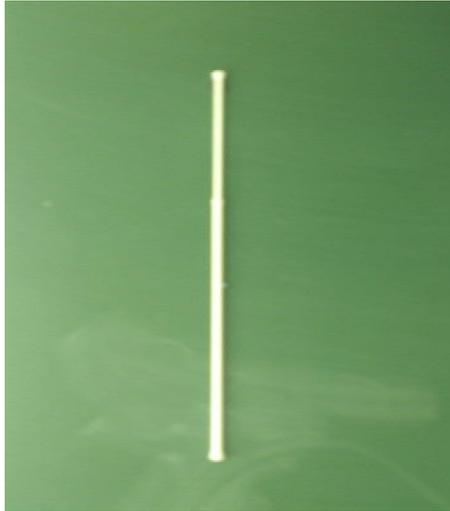


圖 4-1：門簾桿

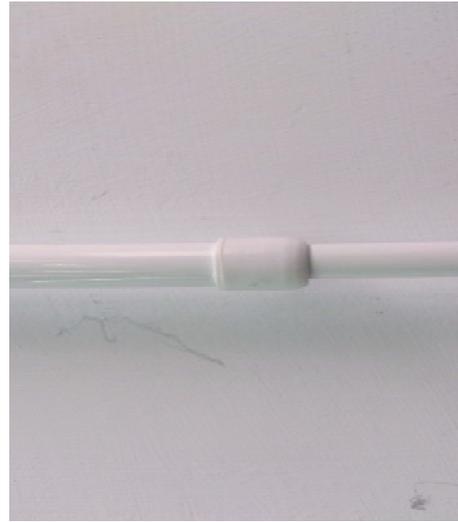


圖 4-2：桿間連接處

設 Reader 裝置於導盲杖的位置與地面高度為 H 、Reader 與導盲杖底端距離為 L 、導盲杖與地面的夾角為 θ ，可算出 Reader 應裝置高度：

$$L \times \sin \theta = H \quad (4-1)$$

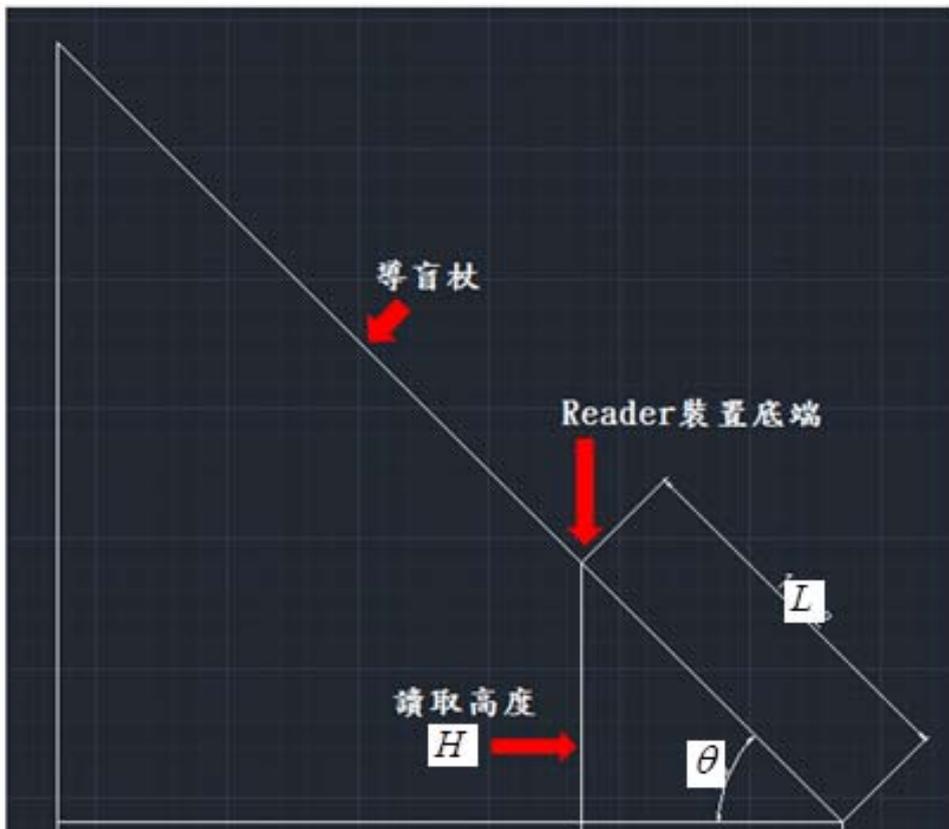


圖 4-3：Reader 應裝置於導盲杖高度圖

4.2 電子標籤距離設計

本研究實驗環境是將電子標籤佈置於地面上，在標籤位置擺放上必須考慮到讀取器能夠讀取之範圍，故在標籤與標籤之間距離可利用等腰三角形關係求得，如圖 4-4 所示，感測距離為 S 感測距離與標籤間距角度為 θ ，標籤間距為 ε ，式子計算如式 (4-2)：

$$\varepsilon = 2 \times S \times \cos \theta \quad (4-2)$$

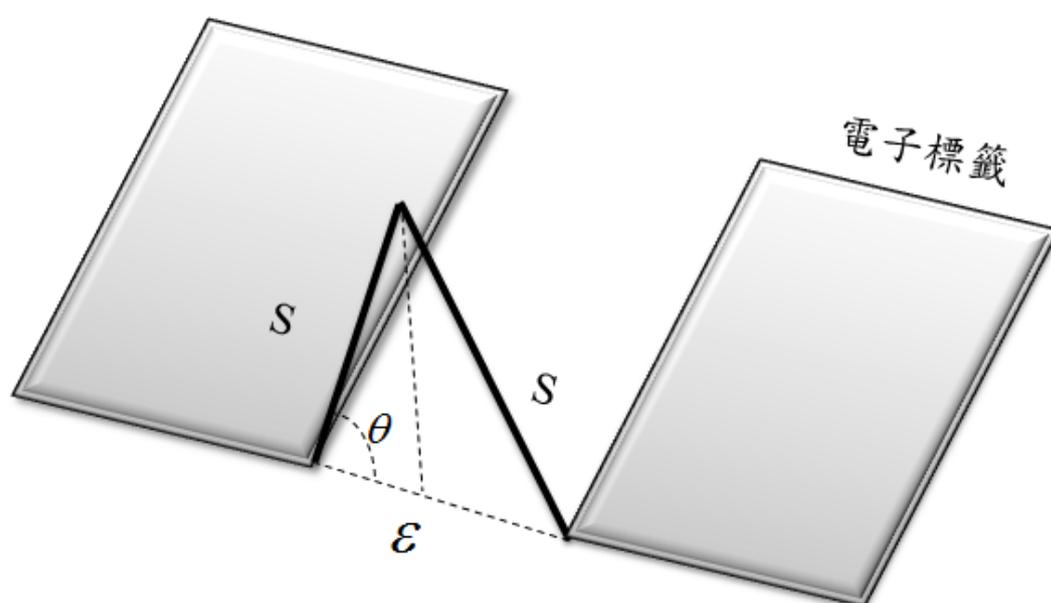


圖 4-4：標籤與標籤距離三角法

4.3 RFID 定位

本實驗主要之定位原理為透過 RFID 讀取器接近標籤進行 RF 無線射頻訊號擷取資料訊號，將所得到的資料回傳於電腦程式中核對 ID 辨識碼後，利用固定的 ID 編號建立位置資訊，以便建立位置座標，實驗中將所建立的標籤放置於環境中，利用標籤所對應的相對位置可求出位置座標，座標位置轉換如下圖 4-5 所示。實驗中主要利用被動式標籤作為主要接收端，因為無內建電源，所以讀取範圍低，資料傳送速度也較慢，但價格比主動

式標籤便宜許多、且較高頻不易受到金屬與液體干擾，為本實驗挑選的主要重點。

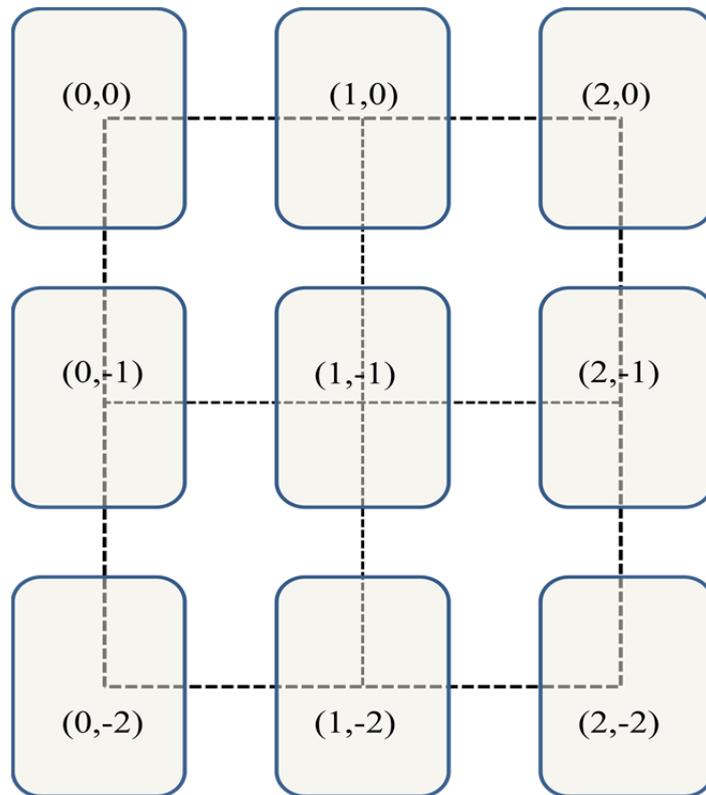


圖 4-5：座標轉換圖

4.4 RFID 方向判別

方向判別為實驗中相當重要的一部分，為了考量視障者對於方向感是無從而知的情況下，以標籤作為參考方向的依據，讀取器靠近標籤後會將資料回傳於電腦端，得知標籤 code 之後，再將所回傳之 code 訊號來判斷使用者之方向，為了避免方向判斷錯誤，所有的方向以順時針為基準，方向包含東、西、南、北或東北、東南、西北、西南 8 種情況，例：使用者以順時針操作接觸，可得知目前方向為東北方，如圖 4-6 所示。若接觸情形如圖 4-7 所示，方向判別為東南方。

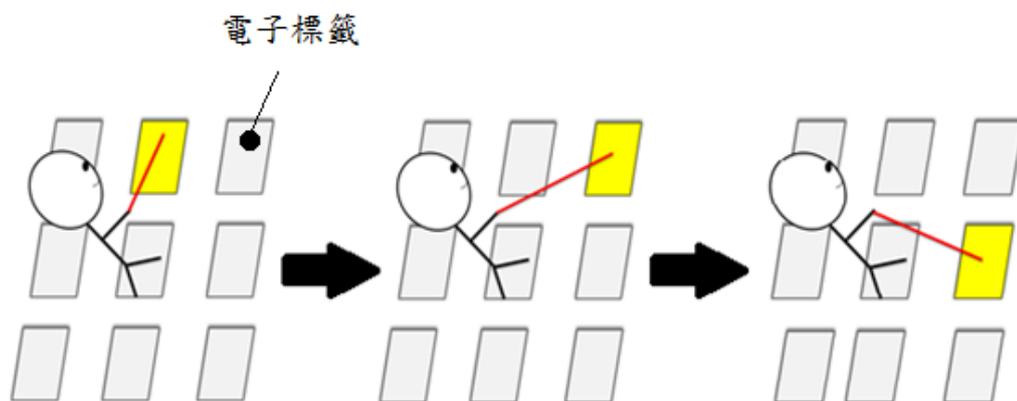


圖 4-6：東北方向判別流程圖

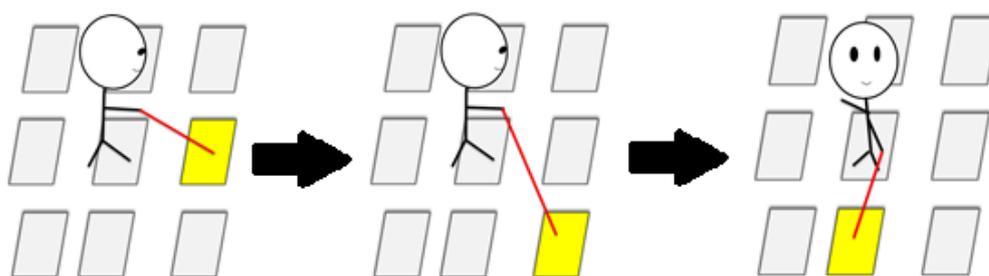


圖 4-7：東南方向判別流程圖

4.5 語音系統

科技不斷的演化，電子產品快速進步，一般人所能使用的電子產品對於失明人是無法享受，所以近年來的許多研究開始重視了視障人士，開始對視障者的導盲杖做改良，由一般的白手杖發展於電子杖，此貢獻已經顯著地改善了視障人士在就學、就業及生活上的不便，大大提昇了他們生活品質以及獨立生活之能力。透過電子化的科技輔具不但可以增強視障人士的自主性，也可增加他們生存信心。

科技輔具主要目的是為了幫助生活不便的身心障礙者，所涵蓋的範圍非常廣泛，從一個不起眼的電子零件就可以組成生活上所需的輔助用品，例如：可以讓視障人是操作的無障礙電腦系統，將燈光光線轉換成聲音提醒的省電開關、個人口袋型放大器、傳呼機等，都是目前常見的無障礙電子輔助系統。前幾年流行的電子式導盲杖普遍使用超音波感測器為主，主要目的為偵測障礙物，遠距離判斷前方障礙物所在，讓使用者能提早得知障礙物而閃躲，保護視障者安全而設計，前文所提到的電子導盲杖要將訊息傳達給視障者有多種方式。第一為震動系統，手杖經由視障者的手部觸感，但必須要加裝一個微型馬達在手杖裡，會增加手杖的重量且維修不容易；第二為語音系統，一般常見的是利用有線耳機將聲音傳達至視障者耳中，但要將線路纏繞在手杖上或是內嵌於手杖內部，拆裝也很不便。故考量此兩種缺點後，主要選用易拆卸且無線路之無線語音裝置於 RFID 系統中。

本實驗中之語音系統目的是依據視障者無法看的見前方的狀況而建立，經由深思熟慮後，藍芽耳機可以解決複雜之電線問題，避免使用者不輕易拉扯到電線而損壞耳機，也可以解決裝置不便的困擾，除此之外，藍芽耳機多半是單耳式為主，如此不會因為聽不見其他聲音而產生危險性，故我們選用藍芽(blue tooth)耳機作為此系統的語音提示，告知視障人士前方是否有障礙物、所在方向等等。藍芽耳機配戴如下圖 4-8 所示。



(a)



(b)



(c)

圖 4-8：(a)藍芽接收器；(b)語音系統配戴圖；(c)藍芽耳機

藍芽(blue tooth)耳機是由無線及基頻模組構成，基本原理為跳頻展頻技術(FHSS)，晶片兩端經由高頻訊號作傳輸，可傳輸資料檔案、聲音等等。本實驗之語音設備由藍芽耳機與接收器所組成，在 RFID 導盲系統中扮演極重要的角色，從定位至方向判別無不需使用到語音。系統中我們將接受器連結到電腦主控端，經由軟體驅動後，藍芽耳機可由接收器接收訊號後再與電腦主控端作溝通。利用 LABVIEW 程式語言建立通訊協定，可將 RFID 讀取狀況經由藍芽耳機傳到視障者耳朵裡，在語音提示上必須要清楚且簡潔短促，故我們先建立一個資料庫，將所有可能發生的事件語音錄製於資料庫，以建立後續易更新資料庫為原則。

語音資料庫中，包含了使用者選擇定位部分及路徑規劃部分的語音檔，選擇定位區塊後，語音系統會有以下提示：

1. 定位選擇
2. 方向東北方。

使用者選擇路徑規劃區塊後，依照語音系統會發出以下提示：

1. 請選擇起點
2. 請選擇終點
3. 前方有障礙物。

我們利用 LABVIEW 中之迴圈及 case 元件寫入語音讀取檔，先將檔案路徑設定好，如圖 4-9 所示，在設定時間次數，如圖 4-10 所示，最後播放完檔案後回到讀取起點，如圖 4-11 所示。

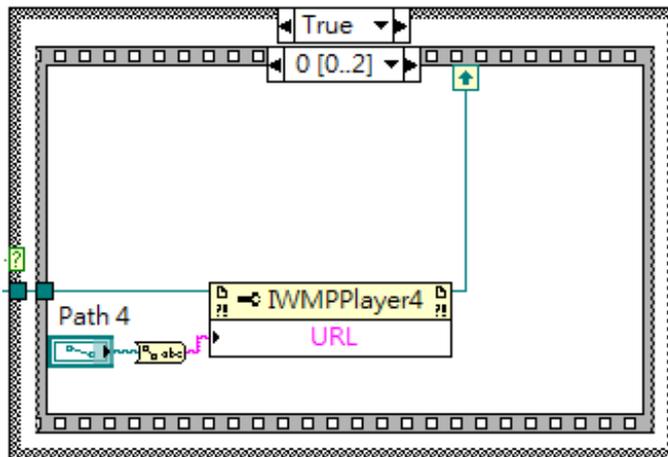


圖 4-9：語音之檔案路徑

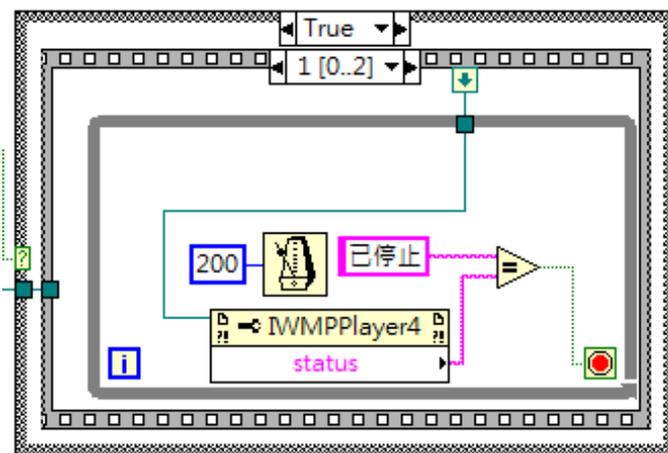


圖 4-10：時間次數與停止設定

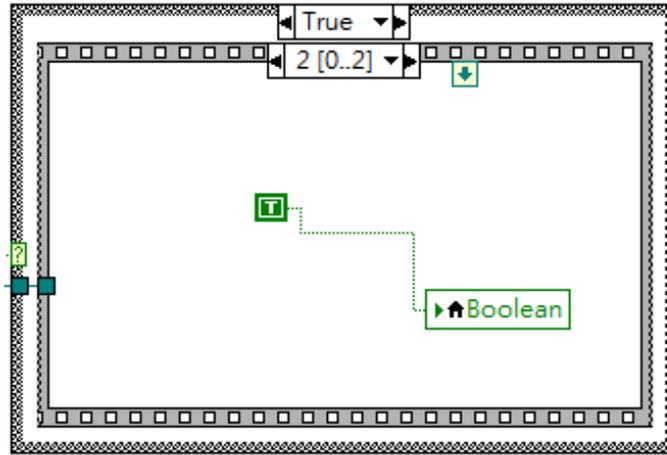


圖 4-11：語音系統回起點設定

4.6 路徑規劃

4.6.1 Dijkstra's 演算法

視障者經由手杖上的按鈕告知他所要到達的目的，回傳給伺服器，再經由我們使用之Dijkstra's演算法[21]作路徑規劃，以下列的路徑為例子，找到第一點為出發點，找到與相連節點的最短節點，並由新增節點更新到達其他點的距離，如此重複加入新節點，規劃出最短路徑，以圖4-12[21]為例：

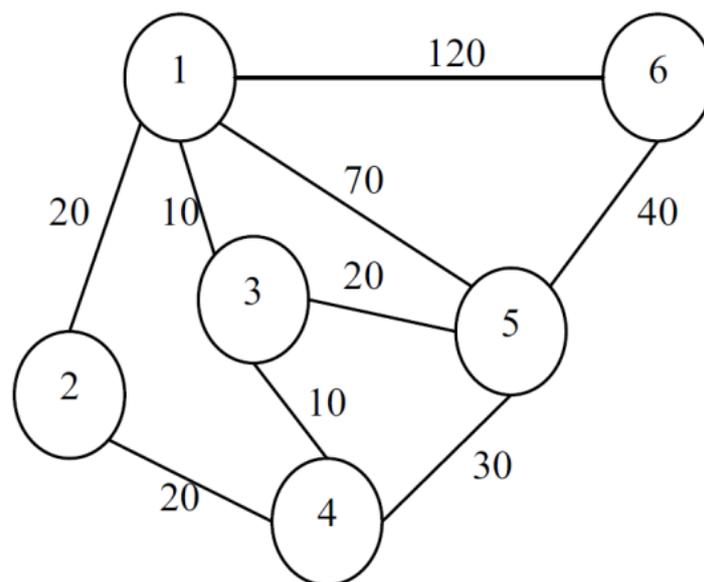


圖4-12：路徑節點圖[21]

將此例子寫為矩陣 A

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 20 & 10 & \infty & 70 & 120 \\ 20 & 0 & \infty & 20 & \infty & \infty \\ 10 & \infty & 0 & 10 & 20 & \infty \\ \infty & 20 & 10 & 0 & 30 & \infty \\ 70 & \infty & 20 & 30 & 0 & 40 \\ 120 & \infty & \infty & \infty & 40 & 0 \end{bmatrix} \quad (4-3)$$

設起點為 S_1 ， $D[1][7]=\{0,20,10,\infty,70,120\}$ 不可到達的距離設為 ∞ ， $D[1,3]=10=\min$ ， $D[3,4]=20=\min$ ，依序可找到起始點與目標點最短距離。

4.6.2 建立障礙物

以Dijkstra's 演算法求最短路徑時，判斷兩個接點是否可連結是關鍵性重點。首先判斷路徑若為可通過兩端點間，判別障礙物是不存在；則兩端點間具有連結性。反之，兩接點之間若判別障礙物存在，不可相連結時，則路徑不可通過。

圖4-13為障礙物模型之表示，各障礙物輪廓為優先處理重點，先建立個輪廓之安全邊界，將邊界輪廓的接點作為興趣點，利用Dijkstra's 演算法求最短路徑，對於每個興趣點評估進行代價函數，以路徑成本高低作為考量，藉以找出最短路徑。若建立多邊形障礙物數量為 m ，將各個障礙物定義為 $n_j (j=1,2,\dots,m)$ 個頂點，假定初始點為 $Q_1(x_1,y_1)$ ，障礙物各點為 $Q_2(x_2,y_2)$ 至 $Q_{k-1}(x_{k-1},y_{k-1})$ ，終點則設為 $Q_k(x_k,y_k)$ 。其中 $k = (\sum_{j=1}^m n_j) + 2$ ，此為各點接點數目加上起點與終點兩點。對於每一個接點之間的距離以距離矩陣 M 表示。

$$M = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \cdots & d_{1k} \\ d_{21} & d_{22} & \cdots & \vdots \\ \vdots & \cdots & \cdots & \vdots \\ d_{k1} & \cdots & \cdots & d_{kk} \end{bmatrix} \quad (4-4)$$

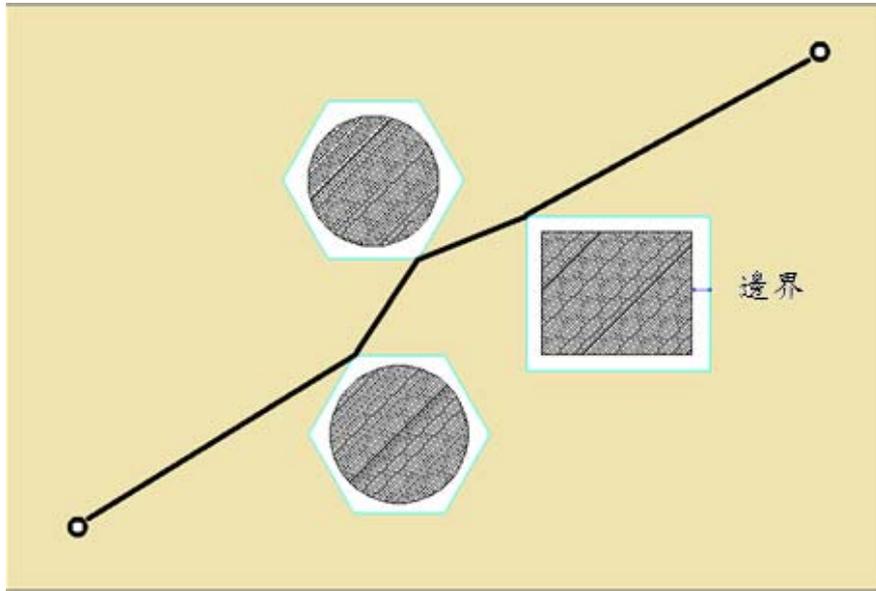


圖 4-13：障礙物分佈模型

式(4-4)中 d_{sq} 表接點 Q_s 與 Q_q 間之距離，若相同結點則距離為0，因此 $d_{aa} = d_{bb} = d_{cc} = d_{kk}$ ；反之，若 Q_s 與 Q_q 無連接，表示其中有障礙物存在，我們定義為 $d_{sq} = \infty$ 。

地圖以 grid map 表示，障礙物所有頂點可判定兩接點之間是否相連，將各點設為 Q_1, Q_2, \dots, Q_k 。考慮兩個不同接點 Q_s 為起始頂點 Q_q 為目標頂點。介於 Q_s 至 Q_q 之間，所有點的集合定義為禁止通行偵測點，禁止通行偵測點的決定方法以初始點出發，沿著 x 軸的方向增加或減少(必須以 Q_s, Q_q 之間的方向決定)，在各 grid 間隔為 1 Pixel，直到搜尋到最後的目標點 Q_q 。經由 $\overline{Q_s Q_q}$ 之斜率可找出所對應的 y 座標點，如圖 4-14 所示，我們稱作禁止通行偵測點，並定義為 $Q_t(x_t, y_t)$ 。

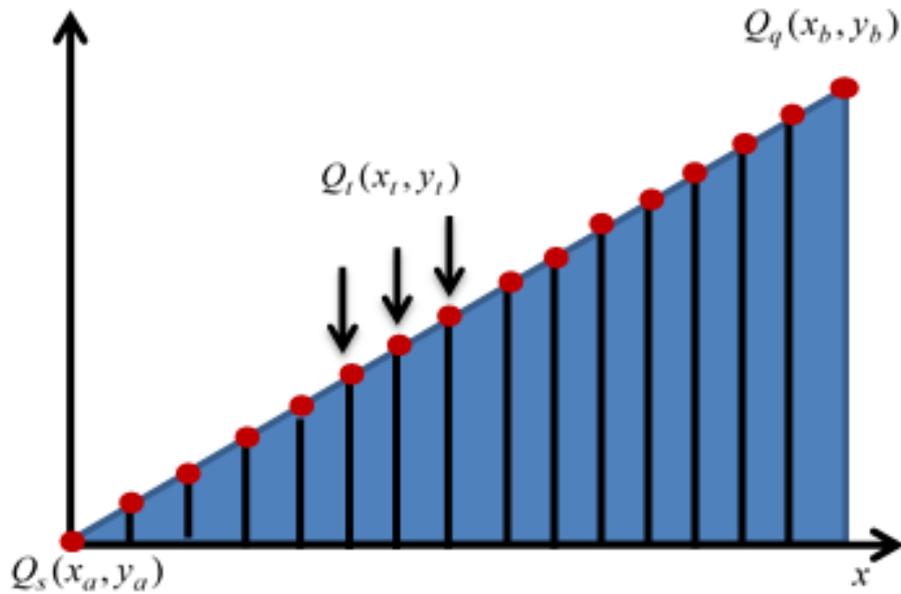


圖4-14：兩頂點偵測範圍-禁止通行路徑偵測法

為了完成最短路徑搜尋法，已知障礙物地圖，並設定起點終點，需避開障礙物之路徑規劃，倘若，以 Q_1 為初始座標位置， Q_k 為目標座標之位置，各障礙物為 Ω_j ， $j = 1 \dots m$ ，各接點座標定義為 $A_2, A_3 \dots A_{k-1}$ ，其中 $k = (\sum_{j=1}^m n_j) + 2$ 。

計算 Q_1, \dots, Q_k 所有接點與之間距離、斜率，並將各點間距離儲存於 M 距離矩陣中，並找尋障礙物存在之點為無法通行即禁止通行路徑。

將每一條路徑的偵測點，判斷是否位於障礙物範圍內，藉此得知若有偵測點包含障礙物間之兩點極為不可通行區。

接點間如果為禁行路徑，將距離矩陣紀錄修正，將矩陣內對應之兩接點距離元素 d 設定為 ∞ ，表示兩點不相通，再重複前步驟，至所有接點成功完成偵測。

4.6.3 路徑規劃

Dijkstra's 演算法[22]最短路徑主要是將邊擴張，其作法是以某一接點為

起點，計算從該接點出發到其他接點的最短路徑，為一種全域式搜尋法。對於每一個接點來說，不僅考慮相鄰接點之代價函數，而是評估初始點至該所有接點之可能路徑的代價函數，若代價函數愈小也就表示成本愈低，所走的路徑也愈短，愈加符合最優化設計之法則。為了更加清楚說明 Dijkstra's 演算法，將演算法中幾種重要變數提出，如下[23]：

1. 先以第一個接點作為初始點，將此定義為 Q_s 。
2. 如果兩接點間 Q_u 至 Q_v 沒有路徑可相連接，為有障礙物不可通過，則 $d(u, v) = \infty$ ($d(u, v)$ 代表由接點 Q_u 到接點 Q_v 之距離)，以兩個接點之間的距離作為權重函數值 (Weight Function)。
3. 初始點 Q_s 至接點 Q_i 之代價函數為 $\text{cost}[i], i = 2, 3, \dots, k$ ，初始點 Q_s 本身的代價函數定義為 $\text{cost}[s]=0$ 。
4. 將處理完的路徑設為 $\text{flag}[u]$ ，若 $\text{flag}[u]=1$ 代表第 u 個接點的最短路徑已經完成之搜尋。
5. 記錄 Q_v 接點相對應到來源接點 Q_u ，即將最短路徑依序由節點 $Q_u \rightarrow Q_v$ 所規劃出。

4.6.4 Dijkstra's 最短路徑

求出最短路徑之步驟[23]:

1. 已知初始點 Q_s 本身的代價函數為 0 ($\text{cost}[s] = 0$)，故所有接點與接點之間的代價函數可計算為： $\text{cost}[i] = \text{cost}[s] + d(s, i), i = 2, 3, \dots, k$ 。
2. 接者，搜尋到所有接點之代價函數最小數值(即為最短距離)，並將此接點定義為 Q_u 節點，代表著 Q_s 到 Q_u 接點間最短之距離。
3. 並依照各接點間計算後，可由 Q_s 經 Q_u 接點至接點 $Q_v, (v=2, \dots, k)$ ，找

出代價函數 $CV = \text{cost}[u] + d(u, v)$ 。函數值和原先由 Q_s 直接到達 Q_v 節點之代價函數 $\text{cost}[v]$ 作為比較，若求得的 CV 值小於 $\text{cost}[v]$ 可代表由初始點 Q_s 接點經過 Q_u 接點達至 Q_v 接點之距離會比直接由 Q_s 達至 Q_v 接點的距離短。以此情形，我們可將接點 Q_u 視為 Q_s 。到達 Q_v 接點之行經點，並更新代價函數 $\text{cost}[v] = CV$ 及記錄 Q_v 相對應之來源節點為 Q_u ，即 $\text{index}[v] = u$ 。相反之，假若 $CV > \text{cost}[v]$ 時，代表由初始點至接點 Q_v 距離較短，故 $\text{cost}[v]$ 為不變。最後將 Q_u 相對應處理完成旗標 $\text{flag}[u]=1$ 值，而 $\text{cost}[u]$ 設定為 inf ，代表節點 Q_u 已完成，不用再與其它接點的距離比較。

4. 重複第二步驟，直至各接點相對應處理完成 $\text{flag}[i]$ 之值為 1。
5. 由目標點開始找尋其對應之來源接點，直到來源接點為初始點。即將目標接點依序將路徑作反向搜尋，將所有的接點連接後即可找到最短之路徑。

第五章 實驗結果與討論

為驗證此系統的效果，本實驗主要採用 LABVIEW 程式語言撰寫 RFID 導盲系統，撰寫完整流程。從位置定位、所面對方向，由語音系統告知，最後利用 Dijkstra's 演算法規劃最短路徑。

5.1 系統設備描述

圖 5-1 為本研究之系統硬體設備之架構，其硬體設備如以下所述：

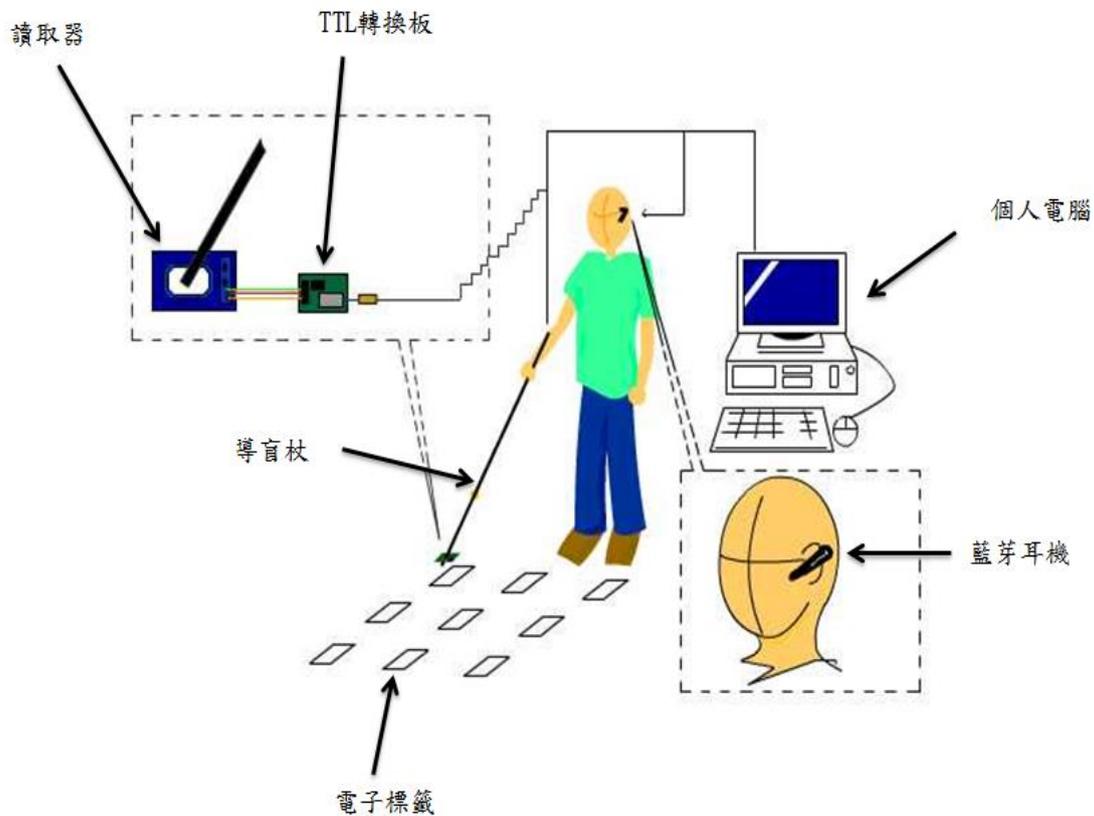


圖 5-1：RFID 導盲杖系統配置圖

1. 個人電腦：

使用 CPU 為 Intel(R)core(TM)I5-2500 之 3.30GHz，RAM 為 3GB 的個人電腦，並使用 LABVIEW 程式語言撰寫 RFID 導盲系統。

2. RFID 讀取器(Reader)

本研究採用普特企業有限公司的 RFID reader SSR0003，尺寸大小為 62.2 x 82.5 x 5.57 mm，四個接點分別為 VCC、ENABLE、SOUT、GND 連接轉換板，可在距離最遠至 10cm，來判讀標籤的資料。



圖 5-2：RFID 讀取器

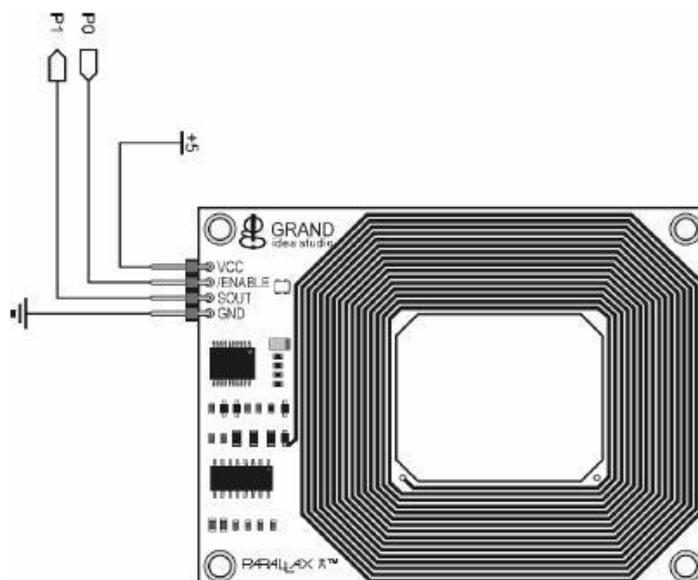


圖 5-3：RFID 讀取器接腳圖

3. 被動式標籤(Tag)

本研究中採用之被動式 Tag 大小為 54mm x 85 mm，具有永久免用電池電力的優勢，靠著天線端的非接觸式來通信，我們將此方式運用在盲人輔具上，可以達到精確的定位。

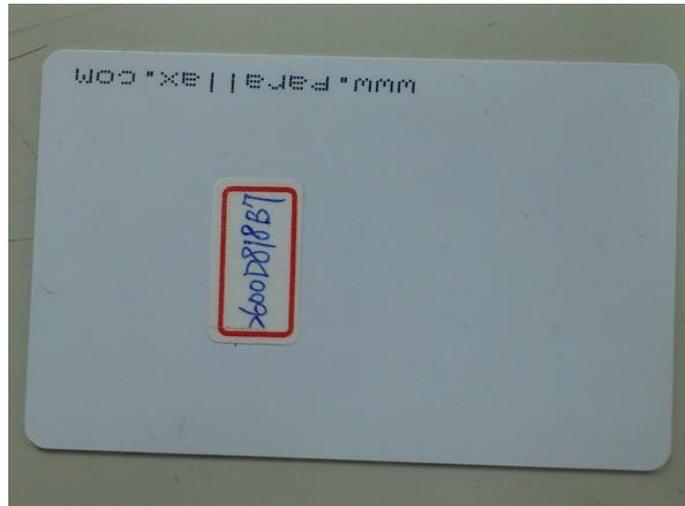


圖 5-4：被動式 Tag

4. USB-TTL 轉換板

讀取器將訊號回傳於電腦經過轉換板與之通訊，此轉換板為 FTDI FT232RL USB 介面晶片，相容性最高支援 Windows，傳輸速度可達 1Mbps。

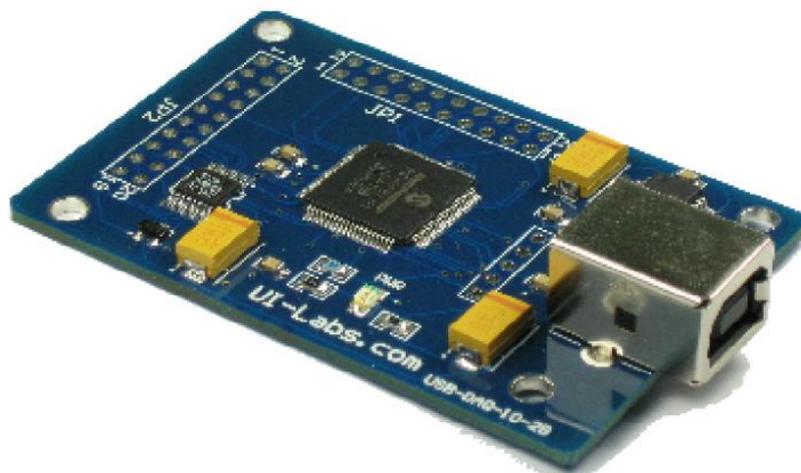


圖 5-5：USB-TTL 轉換板

5. 藍芽設備

A. 藍芽接收器

藍芽設備是藍芽耳機與接收器所組成，接收器選用 SENSE 公司所出產之 D600 V2.0，有效傳輸距離最高可達 100 公尺，資料傳輸速度 2.1Mbps，支援 Windows ME/2000/XP/Vista/7 等系統，使用者可由遠距離接收語音訊息，省去複雜線路所導致不必要拆裝麻煩。



圖 5-6：藍芽接收器

B. 藍芽耳機

耳機選用 SEEHOT 公司所出產之 SBS-030C，單音加上立體聲二合一，採用最新之藍芽技術 V2.1+EDR，使用者可選擇單耳或雙耳配帶方式，且支持 A2DP 藍牙立體聲和 AVRCP 遠端遙控協定，支援 SKYPE / MSN 等網路電話，具有音質清晰特色，耳機規格為 49 x 15 x 10mm，有效距離達 10 公尺。



圖 5-7：藍芽耳機

5.2 RFID 導盲系統流程

RFID 目前應用非常廣泛，我們將此應用在視障人士身上，目的是為了讓他們能夠具備自主性及安全性，經由本系統能夠於室內自在的行走。我們將系統分為四個部分，分別為：定位、方向判別、路徑規劃以及語音系統。使用者經裝有 RFID reader 的導盲杖感應到佈置於地板的 RFID tag 作為定位及方向判別，並由錄製好的語音系統告知使用者，使用者也可利用手杖上的按鈕傳送欲到達的地點訊號至伺服端，將所規劃出的最短路徑經由語音系統告知使用者，系統流程如下圖 5-8 所示。

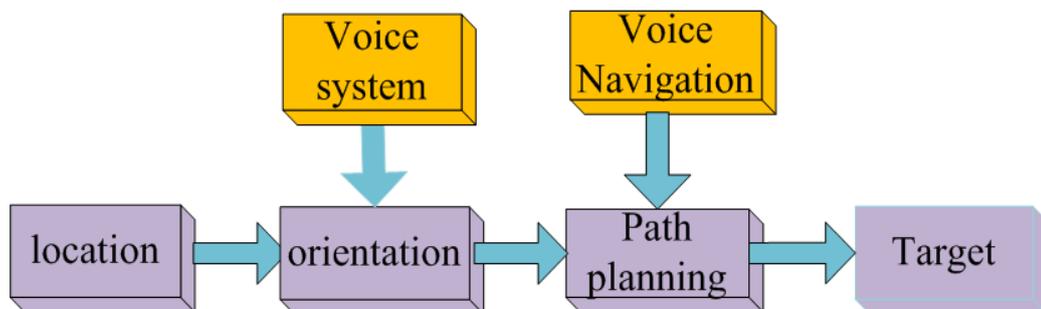


圖 5-8：導盲系統流程圖

5.3 盲人導航系統

盲人導航系統是讓使用者能夠計畫起點到終點的位置，精確的達到路徑規劃的功用。要進行導航的任務前，需要經由感測器偵測訊號來定位，使用者再經由導盲杖通過 USB 傳輸介面傳給電腦做為溝通媒介。RFID Tag 分佈在室內環境中，讀取器持續發出訊號，到達一定頻率的訊號範圍內會產生反應，將此訊號作為我們的定位與方向判斷。圖 5-9 為導盲系統示意圖。



圖 5-9：智慧型導盲杖系統

5.4 地理資訊系統(GIS)

在我們的實驗中，放置 9 片標籤至地板上做為我們的實驗環境，如圖 5-10 所示。由於讀取與接收訊號距離為 10cm，標籤與標籤之間的距離

經過讀取器裝置高度與三角形定理計算後求得，讓視障人士行走使用 RFID 智慧型導盲杖來定位與得知方向，再由起點開始到目標點，經由系統導航後可避過障礙物規劃其他路徑。



圖 5-10：地理環境資訊

5.5 RFID 定位與方向判斷

盲人導航最重要的一個條件就是要能夠精確的定位，才能夠給予視障人士正確的位置與方向，也是我們後續所要規劃的路徑的必要條件。將標籤放置我們的實驗環境中，視障人士利用 RFID 導盲杖接觸地面之標籤後可做定位，如圖 5-11 所示，RFID read 讀取到紅色 E 點的 tag。接著判斷方向之必要條件是使用者必須以順時針方向選擇，再由語音系統告知方位，如圖 5-12 所示，導盲杖點擊 F、H 點為東南方，點擊 H、D 點為西南方，

點擊 B、F 為東北方、點擊 D、B 為西北方。

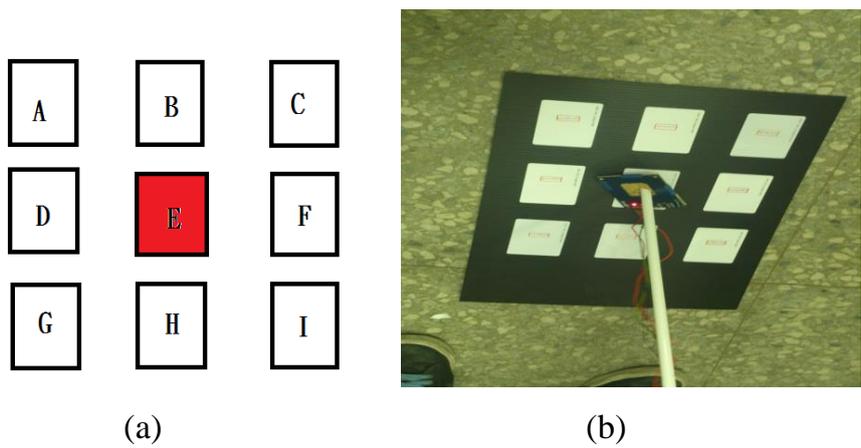


圖 5-11：(a)定位示意圖；(b)實際定位圖

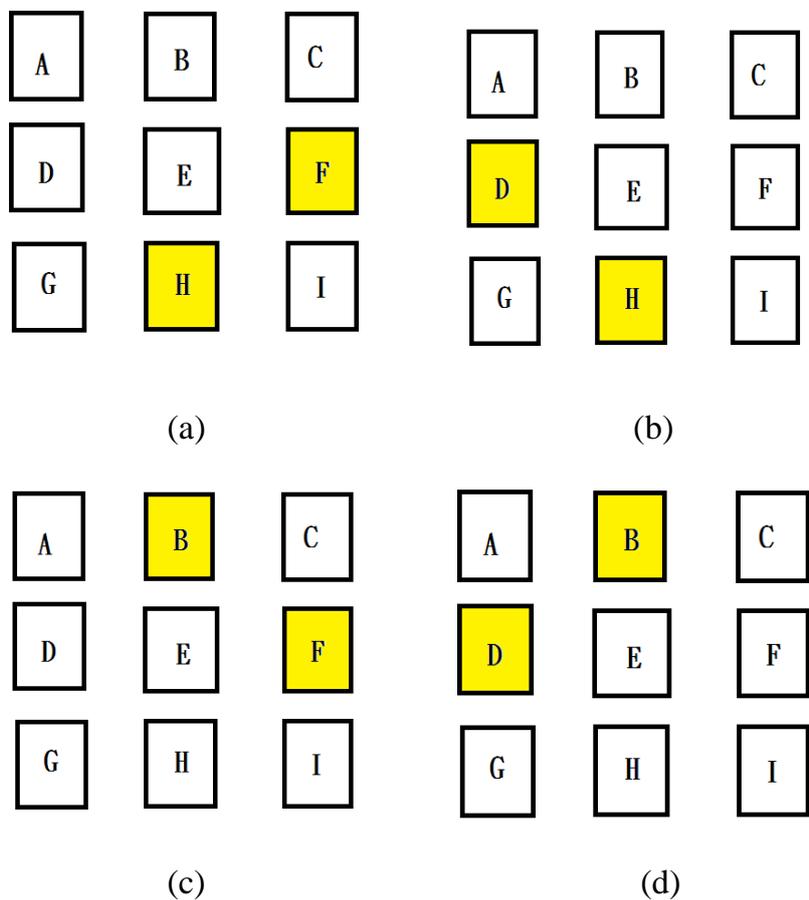


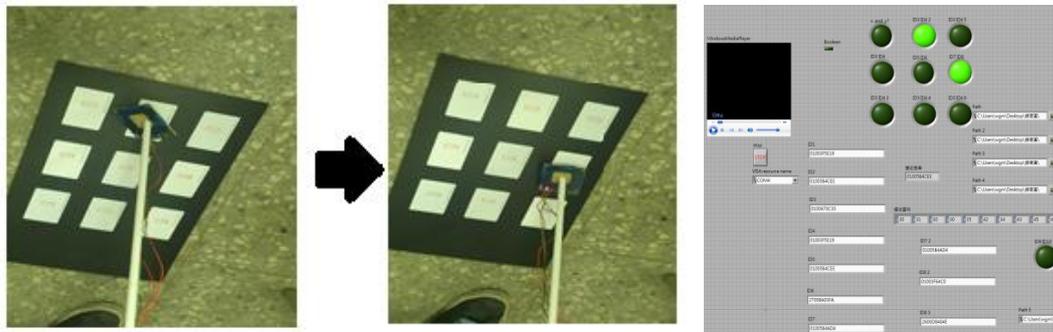
圖 5-12：(a)東南方；(b)西南方；(c)東北方；(d)西北方 示意圖

實驗中使用 Labview 程式軟體作為人機介面，實際操作智慧型導盲杖接觸到的 RFID tag 訊號後，經由系統定義之指示以順時針方向接觸到兩個

或兩個以上的 RFID tag，可判斷出使用者方向，並用語音告知於使用者。

A. 東北方

狀況一：為點擊上方和右方標籤，程式設定觸發燈號。如下圖 5-13 所示。

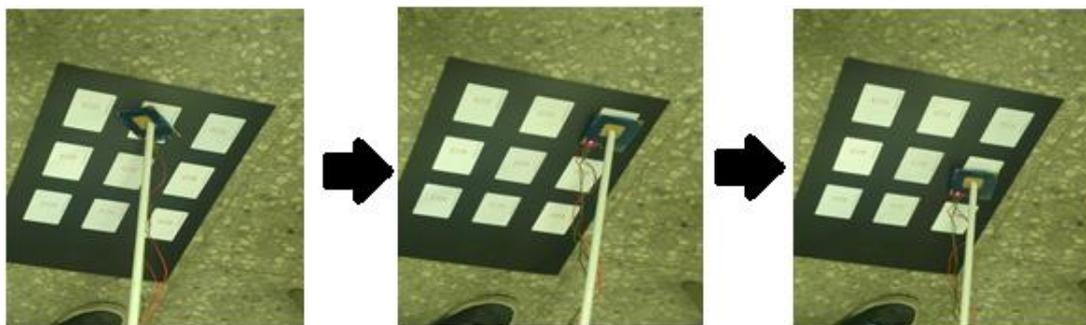


(a)

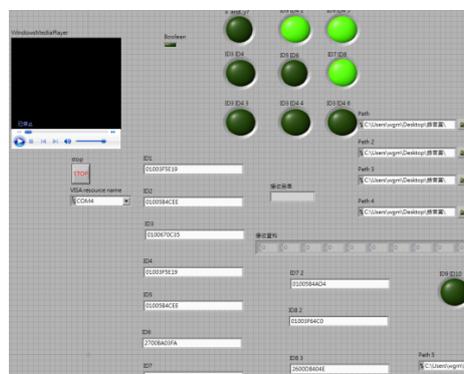
(b)

圖 5-13：(a)實際點擊上方、右方；(b)亮燈顯示之程式

狀況二：為點擊上方、右上方、右方標籤，程式設定觸發燈號。如圖 5-14 所示。



(a)



(b)

圖 5-14：(a)實際點擊上方、右上方、右方標籤；(b)亮燈顯示之程式

B. 東南方

狀況一：點擊右方和下方標籤，程式設定觸發燈號。如下圖 5-15 所示。

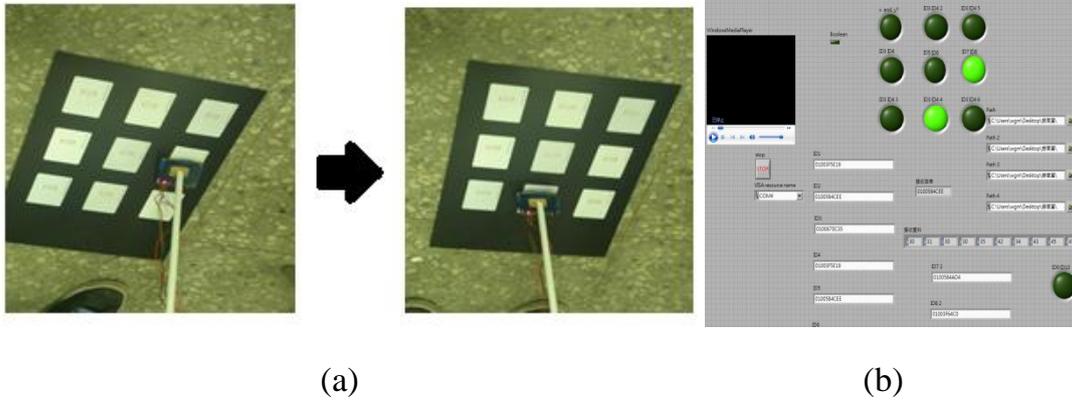


圖 5-15：(a)實際點擊右方、下方標籤；(b)亮燈顯示之程式

狀況二：點擊右方、右下方、下方標籤，程式設定觸發燈號。如下圖 5-16 所示。

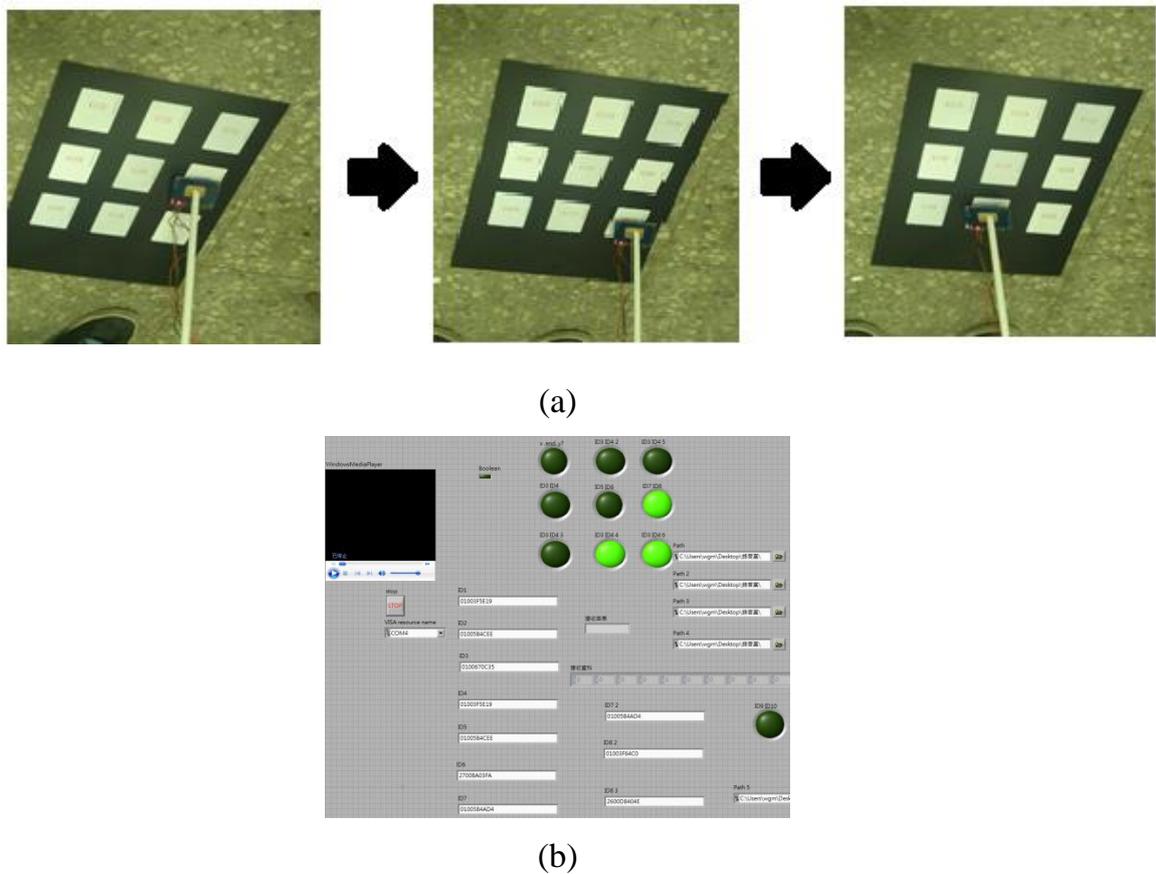


圖 5-16：(a)實際點擊右方、右下方、下方標籤；(b)亮燈顯示之程式

C. 西南方

狀況一：點擊下方和左方標籤，程式設定觸發燈號。如下圖 5-12 所示。

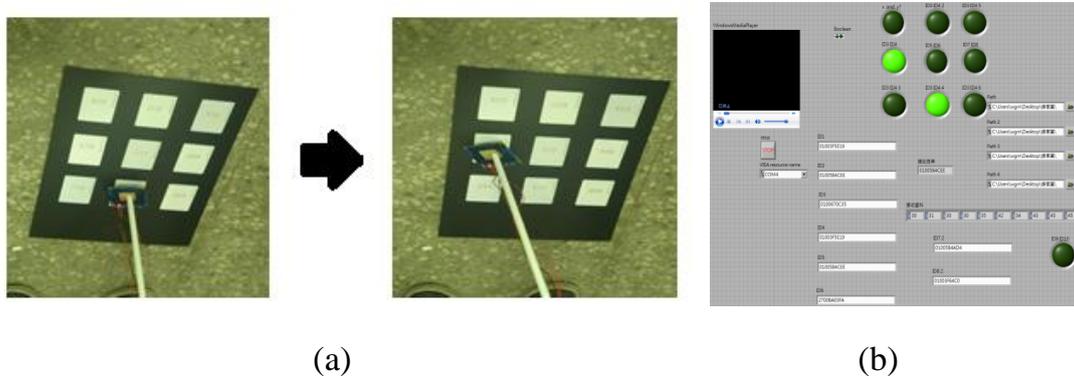


圖 5-17：(a)實際點擊下方、左方標籤；(b)亮燈顯示之程式

狀況二：點擊下方、左下方、左方標籤，程式設定觸發燈號。如下圖 5-18 所示。

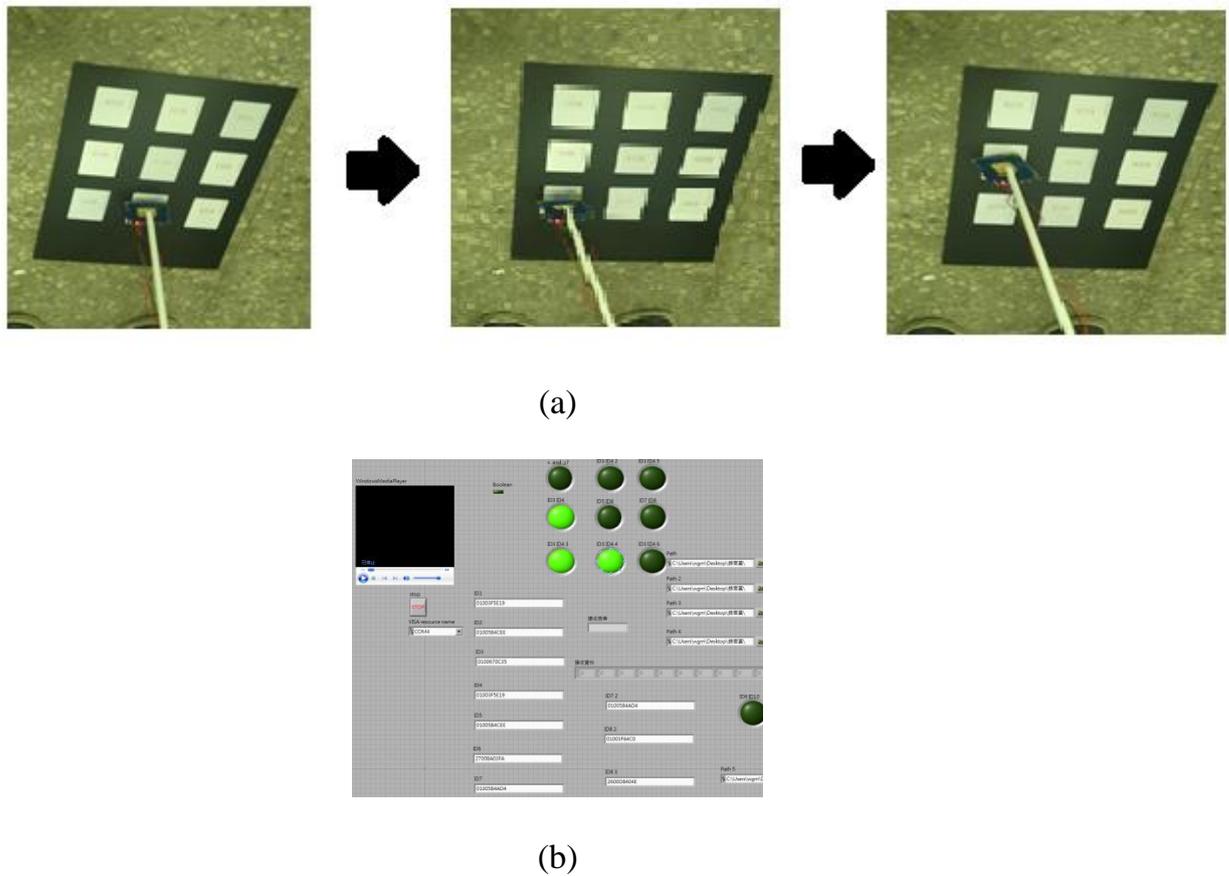


圖 5-18：(a)實際點擊下方、左下方、左方標籤；(b)亮燈顯示之程式

D. 西北方

狀況一：點擊左方和上方標籤，程式設定觸發燈號。如下圖 5-19 所示。

E.

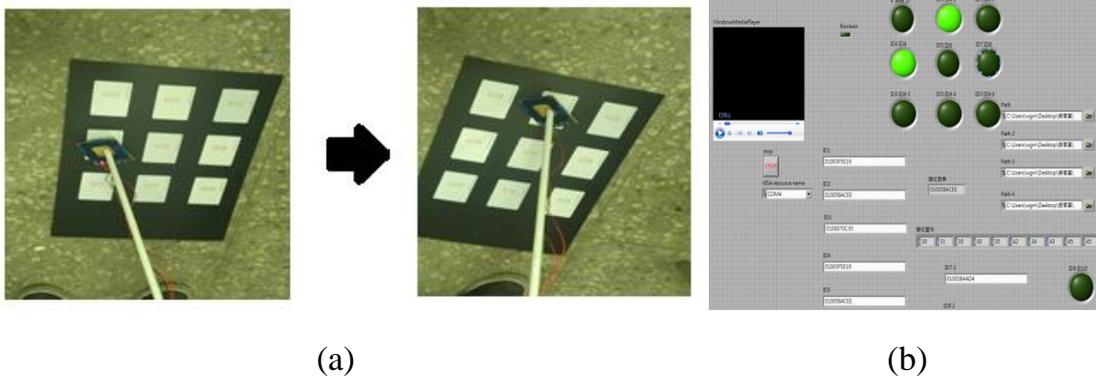


圖 5-19：(a)實際點擊下方、左方標籤；(b)亮燈顯示之程式

狀況二：點擊左方、左上方、上方標籤，程式設定觸發燈號。如下圖 5-20 所示。

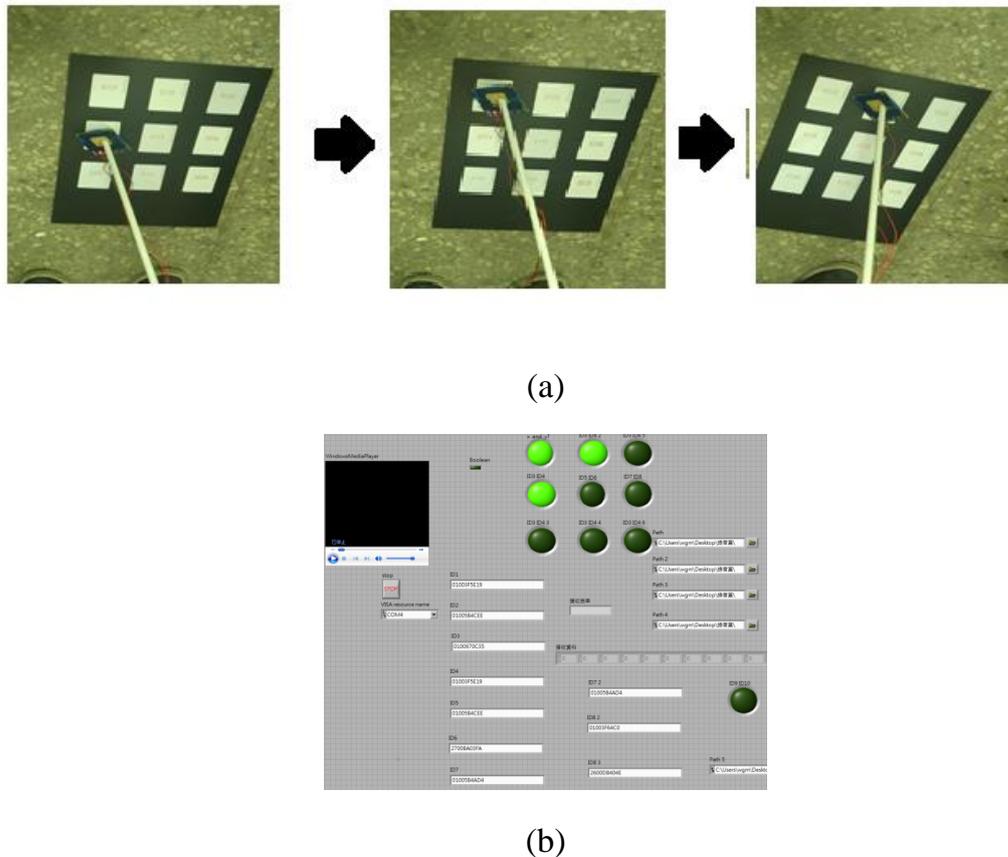


圖 5-20：(a)實際點擊下方、左下方、左方標籤；(b)亮燈顯示之程式

5.6 Dijkstra's 演算法路徑規劃

Dijkstra's演算法輸入中包含一個有權重函數之加權圖 G ，及加權圖中的來源接點 S 。分別將 V 表示加權圖中所有接點集合。任何一個邊都是由兩個接點所構成之元素。 $d(u, v)$ 表示從頂點 u 到 v 路徑相連之距離。所有邊的集合設為 E ，而邊之權重則定義以加權函數： $w = E \rightarrow [0, \infty]$ 。 $w(u, v)$ 就是從接點 u 至接點 v 之成本。邊的成本值可以假想為兩個接點的距離。任兩接點間路徑之花費值，就是該路徑之邊花費總和。若已知 v 中具有接點 s 及 t ，利用Dijkstra's 演算法可以搜尋到 s 至 t 之最短路徑即最低成本。利用此方法也常用於圖形中，找到初始接點 s 至任意接點之路徑，並反推回去找到最適當之路徑[24]。

以3x3的地圖來說， M 矩陣為初始障礙物地圖，矩陣中0代表障礙物，1表示可通行路徑，起點座標為(1,1)，終點座標為(2,3)， Δ 為一開始的地圖矩陣， α β γ 依次為搜尋相鄰節點後的地圖矩陣：

$$M = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (5-1)$$

$$\Delta = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (5-2)$$

$$\alpha = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (5-3)$$

$$\beta = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (5-4)$$

$$\gamma = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (5-5)$$

我們將障礙物地圖與搜尋相鄰節點後的地圖矩陣各個節點相乘後求得的地圖稱作「有障礙物可通行路徑地圖。」

將 Δ 與 M 矩陣各點對各點相乘後，可以得

$$M_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (5-6)$$

將 α 與 M 矩陣各點對各點相乘後，可以得

$$M_2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (5-7)$$

將 β 與 M 矩陣各點對各點相乘後，可以得

$$M_3 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (5-8)$$

將 γ 與 M 矩陣各點對各點相乘後，可以得

$$M_4 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (5-9)$$

具有障礙物的地圖與可通行路徑直到搜尋至終點座標後，為了要判斷最短路徑，於是我們再由終點座標往回推算起點位置，才可以找到我們的最短路徑。

$$M_4 - M_3 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (5-10)$$

$$M_3 - M_2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (5-11)$$

$$M_2 - M_1 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (5-12)$$

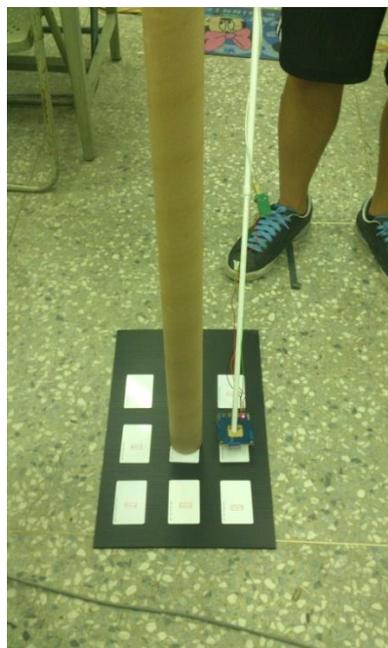
我們將所有的路徑相連後可以得到最短路徑 S

$$S = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (5-13)$$

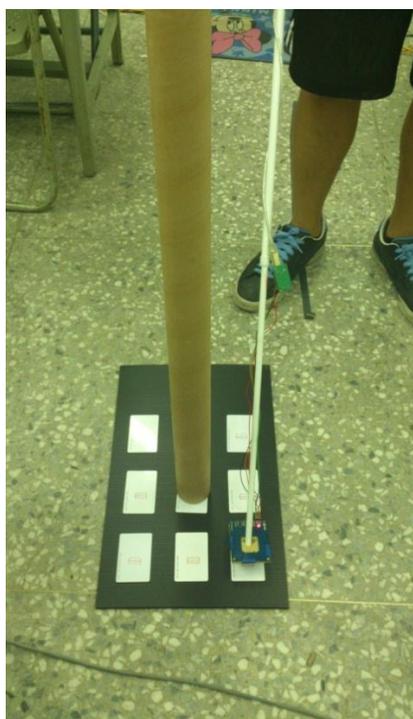
由以上的方法利用 RFID 導盲杖設定起點與終點，規劃出最短路徑，如圖 5-21 所示。



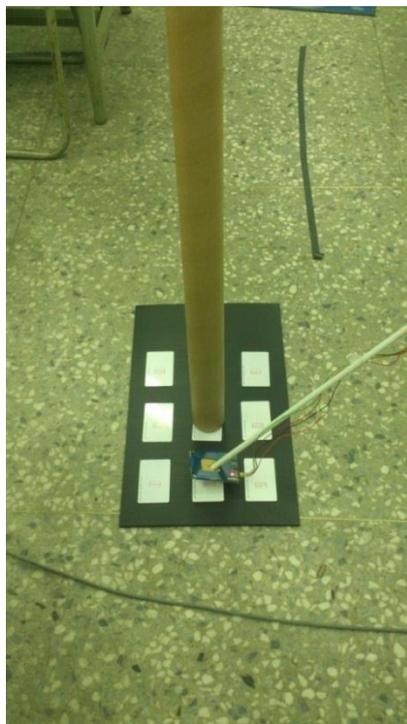
(a)



(b)



(c)



(d)

圖 5-21：(a)路徑起點 (b)路徑第二點(c)路徑第三點(d)路徑終點

我們再增加更多的障礙物，建立地圖大小為 6X6 之地圖，如圖 5-22(a)所示，起點設定為右下角，終點設為左上角，經由上述之作法可找到最短路徑。

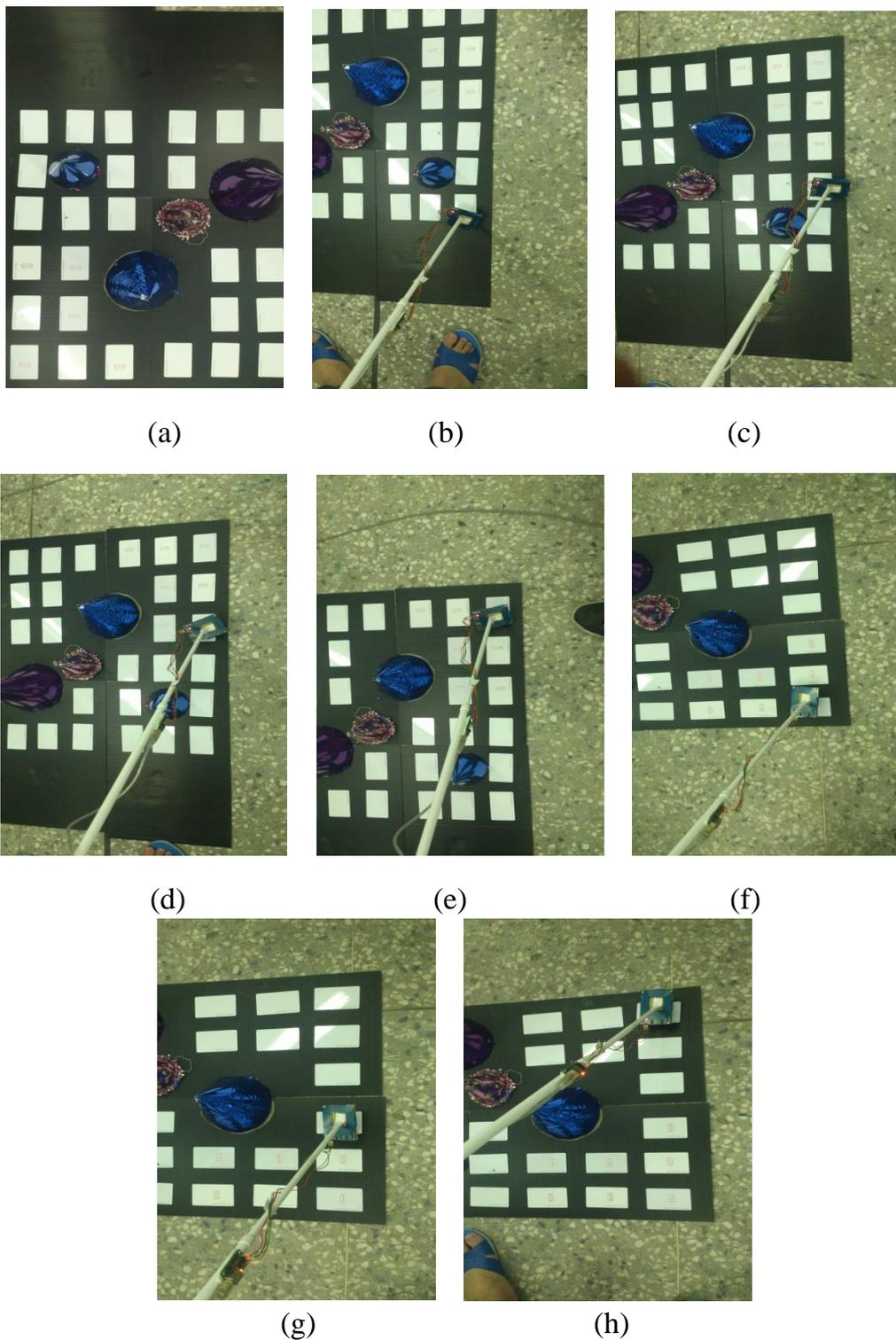


圖 5-22：(a)6X6 之障礙物地圖；(b)設定起點；(c)路徑第二點；(d)路徑第三點；(e)路徑第四點；(f)語音告知轉彎；(g)路徑第五點；(h)路徑終點

倘若視障者走錯路時，語音系統會將路徑作重新規劃並告知使用者，

如圖 5-23 所示。

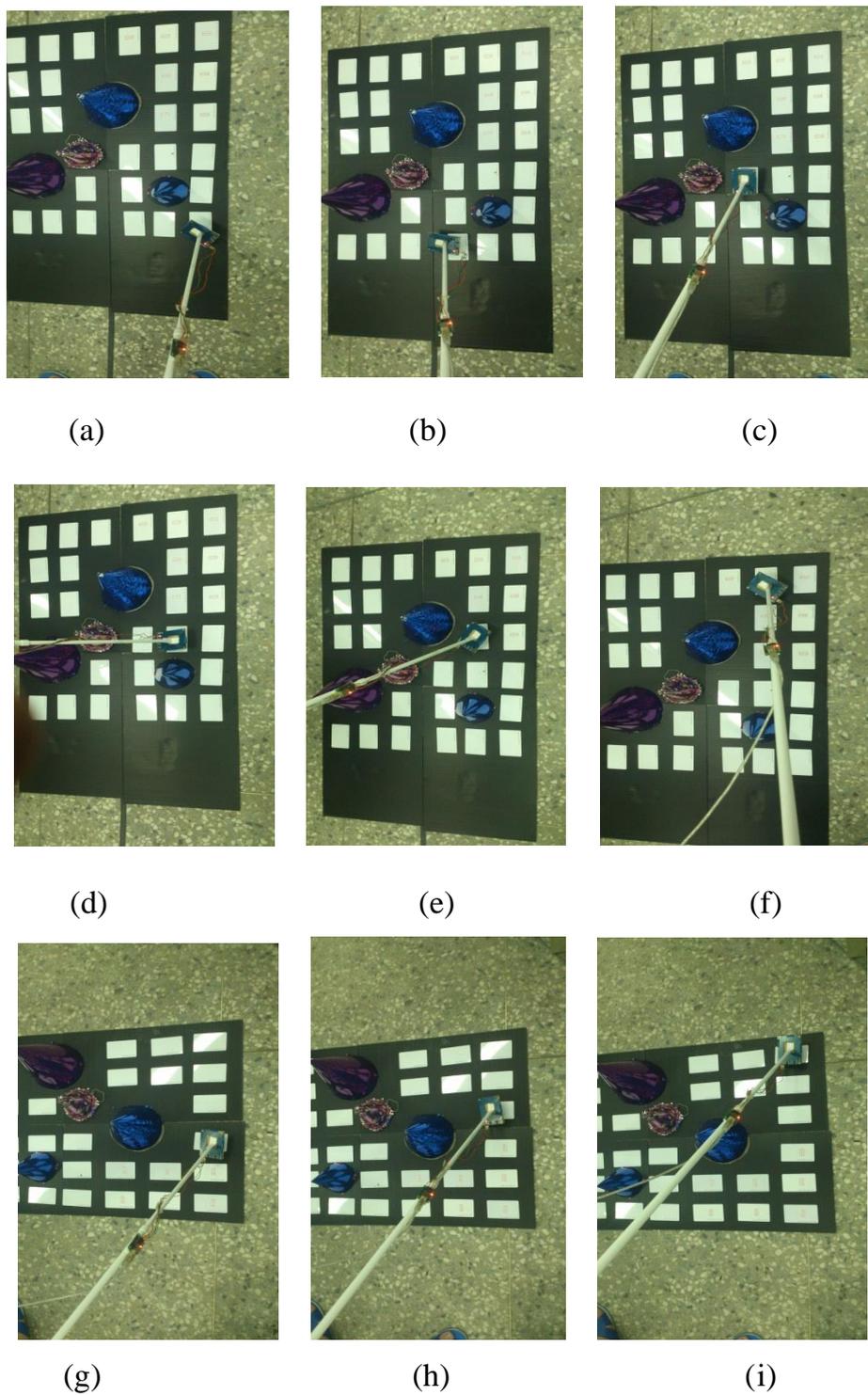


圖 5-23：(a)路徑起點；(b)路徑第二點；(c) 路徑第三點語音告知前方有障礙物；(d)路徑第四點；(e)路徑第五點；(f)路徑第六點語音告知轉彎處；(g)路徑第七點；(h)路徑第八點；(i)路徑終點

除此之外，我們也能利用 Dijkstra's 演算法建立更大的地圖環境，例如：利用隨機產生的 100x100 像數之地圖，起初先將起點與目標點的位置設定好後，將 Dijkstra's 演算法產生的最短路徑實現出來，如圖 5-24 所示。

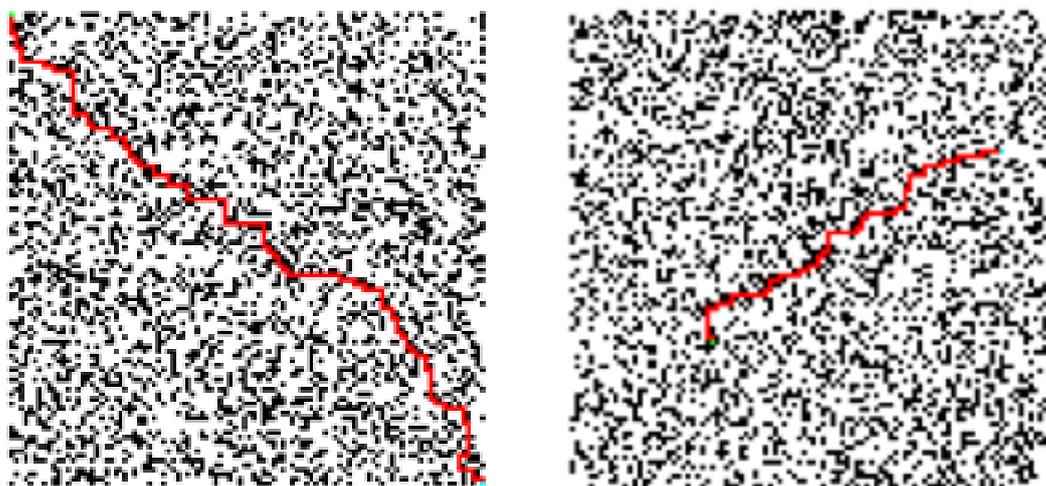


圖 5-24:100x100 pixel 最短路徑地圖

5.7 大面積導盲設計模擬

在日本東京有一間著名的盲人美術館，是日本唯一為盲人而設可觸碰作品的美術館。如下圖 5-25 所示[25]。



圖 5-25：位於日本東京的盲人美術館[25]

其他國家也有類似這種博物館，像是位於雅典的觸覺博物館也是赫赫有名的盲人博物館。以此出發點，希望視障人士能夠獨立的完成任務，於是，在我們盲人導航系統中，我們要讓視障人士生病時能自行到醫院看病、需要生活必需品時能到商店購物、博物館陶冶身心、圖書館增加自己的認知等等。如圖 5-26[26]所示。



圖 5-26：視障圖書館[26]

我們設計了一個醫院平面圖，如圖 5-27 所示，以紅色三角型為出發點，A 到 F 為使用者將要走的地點，依序規劃各目標點的路徑，藍色線為所規劃出的最短路徑。如 5-28 所示。

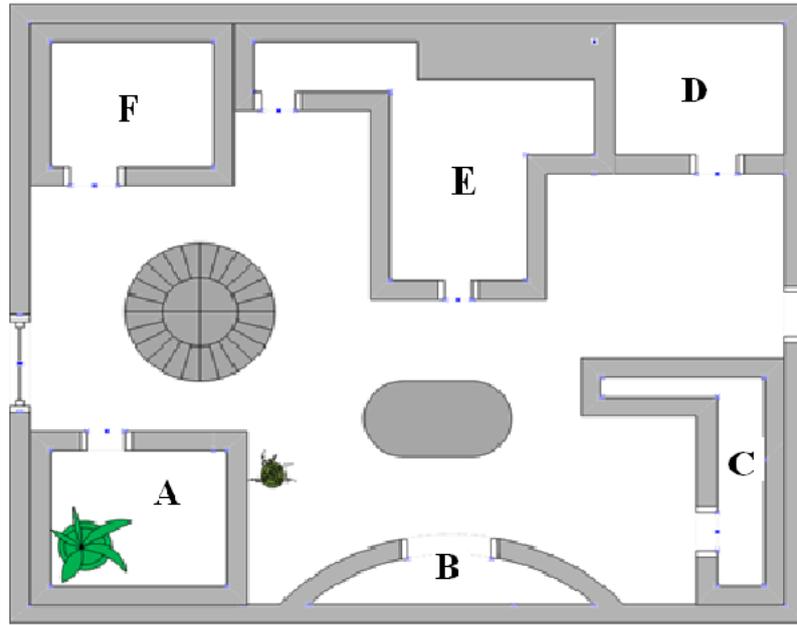


圖 5-27：醫院平面圖

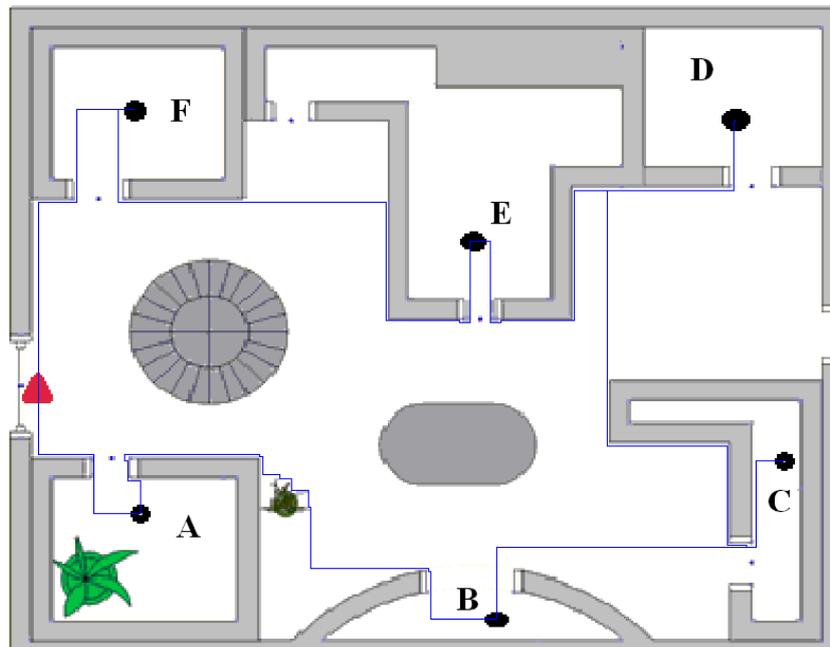


圖 5-28：利用 Dijkstra's 演算法規劃出最短路徑圖

接著再設計一個藝術館，館內包含了音樂廳、餐廳、A 館、長廊、廁所五個地點，讓視障人士能夠控制手杖的導航系統到達各地點，還能由各位置規劃新的路徑，繼續往下一個目標點進行，如圖 5-29、5-30 所示。

各種頻率的 RFID 性能之使用於導盲系統上作優缺點比較，建立下表 5-1

所示：

表 5-1:利用 RFID 設備使用於導盲系統之比較

	主動式 RFID	被動式 RFID	
	微波	高頻	低頻
距離誤差	大	中	小
感測距離	最遠	次之	最近
價格	昂貴	普通	最便宜
室內地板放置 Tag 的數量	少	中等	多
響應時間	慢	中等	快
讀取效率	慢	中等	快
電磁波傷害	高	次之	低

第六章 結論與未來展望

本研究希望能發展一套 RFID 電子導盲系統運用在室內區域環境中，此系統之主要特點為視障者迷失方向或迷路時能告知視障者所在方位或是目標位置，利用 RFID 之讀取器接觸電子標籤定位，再經由使用者接觸兩塊以上之電子標籤後，語音系統會由藍芽耳機中將所在方向傳達於使用者耳中，另一方面，使用者也可以選擇路徑規劃區塊，語音系統告知使用者選擇起點與終點，並利用 Dijkstra's 演算法規劃最短路徑，當使用者所走路徑脫離了系統規劃之路徑，語音系統會告知使用者“路徑將重新規劃”，倘若前方有障礙物，系統將告知使用者“前方有障礙物，請轉彎”，如此一來，此 RFID 導盲系統即可幫助視障人士在不熟悉之環境中，導引視障者去任何地方，提供視障人士多方面之協助。

由於本系統之讀取器屬於低頻頻率，故讀取距離極短，為了避免讀取不到，導盲杖必須盡量接近電子標籤才能讀取訊號，電子標籤與電子標籤之距離也不能相差過遠，因此未來系統之改善希望能將 RFID 讀取頻率提升，建立一個更加適合視障人士行走的環境。

參 考 文 獻

- [1] S. Gallo, D. Chapuis, L. Santos-Carreras, Y. Kim, P. Retornaz, H. Bleuler and R. Gassert, “Augmented White Cane with Multimodal Haptic Feedback, ” *International Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics*, pp. 149 – 155, Sep. 2010.
- [2] WIKIPEDIA, 2006, <http://zh.wikipedia.org/wiki/File:Caoguia2006.jpg>
- [3] S. Shoal, J. Borenstein, Y. Koren, “Mobile Robot Obstacle Avoidance in a Computerized Travel Aid for the Blind, ” *Department of mechanical engineering and applied mechanics*, vol.3, pp.2023 – 2028, 1994.
- [4] M. Bolumu, M. Univ, “An ultrasonic white cane design for visually impaired” *Electronics and Computer Engineering (ELECO)*, vol. 1, pp. 243 – 249, Dec. 2010.
- [5] S. Chumkamon, P. Tuva, P. Keeratiwintakorn, “A Blind Navigation System Using RFID for Indoor Environments,” *Department of Electrical Engineering*, vol. 2, pp. 765 – 768, May 2008.
- [6] Y. Shiizu, Y. Hirahara, K. Yanashima and K. Magatani, “The development of a white cane which navigates the visually impaired, ” *Conference of the IEEE EMBS Cite Internationale*, Lyon, France, pp. 5005-5008, Aug. 2007.

- [7] T. Seto, K. Magatani, “A navigation system for the visually impaired using colored navigation lines and RFID tags,” *Annual International Conference of the IEEE EMBS*, pp. 831-834, Sep. 2009.
- [8] N. Takatori, K. Nojima, M. Matsumoto, K. Yanashima, K. Magatani, “Development of voice navigation system for the visually impaired by using IC tags,” *Annual International Conference of the IEEE EMBS*, pp. 5181-5184, 2006.
- [9] D. Yuan and R. Manduchi, “Dynamic environment exploration using a virtual white cane,” *IEEE Computer Society Conference on Department of Computer Engineering*, vol. 1, pp. 243-249, Jun. 2005.
- [10] 鄭文昌、江文生、詹銘浩、廖孟祥、王逸凡，「主動式 RFID 應用於室內自動定位系統」，2010。
- [11] E. D. Giampaolo, “A passive-RFID based indoor navigation system for visually impaired people,” *IEEE. Conf.* pp. 1-5, L'Aquila, Italy, Nov. 2010.
- [12] 陳宏宇 編著，「RFID 系統入門-無線射頻辨識系統」，文魁資訊股份有限公司，2004 年 12 月。
- [13] R. Falk, F. Kohlmayer, A. Koepf, M. Li, “Mobile Multi-Purpose RFID System,” *RFID Systems and Technologies (RFID SysTech)*, pp. 1-8, 2007.
- [14] L. Zhiyong, X. Chaoyang, W. Heng, W. Ping, “Research on locating and tracking automotive products in workshop based on active RFID

technology,” *Physical and Social Computing (CPSCom)* , pp. 527-532, 2010 .

[15] 日經 BP 社 RFID 技術編輯部 編著，周湘琪 譯，「RFID 技術與應用」，旗標出版股份有限公司，台北市，中華民國 93 年 9 月。

[16] 謝建新，游戰清，張義強，戴清雲 編著，「RFID 理論與實務-無線射頻識別技術」，網奕資訊科技股份有限公司，台北市，2006 年 2 月。

[17] IAN HICKMAN 編著，徐瑞明 譯，「RF 射頻技術實務」，旗標出版股份有限公司，台北市，中華民國 93 年 7 月。

[18] <http://www.regal-scan.com/tc/>

[19] <http://tw.ute.com/products.php?rbu=2&pc1=63&pc2=116&rbu=2>

[20] J. Faria, S. Lopes, H. Fernandes, P. Martins, J. Barroso, “Electronic white cane for blind people navigation assistance,” *IEEE World Automation Congress (WAC)*, pp. 1-7, Sept. 2010.

[21] J. X. Xiao and F. L. Lu; “An improvement of the shortest path algorithm based on Dijkstra’s algorithm,” *Computer and Automation Engineering (ICCAE)*, Vol. 2, pp. 383 – 385, Feb. 2010.

[22] F. DongKai, S. Ping, “Improvement of Dijkstra's algorithm and its application in route planning, ” *International Conference on*, vol. 4, pp. 1901-1904, 2010.

[23] 葉國良，周利蔚，「使用 Dijkstra's 演算法之以物件偵測為基礎的最短避障路徑規畫」，康寧學報，台北科技大學機電科技所，2008。

[24] http://zh.wikipedia.org/wiki/迪科斯徹算法?&lang=zh_tw&output=json

[25] http://gnae.ntue.edu.tw/art_portal/index.php?option=com_content&view=article&id=759:2011-04-24-06-33-02&catid=118:admin&Itemid=177

[26] <http://140.123.21.26/disable/>