

行政院國家科學委員會補助
大專學生參與專題研究計畫研究成果報告

* ***** *
* 計 畫 *
* : 全面「機」動 — 導覽機器人系統設計與實作 *
* 名 稱 *
* ***** *

執行計畫學生： 王煒翔
學生計畫編號： NSC 100-2815-C-036-008-E
研 究 期 間： 100 年 07 月 01 日至 101 年 02 月 28 日止，計 8 個月
指 導 教 授： 鄭福炯

處理方式： 本計畫可公開查詢
執 行 單 位： 大同大學資訊工程學系
中華民國 101 年 04 月 01 日

摘要

由於社會的演進，近代的人們喜歡在工作之餘去一些校園、公園、戶外的觀光景點，例如朱銘美術館的導覽，甚至是大型的活動展場參觀，例如台北花博，因此導覽的工作人員需求量也會大幅的增加，如果說可以利用機器人來解決這個龐大的需求量，或許在未來就不必等到導覽人員有空才能進行參觀，只要在該場館開放時間內隨時都可以有專業的導覽服務。

對於會引進導覽機器人的企業，最主要的原因大多都是為了想節省人力成本，本專題製作的導覽機器人，白天可以帶遊客介紹景點，晚上可以代替警衛巡邏，使得即使觀光園區再大，也只需要一位警衛在值勤室監看機器人傳來的即時畫面，當導覽機器人偵測到危險也會自動發出警訊。

本專題的導覽機器人是由 Arduino 平台控制導覽機器人行走以及避障與偵測資訊，而導覽機器人上的 Android Pad 發送命令並且接收 Arduino 透過 Bluetooth 傳來的資訊，再由 Android Phone/desktop 透過 WiMax 網路的方式遠端監控遙控導覽機器人。

關鍵詞

Robot, Navigation system, Navigation

1.簡介

1.1 動機

由於現代科技產業的蓬勃發展，人們所使用的手持裝置更是層出不窮，從原有一般只能接跟聽的傳統手機，演變到現在的多功能智慧型手機，為此希望能藉由當今人手一機的環境下，帶來許多方便性。

再者由於近年來常常在電視上看到像是聽障奧運、上海世界博覽會、台北國際花卉博覽會…等等大型活動開幕，並且同時也愈來愈多的大學希望能夠讓外界更加了解校園，像是輔仁大學的環校走道、大同大學的校園十八景…等等，各地都需要導覽人員帶領參觀者認識該景點，於是藉此希望能夠建立一個替代人工導覽的系統，以方便遊客隨時都可以參觀並獲得新知。

據統計，Android 從 2011 的市占第二名躍升到市占第一名[1]這也表示了 Android 作業系統在市場上越來越蓬勃發展，也愈來愈多人開始使用 Android 手機，為了因應這股熱潮，所以選擇了它當作開發的依據 (表 1)。

Operating System	3Q11 Units	3Q11 Market Share (%)	3Q10 Units	3Q10 Market Share (%)
Android	60,490.40	52.5	20,544.00	25.3
Symbian	19,500.10	16.9	29,480.10	36.3
iOS	17,295.30	15	13,484.40	16.6
Research In Motion	12,701.10	11	12,508.30	15.4
Bada	2,478.50	2.2	920.6	1.1
Microsoft	1,701.90	1.5	2,203.90	2.7
Others	1,018.10	0.9	1,991.30	2.5
Total	115,185.40	100	81,132.6	100

(表 1：Worldwide Smartphone Sales to End Users by Operating System in 3Q11 (Thousands of Units))

1.2 目標

就專題而言將目標分為三個階段：短程目標、中程目標以及長程目標。

短程目標

可以進行遠程遙控使機器人即使在遠端也可以被控制中心的控制員掌控其一切行為。

中程目標

擴大導覽範圍，不僅限於校園。

將專題系統化，可以透過一套方法或流程建立滿足各種需求的導覽系統。

長程目標

建立一套後端的客服系統，能在訪客提問時能立即回答，並發展出其他功能(例如：巡邏、災情勘查)。

1.3 成果概述

本專題製作了機器人導覽系統，就導覽系統方面目前分為四種模式 (表 3)：

A.手持式導覽

直接將「導覽系統」App 安裝在手持式 Android 設備中，使用者只需拿著此設備，即可根據此系統提示進行導覽。

B.機器人導覽

由一台導覽機器人帶領訪客參觀，因為「導覽系統」需要與導覽機器人溝通，所以必須在同一台手持式 Android 設備中安裝「機器人遙控器」用以協助與導覽機器人溝通。

C.手控模式 (測試用模式)

此為測試用模式，通常用於緊急事件，或是在程式開發階段，測試用的模式，可以讓手持式 Android 設備直接遙控導覽機器人。

D.客服導覽

此模式仍未真正時做出來，為一構想中的模式，在訪客進行「機器人導覽」時，訪客若有問題，可以直接按下"要求協助"的按鈕，使之接通遠端的客服人員，讓客服人員為訪客服務，並且透過機器人回傳的資訊了解，訪客的需求，必要時也可以以高優先權的指令，直接遠端遙控導覽機器人。

程式 \ Mode	手持式導覽	機器人導覽	手控模式	客服導覽
機器人遙控器		✓	✓	✓
導覽系統	✓	✓		✓
客服系統				✓

(表 3：各模式所需程式表)

2.相關研究

台大在 2009 年時，斥資 300 萬，由機械系研究室研發出了一台智慧型的導覽機器人，如今已經 2011 年，仍然未見於任何企業採用，主要的原因仍然是他所需的成本極高。本系統修改一些必要性較低的功能，並且使本系統可以分開獨立運行，使得使用上的地方增加，讓導覽機器人不只是導覽機器人，除了成本降低，功能也更多。導覽系統在一個觀光景點，所需引進的導覽機器人

不只一台，所以企業是否會予採用，造價將會是一大考量，本系統白天可以做為導覽機器人，晚上可以當夜間警衛，讓企業省到兩種人力成本，可以使得企業採用的機率較高，而像是觀光茶園、觀光果園，這種沒有大型企業在後面資助的觀光景點，除了成本問題，在資料庫的管理方便與否也將是決定是否採用的一大關鍵，本專題的資料庫是採用 SQLite 方式儲存，非常易於管理，操作方式也較為簡單。關於本專題的機器人與台大導覽機器人的比較表請見(表 2)

台大「小美」智慧導覽機人	本專題導覽機器人
採用高價的雷射技術，可以重製 2D、3D 地圖，使誤差小於 10 公分，對於室內的導覽有極大的幫助。	使用 GPS 定位，僅能適用於戶外，較為廣闊地區的導覽。
可以監測到參觀人的視線正在注視的地方，使機器人一起注視著同樣的地方，以增加親切感。	無人臉辨識系統，以降低成本。
造價 300 萬，即使量產，價格降幅也有所限制。	使用技術較少，造價約 20 萬。
並未強調、著墨於導覽系統與機器人在使用上之彈性。	導覽系統與機器人可獨立運行，並且有著一套系統，可快速、簡易的開發需導覽機器人支援之軟體，大大提升機器人使用上的彈性。

(表 2：本專題的機器人與台大導覽機器人的比較表)

3. 研究方法

由於在 Google Map 上僅繪製了一般的道路，在想要導覽的園區或場地是沒有任何的道路或景點，藉此我們要在使用導覽系統的地點建立道路或景點等資訊。

3.1 景點的儲存方式

我們使用了 SQLite 儲存所量測各景點 GPS 的經緯度，將這些資訊做為 資料庫方便以後導覽系統的撰寫，本節介紹在 SQLite 中景點資料儲存的格式。

SQLite 之資料欄位為：景點 *id*、名稱、實際經度、簡介、類型、感應經度、感應緯度、相鄰路口 *id* 等 9 種欄位，其中 實際經度 代表該景點真正所在位置之經度。簡介代表該景點簡要的文字簡介。類型代表該景點之景點類型 (Building\Square\Tree)。感應經度代表碰觸到感應點時，將會撥放該景點的簡介影片。感應緯度代表碰觸到感應點時，將會撥放該景點的簡介影片。相鄰路口 *id* 為兩個路口 *id* 由逗號分開，組合而成，而這兩個路口 *id* 分別為組成景點所在道路的兩個路口的 *id*。

3.2 道路地圖的建構

建立好景點後，接下來我們還需要建立道路以便導覽機器人能走在欲導覽的場地內，我們採 OpenStreetMap 的 API 製作而成的 Open Source—Rmap 繪製道路，道路的建立方法是路口為點，道路為線，先將路口 GPS 經緯度記錄下來做成資料庫，以鏈結串列的方式儲存道路。

SQLite 之資料欄位為：路口 *id*、路口經度、相鄰路口。路口經度代表該路口之緯度。路口緯度代表該路口之緯

度。相鄰路口是由多個路口 *id* 由逗號相隔組成，每個路口代表該路口與此路口相連。

3.3 建議路線的儲存

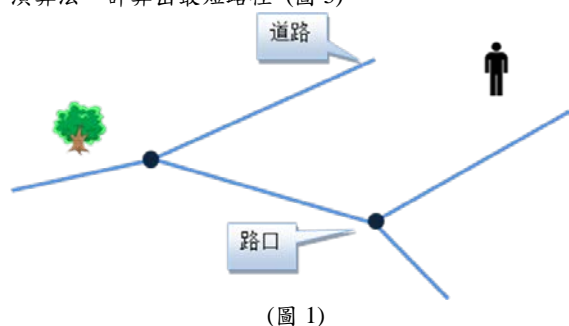
為了使訪客能快速且流暢的參觀，我們做了此建議路線的功能。首先將欲導覽的場地分為若干個區塊，在各區塊中建立專屬的資料庫

SQLite 之資料欄位為：路線 *id*、名稱、路線內容。路線 *id* 代表該建議路線之 *id*。名稱代表該建議路線之名稱。路線內容是由多個景點 *id* 所組成，每個景點 *id* 皆為此建議路線之景點。

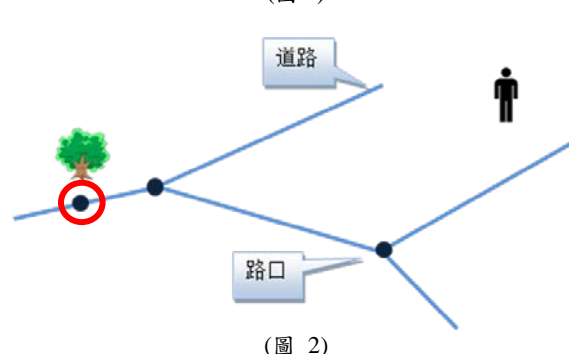
3.4 最短路徑的繪製

我們考慮若訪客在參訪時想要前往特定的地點時，為了使導覽機器人不要有繞路的情形發生，所以增加此功能。

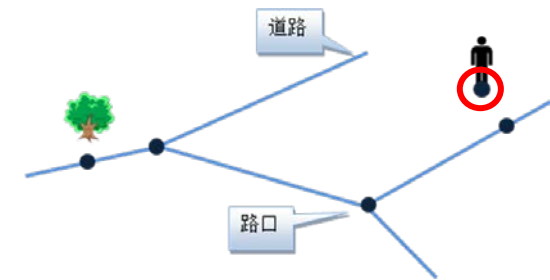
我們是依照 Dijkstra 演算法找出最短路徑，可是又考慮到使用 Dijkstra 演算法有兩個條件限制：道路權重的問題以及圖形必須為一個封閉的 Graph。在此地圖上的道路是沒有權重的問題，但卻會因為我們以路口為點，道路為線，導致感應點和參訪者的所在位置不在圖上，為了要繪製出封閉的 Graph，我們採用的方法如下：A.將景點感應點當作一個路口，插入道路地圖中 (圖 1)。B.將所在位置當作一個路口，插入道路地圖中 (圖 2)。C.將所在位置到離目前最近的道路之投影點，當作一路口，插入到道路地圖中 (圖 3)。D.將投影點到目前位置的連線，當作一道路，插入到道路地圖中 (圖 4)。E.將目前位置當作起點，感應點位置當作終點，使用 Dijkstra 演算法，計算出最短路徑 (圖 5)。



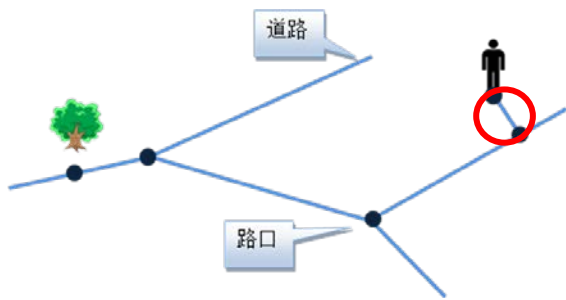
(圖 1)



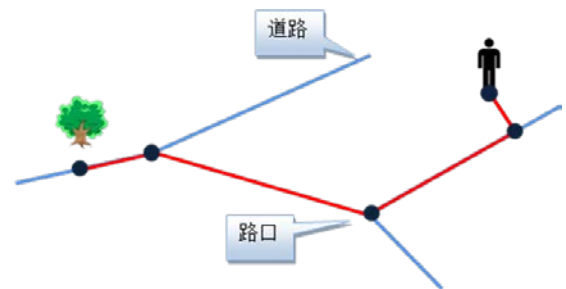
(圖 2)



(圖 3)



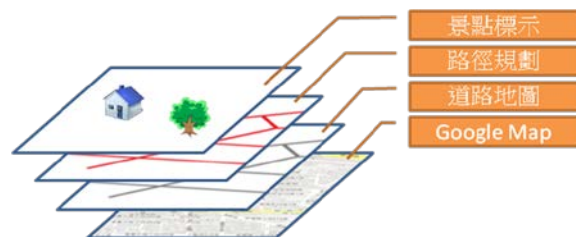
(圖 4)



(圖 5)

3.5 地圖的分層

在 Android 系統中的分層，共分成四層 (圖 6)：第一層：使用 google map 當基底。第二層：由 SQLite 資料庫提供的資料繪製的道路地圖。第三層：當啟用路線規畫的功能時，將使用紅線繪製出最佳路徑。第四層：顯示各景點的位置，並根據資料庫提供的景點類型，給予不同的圖示顯示。



(圖 6：地圖分層)

3.6 導覽機器人左右輪的同步

因為導覽機器人的左右輪馬達為各自獨立的，所以在輪速上會有些微的誤差(左輪較右輪快)，誤差雖小，但行走距離若長，則會造成方向上極大的偏差。以下介紹我們所嘗試過的幾個解決辦法。

A. 調整輪速差

我們試著直接改變輪子的速度，將兩個輪子速度的

平衡值調成不一樣，但機器人會因為地板的材質不同導致輪速差也不一致，造成每次都要做輪速差的調整。這種方式不能適用在所有的地方，因而不採用此方法。

B. 以電子羅盤紀錄方向

我們利用導覽機器人上的電子羅盤記錄原導覽機器人所行走的方位，再配合為此撰寫在 Android 端的直走矯正程式修正導覽機器人的行走方向，雖然電子羅盤可以精準的告訴我們導覽機器人的行走方向(角度)，但因為電子羅盤只能記錄「整數」的角度，會有誤差太大的問題，所以也不採用此方法。

C. 配合 Encoder 矯正

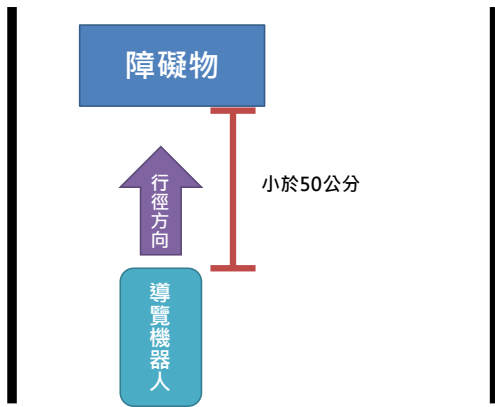
Encoder 是加裝在車輪馬達上的一個 Sensor，當車輪轉一圈 Encoder 會轉 29 圈，藉此我們可以由 Encoder 所得到的數值得知車輪的轉速或里程數，為此我們在 Arduino 端撰寫了直走矯正程式修正導覽機器人的行走方向，當兩輪所讀到的數值偏差過大就做修正。

3.7 避障系統演算法

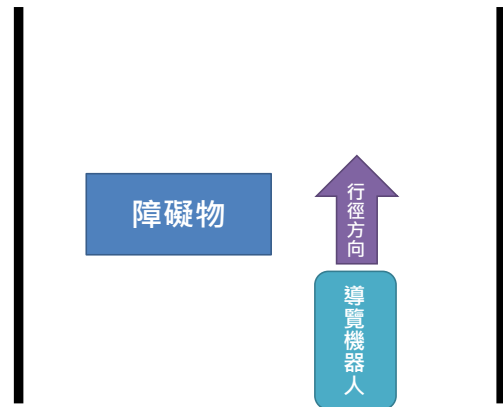
為了能使導覽機器人順利在道路上行走，避障系統是不可或缺的一項功能，我們利用較方便使用的超音波模組感測距離，配合所撰寫的避障系統演算法，以達避障功能，本節將介紹我們所撰寫的避障系統演算法。我們的避障功能主要是由超音波模組所偵測到的數值為一個觸發的依據，首先我們在導覽機器人上加裝三個超音波模組(如圖 XXX)，用來偵測前方和左右兩方的距離，在此分為兩種避障系統—前方避障、B.兩旁避障。

A. 前方避障

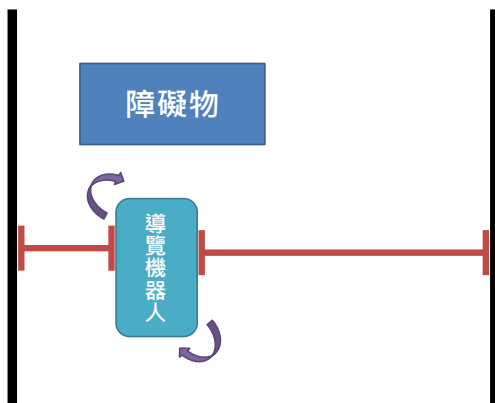
當前方的超音波模組偵測的距離小於預設值(我們預設是 50 公分)，即觸發前方避障功能 (圖 7)。首先導覽機器人從左右兩旁的超音波模組判斷哪邊的距離較大，若右邊 大於左邊 (圖 8)，則導覽機器人會先往右轉 90 度 (圖 9)。上述為右邊距離大於左邊距離的情況下，反之，導覽機器人將先左轉再右轉類推。當左方的超音波模組所偵測到的距離大於預設值時(我們預設是 50 公分)(圖 10)，則會向左轉 90 度恢復成原來行走的方向 (圖 11)。上述為右邊距離大於左邊距離的情況下，反之，導覽機器人將先左轉再右轉類推。



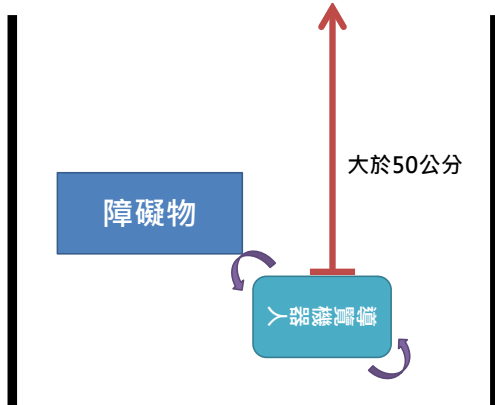
(圖 7)



(圖 10)



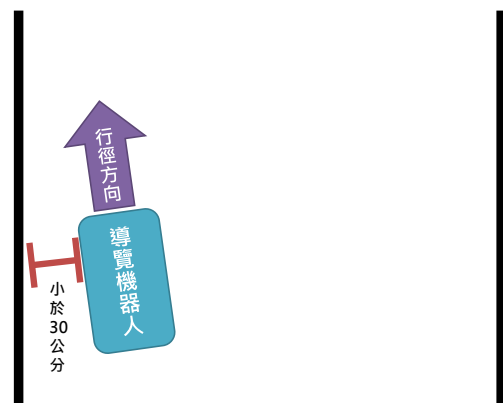
(圖 8)



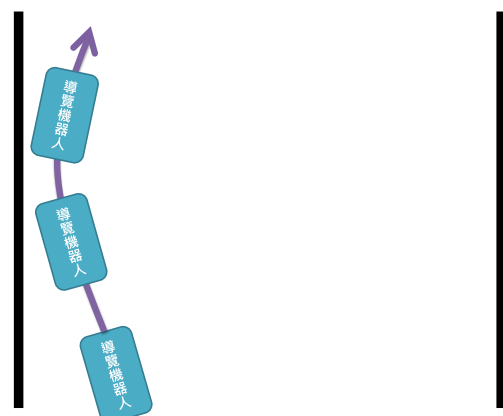
(圖 9)

B.兩旁避障

若導覽機器人的左右兩旁的超音波模組偵測到距離小於預設值時(我們預設是 30 公分)，即觸發兩旁避障功能。若導覽機器人偵測到左方距離小於預設值時 (圖 11)，則加快左輪的速度，使導覽機器人的行徑方向向右偏移 (圖 12)，直到距離大於預設值時再恢復原本的速度。上述為左邊避障的範例，反之，導覽機器人的路徑方向將向左偏移。



(圖 11)



(圖 12)

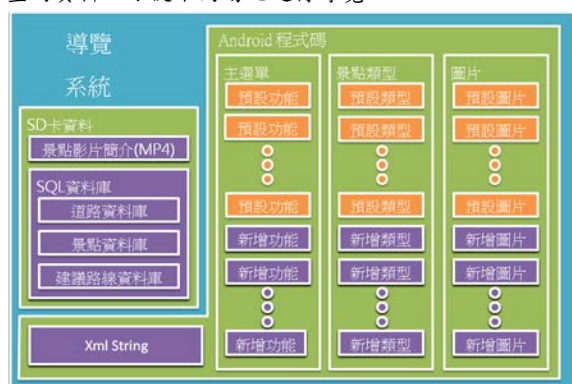
目前左右輪同步的分面我們採用配合 Encoder 矯正的方式，但這會讓導覽機器人有蛇形且效果不明顯的現象發生也是個尚未解決問題點。之後希望道路兩旁配置藍牙模組，偵測訊號的強弱，若可以將藍牙所偵測到

的訊號控制在一定範圍內，藉此修正導覽機器人的路徑，達到直走的效果。而在避障系統測試方面的結果，導覽機器人會沒有規則的亂走，真正的原因我們也不清楚，推測是超音波所接收的數值不穩定，超音波模組會異常的重新偵測，導致數值突然變小觸發避障功能，造成導覽機器人沒有規則的亂走現象發生，後來我們將避障系統演算法改為「一遇到障礙物就停止」，其效果才稍微好轉。未來希望在導覽機器人上加裝攝影機，製作視覺避障的功能，使避障系統能更加完善。

3.9 具彈性的設計

3.9.1 設計一套導覽系統的製作流程

在導覽系統的架構圖(圖 13)中，橘色的部分是不可替換的，而紫色的部分為可替換的功能，其中 Xml String 為 APP 的名稱或是其他可以修改的名稱，例如各項功能的名稱，資料庫與 SD 卡內的資料也可以依各種不同的需求做更改，本導覽系統也可以依不同的需求新增各類型的資料，方便不同場地進行導覽。



(圖 13)

3.9.2 導覽系統的彈性

本專題可以從主畫面中點選「設定」選項可以自由的選擇導覽模式，點選「模式選擇」有兩種導覽模式供訪客選擇，「手持式導覽系統」與「機器人導覽系統」功能幾乎類似，只是機器人帶領訪客前往景點的部分，需由訪客自己根據系統的提示自行前往。

3.9.3 導覽機器人的彈性

我們希望導覽機器人除了導覽之功能外還可以擴充其他的功能，抑或是在同一台 Android Pad 中能同時有不同的導覽系統。為此，本專題預設了每個導覽機器人都有一套特殊的傳值格式(圖 14)，為了不要因導覽機器人的更換而去更改以撰寫好的各項系統功能，我們特別撰寫了「機器人遙控器」此 Service。每台導覽機器人都綁定了一個機器人遙控器，當我們想更換導覽機器人時，只需將此機器人遙控器與其特殊的傳值格式做更換，而無須更動系統中的程式，以達增加導覽機器人之彈性。

「機器人遙控器」的功能為支援其他應用程式(Activity)的背景服務程序(Service)，並無實際的操作介面，只需要與「導覽機器人」溝通的軟體皆需要此背景服務程序支援(例如：在「機器人導覽模式」下的「導覽系統」)，要求服務的應用程式可以直接喚醒此背景服務程序，把要與「導覽機器人」溝通的資訊交由此背景服務程序處理，目的是使得此背景服務程序為此 Android 行動裝置對「導覽機器人」溝通的唯一窗口。

當有了機器人遙控器，替換機器人變得容易了，開發針對機器人的軟體，再也不用因為換機器人，就重新編寫一次軟體，只要更換機器人要控器，所有的軟體就能正常使用，這讓軟體的開發與維護變得更容易，也使得機器人的應用，可以更加廣泛，彈性更大。



(圖 14)

4.系統設計與架構

4.1 系統架構

整體系統架構區分為「行動控制中心」與「導覽機器人」兩部分(圖 15)，其中行動控制中心的部分透過 Wi-Fi 與可攜式 Wi-MAX 路由器溝通，藉此可以與導覽機器人溝通或與來賓互動。導覽機器人的部分 Android Pad Client 端建立 Sever，透過 Wi-Fi/WiMax 可以與行動控制中心作資訊的交換。Android Pad 也可以透過 Wi-Fi 傳達指令給 Arduino 板，對機器人下達指令。



(圖 15：整體架構)

4.2 系統架構分析

本專題在控制上同時使用了兩件 Android 行動裝置以及一個 Arduino 載板，因此在角色的分配上有些複雜，由控制中心、導覽系統與導覽機器人所組成。詳細的分層見(圖 16)與(圖 17)。



(圖 16：控制中心與導覽系統分層)



(圖 17：導覽系統與導覽機器人分層)

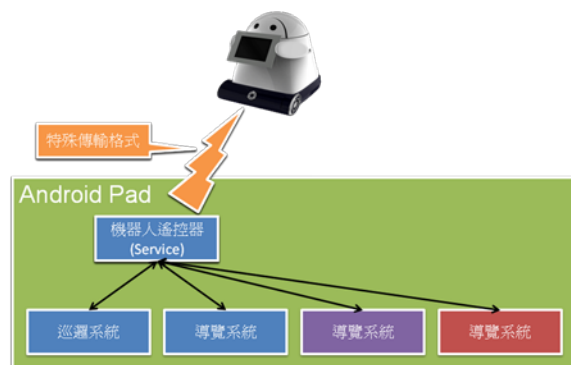
5. 貢獻

本專題製作出了機器人導覽系統，使得導覽人力的問題，得到了最好的解決方式，並且，低價的製作成本，使得量產成為了可能，讓社會更往自動化的時代邁向了一大步。

另外，在製作本專題的過程中，我們得到了一些意外的收穫，我們訂製出了導覽系統的製作流程，以及須機器人支援之軟體的製作流程，這兩個製作流程，可以幫助本專題繼續向上研發，也增加了其他相似需求的軟體開發速度。

6. 結論與未來發展

本專題已達到獨立運行、系統化的功能以及增加導覽機器人的彈性(圖 18)，導覽機器人不僅能做導覽之功用，同時還能擴充不同的導覽系統及其他的輔助系統。



(圖 18)

未來希望能擴充導覽機器人上的硬體設備，在導覽機器人上加裝喇叭、麥克風以及攝影機等設備，配合此些設備加強導覽機器人的功能，加強導覽時的流暢度，且能發展出客服系統以及巡邏系統等其他功能。另外，在未來，可以在導覽系統上希望能發展出一套軟體設備，使業者能夠動態的增減資料，達到方便製作及管理導覽系統。

7. 致謝

從題目決定、學習 Android、Arduino 及研讀各種相關知識至今一年半的時間以來，能有初步的成果，感謝指導老師鄭福炯教授的耐心指導，並在遭遇困難時給予靈感，使得能夠突破困境。

此外也要感謝 4C 實驗室裡的學長和同學不厭其煩的協助，幫忙解決各種難題，也感謝系展上給予許多寶貴意見的老師與學長，讓專題實作時對於未來的發展有更多的方向性。

8. 參考資料

[1] Gartner Says Sales of Mobile Devices Grew 5.6 Percent in Third Quarter of 2011; Smartphone Sales Increased 42 Percent
<http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1848514>

8. 參考文獻

- Murphy, Mark. Beginning Android. Springer, 2009. Print.
- Banzi, Massimo. Getting Started with Arduino. Make Books
- Jonathan Oxer; Hugh Blemings. Practical Arduino : cool projects for open source hardware. [Berkeley, CA] : Apress, ©2009.