

以 Arduino 感測系統俾利停車場資訊系統之建置

黃光宇
嶺東科技大學教授
e-mail :
kyhuang@teamail.ltu.edu.tw

陳健忠
嶺東科技大學助理教授
e-mail:
ltu092029@teamail.ltu.edu.tw

蔡佩容
嶺東科技大學碩士生
e-mail :
b7523689@gmail.com

摘要

隨著經濟蓬勃發展及自用車急速增加，人們對於車位的需求大增。每到大賣場、百貨公司或醫院等場所時，常因停車場面積過大或停放車輛過多時，需繞行整個車場找尋車位的狀況；造成浪費時間、影響逛街情緒，更間接惡化空氣品質。

因此本研究利用 Arduino 之感光模組判斷各個停車位是否有車輛停放，再透過 Arduino 之 WIFI 模組即時傳遞車位訊息至 Server-停車場車位概況平台；平台會立即判斷並統計剩餘的車位數量與位置，並利用 Dijkstra 演算法規劃停車最短路徑，即時產生停車場車位資訊概況圖，傳送至停車場車位概況之 App。

藉此，民眾無須耗費在停車場內找尋車位時間；即使在家中，也可透過本系統掌握停車場資訊，有效率的安排外出時間。

關鍵詞：Arduino、Dijkstra 演算法、App

Abstract

With the rapid economic development and increasing amount of cars, the demand needed for parking spaces increased significantly. Often because the parking area is too large or parked vehicles are too much, it needs to bypass the entire parking lot to find parking lot when we went to a supermarket, a department store or a hospital. Therefore, to spend time to find parking lot would result in a waste of time, affect the shopping mood, and also indirectly deteriorate the air quality.

Therefore, this study uses Arduino's photo-resistor module to determine whether the vehicles parking spaces were parked, and then immediately transferred the parking spaces information to the Server-parking Controlled system through the Arduino's WIFI module. This Controlled system would immediately count the remaining number and location of parking spaces, and determine the shortest parking path using Dijkstra algorithm. Then, the real-time parking lot information of profile map would be sent to

the App parking View system.

In this way, people do not need to spend time to find parking spaces in the car park. Even at home, we could master the parking lot information using App and more efficiently arrange the travel time using this proposed parking lot system.

Keywords: Arduino, Dijkstra algorithm, App

1. 緒論

1.1 研究背景、動機及目的

隨著經濟蓬勃發展以及職場和生活環境之間的改變，汽車的使用用於滿足交通便捷及舒適生活品質。因此，根據台灣交通部國內登記汽車數量統計，從80年的3,201,861輛，至105年1月為止已急速增加至7,755,790台[20]。然而，因著汽車數量不斷增加，人們雖然得以享受其便利及舒適，卻也同時因為台灣地小人稠之侷限，造成停車管理不善等問題。張美香等人[7]於1999年針對停車者的停車特性分析作探討，提出以桃園縣府前停車場及府區其他停車場的使用者為問卷對象，其中一項為停車遭遇困難。有效問卷調查結果顯示使用府前停車場(以機械式停車為主)的使用者找尋車位需花費5分鐘以上的佔7.2成，20分鐘以上的佔1.3成；而使用府區其他停車場之使用者找尋車位花費5分鐘以上的佔8.6成，20分鐘以上的佔1.9成，時間花費相當高。為此，傳統的停車場車位管理系統，藉由透過抽取號碼牌或感應裝置並轉換為剩餘車位數量等停車場資訊顯示於入口大螢幕上的方式來管理車位。雖然如此，大型公司員工上班及民眾假日到百貨公司進行休閒活動時，卻需面臨進入停車場時，因車場面積過大且停車位短缺，需繞行整個車場找尋車位的窘境；再者，大部份之停車場都是樓層式，找尋車位時間拉長，除了影響工作或休閒情緒，也會引排放廢氣過多造成環境汙染的問題。因此，如何在這些大型停車場中導引駕駛找到停車位，變成一個實際而待解決的問題。

題。

因此，許多研究學者透過智慧型運輸系統(Intelligent Transportation System，簡稱ITS)[35]中的先進用路人資訊服務系統(Advanced traveler information system，簡稱ATIS)[29]，希望讓用路人可以藉由先進資訊及通訊技術，使用路人不論於車上、家中、辦公室或室外皆可方便取得所需之即時交通資訊，作為運具、行程及路線選擇之參考，以增進用路人停車效能。為此，國內停車導引資訊之專利中，彭憲貴等人[12]於2010年提出停車空位指示裝置，施設於單一平面或分層式之停車場，主要將每一感測器單元與主控制器連接；主控制器，係與車場前置顯示螢幕連線；經由通信線路所傳回各感測器單元訊號做運算，最後再將運算結果顯示在車場前置螢幕中。螢幕內容可化分出車位總數顯示區域與尚有車位顯示區域。此一系統，雖可指引車輛駕駛人找尋適合的車位，卻無法使駕駛人進入停車場時即時掌握停車空位情況，若車位被其他車輛先行停入，一樣需耗費時間找尋車位。

而近年來由於物聯網(Internet of Things；IoT)的發展[29]，更將現實生活中的各種智能物件(Smart Object)相連接，形成普及運算(Ubiquitous Computing)的環境；在實際智能交通的應用中，透過結合不同類型感測器(Sensor)所發展出之各種應用，提供先進用路人資訊服務系統所需的相關資訊。因此，有學者[30, 26]以視覺辨識為基礎建立車位引導系統，透過停車場中架設之攝影機拍攝車位影像，經由影像識別技術來判定停車位是否停有車輛。雖然上述方式可以快速找尋到停車位，但容易受限於停車場環境(如停車場過於昏暗)所導致辨識出現誤差的問題。其他亦由學者投入如ZigBee[22-28]為基礎的車位引導系統，但面臨了ZigBee standards, small memory size的限制[38]；以及超音波[23-37]為基礎的車位引導系統，也面臨測量距離誤差易受超音波回波(擺設位置)影響之限制[27]。另有研究利用無線射頻辨識(RFID)[36][25]為基礎發展車位引導系統，雖然可以完成即時車位顯示，亦無法協助用路人停車位之路徑規劃，快速並有效地找尋到停車位。

蘇等人[9]於2014年提出車位識別系統，係設置於停車場之車位中，主要將偵測裝置係與該無線傳輸裝置連結，偵測該車位是否有車輛駛入；其中，當偵測裝置偵測到車位有車輛駛入時，會啟動定位裝置及無線傳輸裝置，使無線

傳輸裝置與駛入車輛之車主之行動裝置進行配對，並將該車位之位置之車位資訊傳送至行動裝置。透過先行配對方式，可使駕駛人不需再花費時間尋找車位，但卻無法讓駕駛人自由選擇想停之車位。為此，本研究希望藉由物聯網所提供之即時資訊、相關停車位路徑規劃機制，以及用路人App裝置，即時產生停車場停車位路徑規劃資訊至用路人App上，以有效提升停車效能。

在眾多的感測模組中，Arduino因可簡單地與感測器或各種的電子元件連接，如紅外線、超音波、熱敏電阻、光敏電阻、伺服馬達…等做出互動作品。本身價格也較一般電路板便宜。因此有利於建置各種需要感測機制的資訊系統，也可獨立運作，成為與軟體溝通的介面，Arduino為開放原始碼的單晶片微電腦，使用Atmel AVR單片機，採用開放原始碼的軟硬體平台，建構於簡易輸出/輸入(simple I/O)介面，並具有類似Java，C語言的Processing/Wiring開發環境[32]。而在Maker心中，Arduino已成為互動裝置不可或缺的工具之一。

1.2 研究目的

因此本研究利用Arduino之感光模組判斷各個停車位是否有車輛停放，並透過Arduino之WIFI模組即時傳遞車位訊息至Server-停車場車位概況平台。該Server接收車位訊息於資料庫儲存。平台會立即判斷並統計剩餘的車位數量與位置，並利用Dijkstra演算法規劃從出入口至車位的最短路徑，即時產生停車場車位資訊概況圖，傳送至停車場車位概況之APP。

藉此，民眾到達現場，就可透過停車場車位概況之App掌握停車場車位資訊。不須再耗費時間在停車場內找尋車位而影響逛街心情。即使在家中，也可透過停車場車位概況之App掌握車場停車資訊，就可安排外出時間，不須再到現場煩惱無停車位可停。

1.3 研究流程

本研究之研究流程如圖1。

第一步驟：確定本研究的研究主題，界定本研究的範圍與限制。

第二步驟：進行文獻資料收集整理：(1)收集目前相關的停車資訊系統開發及應用發展之專利，以實作為考量，參考前人專利，發展適合的資訊系統。(2)收集Arduino韌體專案平台相

關資料，找出適合的套件。(3)收集最短路徑演算法資料，已找出適合的演算法，算出從出入口到停車位的最短路徑。

第三步驟：進行系統建構，共分三個部分建置，第一部分為 Arduino 之停車場模組，模組分為(1)感光模組：判斷各個停車位是否有車輛停放。(2)WIFI 模組：傳遞車位訊息至 Server-停車場車位概況平台。第二部分為 Server-停車場車位概況平台，負責接收訊號並判斷車位的資訊概況，再利用 Dijkstra 演算法計算停車場入口至空車位之最短路徑，描繪出車位概況圖。最後一部分為停車場車位概況之 App，負責顯示停車場車位概況圖。

第四步驟：進行系統整合與實測，將系統做整合動作並將 Arduino 模組帶至實際環境進行實測，已了解系統是否有誤或誤判。

第五步驟：分析實測結果，以了解系統是否會因環境、時間的不同，而出現不一樣的結果。

第六步驟：最後進行結果與討論。

2. 文獻探討

2.1 停車場車位管理

目前既有的停車場車位管理方式是在每處停車場的出入口的裝設感測裝置，計算車子進出數量，統整剩餘車位數，顯示於資訊看板上。這種做法若遇到停滿的大量車輛時，駕駛需繞行整個停車場找尋剩餘空位，耗費不少時間，可能進而影響遊玩的情緒，因此若能為駕駛提供一套即時車位資訊系統，使駕駛可快速找到車位，不需再花費額外的時間尋找車位，如此必能改善停車場的管理及使用效率。

近年來已有相當多的專利與研究開發停車場停車位導引系統，大多的導引系統都以車位判斷是否被停與車位訊息傳遞為重。其中車位判斷方式為整個系統的主要核心，目前採用技術可分為以下幾種：

(1)以無線射頻辨識 (RFID)為基礎的車位引導系統：

是利用無線射頻辨識技術來識別車輛，使用裝設在停車場的無線射頻讀取器(reader)來讀取車輛上的無線射頻標籤(Tag)，所以其主要針對在停車空位偵測與車輛進出識別管制，對於資訊傳輸則是透過無線或有線網路來傳送。目前大部分市售的 RFID 停車管理系統，只針對車輛進出識別管制，比如說停車場的無線射頻讀取器讀取到車輛上的無

線射頻標籤，就會自動打開出入柵欄及更新車位剩餘標示看板[36][25]。

而在關於 RFID 的專利中，蔡連成於 2009 提出停車場管理系統，是以車輛到達停車場的入口時，剛入場管制裝置會輸出第一及第二 RFID 標籤，並同時新增一筆停車紀錄於該資料庫中，停車紀錄包含第一及第二 RFID 的內部識別碼；藉由該 RFID 定位裝置讀取被留於車輛上的第一 RFID 標籤，可找到該車輛所停的停車格的序號；藉由該尋車裝置讀取第二 RFID 標籤，車主可找到該車輛所停的停車格[19]。

透過上述方式可進一步整理出剩餘的停車位顯示於螢幕上供民眾參考，使民眾清楚知道剩餘的車位，但卻無法在民眾在進入停車場時，快速找尋到停車位。

(2)以視覺辨識為基礎的車位引導系統[30]：

採用影像攝影方式，透過停車場中架設之攝影機拍攝之影像，經由影像識別技術直接判定停車位是否停有車輛。目前這類電腦視覺的研究採用的技術方法有：a. 重建停車場的幾何位置結構，b.車輛移動追蹤更新，c.停車位地面顏色比對，d.車輛特徵擷取比對[9]。

李天翔於 2010 年提出以影像辨識為基礎之停車場車位管理之研究，是以影像辨識為基礎，可以即時偵測車輛進出停車位，所用的方法簡單不需大量的計算與儲存空間。先進進行停車格座標定位，經影像處理技術(影像相減、二值化)及車位辨識等步驟，快速分辨出停車空位，再結合引導燈號，讓進入車場的車輛直接至有空位的地方，如此可免除車主自己尋找車位，同時停車管理系統也記錄該車的停放位置，當車主回來取車時，可以藉由系統查詢立即知道車輛的停放區域，避免因忘記停車位置而盲目尋找[36]。透過上述方式可使民眾在進入停車場時，快速找尋到停車位，但受限於停車場環境，若停車場過於昏暗時，可能導致辨識出現誤差。

(3)以 ZigBee 為基礎的車位引導系統：

主要是利用 ZigBee 低成本、低功耗與多節點的特性，來建構停車場資料傳輸與訊息控制網路，所以其著眼於停車位資訊傳輸與停車設備(出入柵欄、計費器)及停車導引看板控制，而停車空位偵測方面，則是以非埋設式偵測技術為主[36]。

而在關於 ZigBee 的專利中，陳志勇於 2009

年提出用於停車場之智慧型導引停車之方法，是以對進入停車場之車輛配發無線通訊器與 Zigbee(短距無線通訊協定)發射單元，於停車場分別固定設置至少三組 Zigbee 感測器，並以接收訊號強度定位法則取得 Zigbee 發射單元在停車場內之座標位置，透過伺服端紀錄座標位置。伺服端就該車輛與停車位的座標位置進行比對後，對未停入至停車位之車輛發出導引訊息，並以無線方式傳遞至車輛內之無線通訊器，使該車輛依導引訊息停入空停車位[17]。

(4)以超音波為基礎的車位引導系統：

一般是在車位上方裝設超音波發射器傳送超音波，透過計算超音波遇到障礙物時折射返回的時間，算出發射器與障礙物間的距離，當計算之距離小於某個範圍時則判定已停有車輛。

許素禎於 2005 年提出地下停車場停車資訊系統之開發-應用無線感測網路技術，是以超音波感測器定位方式判斷各個停車格內車輛停放情形，結合無線傳輸技術、電子控制及網路傳輸技術開發並實作適用的無線感測網路以提供地下停車場的停車資訊，主要提供即時的地下停車場停車相關資訊，期望能有效降低停車花費時間並且提高停車場的使用效能[8]。

2.2 Arduino 硬體專案平台

Arduino 為開放原始碼的單晶片微電腦，使用 Atmel AVR 單片機，採用開放原始碼的軟硬體平台，建構於簡易輸出/輸入 (simple I/O) 介面板，並具有類似 Java，C 語言的 Processing/Wiring 開發環境。可簡單地與感測器或各種的電子元件連接，如 紅外線、超音波、熱敏電阻、光敏電阻、伺服馬達...等做出互動作品。並可獨立運作，成為與軟體溝通的介面，本身價格也較一般電路板便宜[10]，有利於建置各種需要感測機制的資訊系統。

2.2.1 Arduino 特色

Arduino 特色[4]列舉如下：

- (1)為開放原始碼的單晶片微電腦。
- (2)可使用 ISCPP 線上燒入器，將 Bootloader 燒入新的 IC 晶片。
- (3)可依據官方電路圖，加以調整電路板及元件，以符合自己實際設計的需求。
- (4)可簡單的與感測器，各式各樣的電子元件連

接，如紅外線、超音波、熱敏電阻、光敏電阻、伺服馬達等。

- (5)支援多樣的互動程式，如 Adobe Flash, Max/MSP, VVVV, Pure Data, C, Processing 等。
- (6)使用價格低廉的微處理控制器 (Atmel AVR) (ATMEGA 8,168,328 等)。
- (7)USB 介面，不需外接電源，直接透過 USB 上的電源供電。另外也提供 5V 電輸入。

應用方面，利用 Arduino，突破以往只能使用滑鼠、鍵盤、CCD 等輸入裝置的互動內容，可以更簡單地達成單人或多人遊戲互動。

2.2.2 Arduino 硬體

使用者會依自身需求，而將 Arduino 做局部修改，使得硬體外型稍微有點變化。目前常見的 Arduino 硬體與差異如表 1 所示。因此，本研究選擇 Arduino 模組作為感測裝置。不僅因模組價格合理，更因 Arduino 硬體可與各種感測元件結合，又可獨立運作，因此在系統運作上較為靈活。

2.3 最短路徑

最短路徑是在已知環境座標以及障礙物分佈模型之完整路徑圖(Road Map)的條件下，可以尋到一條最短的路徑。而目前已發展出許多相當成熟的演算法，除了典型的 Dijkstra 演算法以及 Bellman-Ford 演算法之外，還包含 Floyd-Warshall、Johnson's、A*等演算法。

2.3.1 最短路徑問題[3]

依據其設定的起點、終點數量，共可分為下列四個不同的問題種類：

- (1)固定起點 (Single source shortest path problem)：此類型問題為給定之起點找出與到任意終點之間的最短路徑。
- (2)固定終點 (Single destination shortest path problem)：此類型問題為給定一個固定終點，與固定起點的問題相反，該問題是已知固定終點，求最短路徑的問題。
- (3)固定起點到固定終點 (Single pair shortest path problem)：此類問題為最短路徑問題中最基本的一類，為找出給定之起點到終點之最短路徑。
- (4)任意起點到任意終點 (All pair shortest path

problem): 此類問題可應用(1)類問題的解法，因此只要能解決(1)類問題，即可用相同的方式重覆數次以解決此類問題。

而根據問題的不同，解決的方式就不同，如表 2 所示。

2.3.2 最短路徑演算法

最短路徑[24]常見的演算法共分以下幾種：

(1)Dijkstra 演算法：

是由荷蘭電腦科學家 Dijkstra 提出，使用了廣度優先搜尋解決非負權有向圖的單源最短路徑問題，是透過由起點向外逐一搜尋各個相鄰路網節點 (node)，並在搜尋後記錄下由起點出發至各節點的最短路徑演算法。

(2)Bellman-Ford 演算法：

是由 Richard Bellman 和 Lester Ford 所創立的，求解單源最短路徑問題的一種演算法，與 Dijkstra 演算法最大的差異即在對負權值的偵測，Dijkstra 演算法不允許路徑的 cost 為負值，但 Bellman-Ford 演算法在圖形中的路徑 cost 為負值時，仍可計算出所有的路徑。

(3)A*(A-Star)演算法：

為多個節點的路徑，求出最低通過成本的演算法。常用於遊戲中的 NPC 的移動計算，或線上遊戲的 BOT 的移動計算上。該演算法綜合了 BFS(Best First Search)和 Dijkstra 演算法的優點，在進行啟發式搜尋提高演算法效率的同時，可以保證找到一條最優路徑（基於評估函式）。

(4)Floyd-Warshall 演算法：

是解決任意兩點間的最短路徑的一種演算法，可以正確處理有向圖或負權的最短路徑問題，同時也被用於計算有向圖的傳遞封包。

(5)Johnson's 演算法：

是目前最高效的在無負環境中可帶負權重的網絡中求所有點對最短路徑的演算法。Johnson's 演算法是 Bellman-Ford 演算法，Reweighting(重賦權重)和 Dijkstra 演算法的大綜合。

本研究為規劃停車場入口至車位的路線，屬於固定起點與終點，且無負值存在，因此選用常見的 Dijkstra 演算法作為最短路徑演算法。

3 研究方法

本研究為停車場自動車位導航資訊系統，系統架構圖如圖 2 所示，共分為三個子系統：第一次系統為 Arduino 停車場車位感知暨傳輸系統，負責停車場車位偵測及傳輸。第二次系統為 Server 端停車場車位儲存暨顯示系統，負責接收訊號並判斷車位的資訊概況，再利用 Dijkstra 演算法計算停車場入口至空車位之最短路徑，描繪出車位概況圖。第三次系統則為用戶端停車場車位自動導航系統，負責顯示停車場車位概況及自動導航。詳盡介紹如下：

3.1 Arduino 停車場車位感知暨傳輸系統

為停車場車位偵測及傳輸系統，架構圖如圖 3 所示，此一次系統由兩個模組所組成；第一模組為 Arduino 感光模組，當車位有車輛駛入或離開時，感光模組狀態會隨之改變，並發出訊號。因此可清楚得知車位之狀態。另一模組為 Arduino WIFI 模組，當感光模組狀態改變，並發出訊號時，會立即透過 WIFI 模組，將訊號傳至伺服器。此次系統的組成硬體包含了 Arduino NANO、Arduino 感光模組，以及 Arduino WIFI 模組(Arduino ESP8266)，介紹如下：

3.1.1 Arduino NANO

為 Arduino 公司開發一系列產品之一，其功能與早期的 Arduino 硬體 Duemilanove 相似，差異在於體積較小，且 NANO 設計中去掉了直流電源介面，採用 Mini-B 標準的 USB 介面，如圖 4。若需功能完備，且不想將硬體直接裸露在外影響美觀，NANO 板是最為合適的。因此本系統選用 NANO 板作為硬體。NANO 主要使用的微控制器分為 ATmega328 (Arduino Nano 3.x) 和 ATmega168 (Arduino Nano 2.x) 兩種，圖 5 為 Arduino NANO 腳位示意圖，外部接腳說明如表 3 所示。

3.1.2 Arduino 感光模組

感光模組是利用光敏電阻做光線的判斷，如圖 6。而光敏電阻的原理是光導的性質，電阻值受光的強弱而影響，隨著入射光強度越強則電阻值下降，利用這個特性，可用來當作光偵測器的元件。電阻值改變範圍可從 20 M

Ω 變化至 $2K\Omega$ ，常被廣泛運作在攝影用的測光計，工業上控制電路中[6]。

本研究利用光敏電阻搭配兩顆 LED 燈做車位的判斷。當車輛駛入車位時，光敏電阻的狀態會隨之改變並發出訊號，此時當車位停入超過設定時間時，紅色 LED 會亮起代表車輛已停放完成，這時綠色 LED 燈會同時亮起代表光敏電阻發出的訊號表示正透過 Arduino 之 WIFI 模組傳入至伺服器。而伺服器根據訊號立即判斷車位是否有車輛停入或離開。

3.1.3 Arduino WIFI 模組[13]

Arduino WIFI 模組是利用 ESP8266 進行無線網路通訊，資料上傳至伺服器，如圖 7。ESP8266 不僅可連線到無線網路，也可以自己成為 AP(無線網路基地台)。它支援 TCP 和 UDP 連線，可在無線區域網路中扮演伺服器(Server)等候連入，或扮演客戶端(Client)與 Server 連線。

ESP8266 使用序列(Serial)通訊的方式，因此通訊方式和一般的 USB 通訊方式是不同的。本身共有八支接腳，接腳說明如圖 8，英文為代號名稱。圖中的 GND 代表 Ground，即電源負極接腳。VCC 則代表電源正極接腳。ESP8266 需要 3.3V (可接受範圍 1.7~3.6V)的電源輸入，若使用 5V 電源會把 ESP8266 整個燒毀！電流消耗可達 200~300mA，因此電源必須能提供足夠的電流，以確保它正常運作。ESP8266 與 Arduino 結合的電源接法如下：

- 【Arduino】3.3V → 【ESP8266】VCC
- 【Arduino】3.3V → 【ESP8266】CH_PD
- 【Arduino】GND → 【ESP8266】GND

而 ESP8266 訊號線與 Arduino 連接的接法如下：

- 【Arduino】TXD → 【ESP8266】URXD
- 【Arduino】RXD → 【ESP8266】UTXD

TX 為發送端，所以要接到 RX 接收端。

本研究透過 Arduino WIFI 模組與網頁伺服器溝通。當 Arduino 之感光模組發出訊號時，會立即透過 Arduino 之 WIFI 模組將訊號傳至網頁伺服器，而伺服器會根據訊號立即判斷車位是否有車輛停入或離開，再將之轉換為圖像，傳至行動裝置。

3.2 Server 端停車場車位儲存暨顯示系統

為負責接收由 Arduino 停車場車位感知暨

傳輸系統所傳送訊號，傳至資料庫儲存系統。其次，Server 端停車場車位顯示系統則分為下列四個頁面：

- (1)登入頁面：業者先需登入才可進入平台。
- (2)圖片上傳頁面：使用者需上傳停車場平面圖。
- (3)建立停車場概況圖頁面：業者需先於停車場平面圖標示 Arduino 之停車場模組相對應位置。
- (4)顯示停車場概況圖頁面：系統會判斷由 Arduino 之停車場模組傳送的訊號，再經由 Dijkstra 演算法計算停車場入口至空車位之最短路徑，將資訊統整後，描繪並顯示出停車場資訊概況圖，同時將概況圖傳送到停車場車位概況之 App，平台架構圖如圖 9。

3.2.1 Dijkstra 演算法

Dijkstra 演算法是由荷蘭電腦科學家 Dijkstra 於 1959 年提出的，是基於搜尋樹而發展出來的，搜尋樹本身為一個多元搜尋樹也就是每個節點的子樹可以擁有多個子樹。且搜尋樹共分為以下兩種搜尋方式[14]：

- (1)廣度優先搜尋：是指每次造訪到任一節點時，必須先把所有平行、同一階層的樹全部走訪過一次，在依序往每個節點的子樹繼續走訪，直到走訪完畢，如圖 10。
- (2)深度優先搜尋：是指每次造訪節點時，必須先把該節點下的所有子樹全部走訪過，在依序往同一階層節點的子樹繼續走訪，直到走訪完畢，如圖 11 深度優先搜尋所示。而 Dijkstra 演算法則是採用廣度優先搜尋來實作的。

3.2.2 Dijkstra 演算法定義

深度優先搜尋：是指每次造訪節點時，必須先把該節點下的所有子樹全部走訪過，在依序往同一階層節點的子樹繼續走訪，直到走訪完畢，如圖 11 深度優先搜尋所示。而 Dijkstra 演算法則是採用廣度優先搜尋來實作的。

Dijkstra 演算法是以某一節點為出發點，計算從該節點出發到所有其他節點的最短路徑。首先以某一節點當作出發點，在與其相連且尚未被選取的節點裡，計算出離出發點距離最短的節點，並且透過新增的節點更新到達其他節點的距離。如此重覆加入新節點，直

到所有的節點都被加入為止。計算距離與選點時候的步驟如圖 12。而點與點之間的距離必須是正向的數值，也就是說距離不可以為負數，否則違反 Dijkstra 演算法的基本定義。

3.2.3 Dijkstra 演算法描述

要透過 Dijkstra 演算法找出某一頂點到其他節點的最短路徑，其過程如下：

步驟 1：初始時，S 是頂點的集合，即 $S = \{v\}$ ，v 的距離 $\text{dist}[v]$ 為 0。U 包含除 v 外的其他頂點，U 中頂點 u 距離 $\text{dist}[u]$ 為邊上的權值(若 v 與 u 有邊)或 ∞ (若 u 不是 v 的邊鄰接點即沒有邊 $\langle v, u \rangle$)。

步驟 2：從 U 中選取一個距離 v ($\text{dist}[k]$) 最小的頂點 k，把 k 加入 S 中(該選定的距離就是 v 到 k 的最短路徑長度)。

步驟 3：以 k 為新考慮的中間點，修改 U 中各頂點的距離；若從原點 v 到頂點 u ($u \in U$) 的距離(經過頂點 k)比原來距離(不經過頂點 k)短，則修改頂點 u 的距離值，修改後的距離值的頂點 k 的距離加邊上的權(即如果 $\text{dist}[k] + w[k, u] < \text{dist}[u]$ ，那麼把 $\text{dist}[u]$ 更新成更短的距離 $\text{dist}[k] + w[k, u]$)。

步驟 4：重複步驟 2 和 3 直到所有頂點都包含在 S 中(要循環 n-1 次)。[24]

3.2.4 Dijkstra 演算法虛擬碼

下面的虛擬碼中， $u = \text{Extract_Min}(Q)$ 在頂點集合 Q 中搜尋有最小的 $d[u]$ 值的頂點 u。[15]

```
1 function Dijkstra(G, w, s)
2   for each vertex v in V[G] //初始化
3     d[v] := infinity //將各點的已知最短路徑先設成無窮大
4     previous[v] := undefined //各點的已知最短路徑上的權值都為未知數
5     d[s] := 0 //因為出發點到出發點間不需移動任何距離，所以可以直接將 s 到 s 的最小距離設為 0
6
7   S := empty set
8   Q := set of all vertices
9   while Q is not an empty set //Dijkstra 演算法主體
10    u := Extract_Min(Q)
11    S.Append(u)
12    for each edge outgoing from u as (u,v)
13      if d[v] > d[u] + w(u,v) //拓展邊 (u,v)，w(u,v) 為從 u 到 v 的路徑長度
14        d[v] := d[u] + w(u,v) //更新路徑長度到更小的和值
15        previous[v] := u //紀錄前權值點
```

Dijkstra 演算法通用性強，既可以解決各原點間的最短路徑問題，也可解決所有點對之間的最短路徑問題。因此本研究使用 Dijkstra 演算法規劃從停車場入口至車位的最短路徑，並將之轉換為概況圖，傳至停車場車位概

況之 App 顯示。民眾即可透過 App 得知停車場車位概況，並可快速到達車位，節省尋找車位時間。

3.3 用戶端停車場車位自動導航系統

為負責顯示由 Server 端停車場車位儲存暨顯示系統所傳送的停車場車位概況及自動導航系統。可以讓民眾在未達停車場前，即可透過此一 App 停車場車位自動導航系統清楚得知目前的停車場的車位概況。

用戶端停車場車位自動導航系統是使用 Android 作業系統作為開發系統。Android 作業系統是一套以 Linux 為基礎的開放原始碼作業系統，適用於行動裝置上，目前由開放式手持裝置聯盟和 Google 公司領導和開發。

Android 提供完整開發工具和框架，讓開發者可以快速建立行動裝置執行的應用程式。同時 Android SDK 更提供模擬器來模擬行動裝置，在沒有實體行動裝置的情況下，程式開發者依然可以進行 Android 應用程式的開發[1]。

Android 的開發環境由三個主要的部分構成，第一是 Eclipse IDE，它可以迅速並容易的 plug-in Android 開發環境，加速我們的開發速度。第二部分是 Java 的 JDK(Java Development Kit)，用來處理我們在 Android 平台上的 Java 程式。第三部分是 Android Development Tool(ADT)，提供處理 Android 相關的各種工具[32]。且以市場上的行動作業系統而言，Android 系統市占率為 51.7%，是目前市占率第一名[16]，因此本研究選用 Android 作業系統為 App 開發環境。

4 實驗結果

本研究中的 Server-停車場車位概況系統是以 ASP.net C# 與 HTML 撰寫網頁，並搭配 JavaScript 及 GDI+ 繪圖函式庫以完成訊息傳遞的即時性與概況圖的建立，後端使用 ASP.net C# 與 Microsoft SQL Server 資料庫進行連結。Arduino 之停車場模組則使用 open-source Arduino Software(IDE)。而停車場車位概況之 App 是以 Android ADT Plugin 4.2.2 撰寫。

並製作停車場模型以模擬停車場概況，如圖 13 環境佈置圖，模型中將 Arduino 之停車場模組埋藏在車位底下，只露出感光元件判斷車

位是否被停。

4.1 Arduino 之停車場模組

為停車場車位偵測系統。共分為兩部分，一部分為 Arduino 之感光模組，當車位有車輛駛入或離開時，感光模組狀態隨之改變，系統會立即發送訊息。當光敏電阻的電阻值大於設定值時，代表目前車位沒有被停，因此顯示 NO-Car，若車位被停時，則顯示 Yes-Car。當有車輛駛入車位超過 3 秒時，紅燈會立即亮起，如圖 14，代表已有車輛停入。當車輛持續停放超過 10 秒時，綠燈會立即亮起，如圖 15，代表正將訊號透過 WIFI 模組傳送至 Server-停車場車位概況平台。資料傳輸完成時，綠燈會立即熄燈，代表資料傳送完畢。

4.2 Server-停車場車位概況系統系統

負責接收由 Arduino 之停車場模組傳送的訊息，傳至資料庫，並建立停車場概況圖。停車場車為概況平台系統共分成三個頁面：(1)為上傳停車場平面圖—將停車場的平面圖上傳至平台，以利建置停車場之概況圖。(2) 建置停車場概況圖—依據上傳之停車場平面圖輸入車位數量，設定紅色方框大小以符合平面圖車位大小，並以拖拉方塊方式建立停車場平面圖上車位，並自動跳出輸入車位編號之訊息視窗方便使用者建立車位，以利完成與 Arduino 之停車場模組配對的停車場車位。(3) 將 Arduino 之停車場模組傳遞至網頁伺服器—由系統判斷車位是否被停，並轉換為對應於平面圖上的車位，若車位顯示為紅色代表車位已被停，以此讓使用者及時得知目前的車位狀況；另外系統更進一步計算並描繪出離入口至空車位最近的最短距離於停車場平面圖上，以利縮短使用者找尋車位的時間。

4.3 停車場車位概況之 App

為負責顯示由停車場車位概況平台所傳送的停車場車位概況圖。如圖 16 停車場概況之 App，App 畫面清楚呈現停車場的平面圖，車位以顏色區分，若顯示紅色代表車位已有車輛停入，因此只需點開 App 即可迅速得知目前停車場車位現況，讓民眾即使不用到達現場，也可透過 App 清楚得知目前的停車場的車位概況。另外 App 更進一步顯示從入口到車位的最短路徑，可使民眾縮短找尋車位的時間，進而減少尋找車位而造成的廢氣排放量。

5 結論及展望

由於物聯網(Internet of Things; IoT)的發展，將現實生活中的各種智能物件(Smart Object)相連接，形成普及運算(Ubiquitous Computing)的環境；在實際智能交通的應用中，透過結合不同類型感測器(Sensor)所發展出之各種應用，提供先進用路人資訊服務系統所需的相關資訊。對此本研究以物聯網為基礎，先進路人資訊系統為架構，架設用以 Arduino 之感光模組判斷各個停車位是否有車輛停放，並透過 Arduino 之 WIFI 模組即時傳遞車位訊息至 Server-停車場車位概況系統。平台會立即判斷並統計剩餘的車位數量與位置，在利用 Dijkstra 演算法規劃從出入口至車位的最短路徑，即時產生停車場車位資訊概況圖，傳送至停車場車位概況之 App。

本研究達到以下目標：

- (1)即時接收 Arduino 模組傳送之停車場車位訊號。
- (2)即時傳送停車場概況圖至 App。
- (3)減少尋找車位所耗費的時間與廢氣排放量。
- (4)不須到達現場，就可掌握停車場車位概況。
- (5)提升經營停車場系統之業者的服務品質。

然而因研究中以 Arduino 元件光敏電阻做為停車場車位判斷；有時會受限於停車場環境需於處於高度明亮，系統才能做車位判斷。因此未來將繼續尋求方法或增加感測元件來實現，使系統更為完整，讓使用者不會受限環境影響的使用本系統。

參考文獻

- [1] 江集祥，“使用 Android MID 與 Arduino 平台之行動式動作分析”，大同大學資訊工程研究所，2010。

- [2] 吳匡時、張劍平、劉士庭，“車位識別系統”，中華民國發明專利第 103213883 號，2014。
- [3] 林啟榮，“主幹導引式最短路徑搜尋演算法”，國立政治大學資訊科學系，2009。
- [4] 柯博文老師錄克軟體 CTO，“Arduino 硬體外觀”
<http://www.powenko.com/wordpress/?p=4394>
- [5] 柯博文(著)，“Arduino 互動設計專題與實戰，深入 Arduino 的全方位指南”，基峰資訊股份有限公司，2013。
- [6] 國立彰化師範大學 - 師生部落格，“光敏電阻”
“http://blog.ncue.edu.tw/sys/lib/read_attach.php?id=18087”
- [7] 張美香、陳惠國、唐治平、張惠文，“桃園縣府前停車場型態及行政園區洽公民眾停車管理評估期末報告”，國立中央大學土木工程學系，1999。
- [8] 許素禎，“地下停車場停車資訊系統之開發-應用無線感測網路技術”，國立中央大學環境工程研究所，2005。
- [9] 黃志泰，“基於無線射頻與電腦視覺技術的停車位導引系統”，運輸計劃季刊第三十九卷 第一期，2010。
- [10] 黃宏軒，“無線停車場管理方法及其系統”，中華民國發明專利第 099105198 號，2014。
- [11] 智庫百科，“Dijkstra 演算法”
<http://wiki.mbalib.com/zh-tw/Dijkstra%E7%AE%97%E6%B3%95>
- [12] 彭憲貴、黃國豪、侯志雄，“停車空位指示裝置”，中華民國發明專利第 098218814 號，2009。
- [13] 遊戲自己做！，“打造 Wifi 遙控車(之一)：使用 ESP8266 進行 Wifi 無線通訊”
<http://lets-make-games.blogspot.tw/2015/04/wifi-esp8266-wifi.html>
- [14] 管志偉，“最短路徑分析之理論與應用”，GIS MAGAZINE，30，5-8，2014。
- [15] 維基百科，“戴克斯特拉演算法”
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%88%B4%E5%85%B8%E6%96%AF%E7%89%B9%E6%8B%89%E7%AE%97%E6%B3%95>
- [16] 數位時代，“蘋果 iPhone 在美市佔續增，Android 陣營當心”
<http://www.bnext.com.tw/article/view/id/37581>
- [17] 陳智勇、程達隆、曾光正，“用於停車場之智慧型導引停車之方法”，中華民國發明專利第 098121105 號，2009。
- [18] 陳維魁、張劍平、古鈞元、陳侑榆，“植基於 RFID 條碼技術之停車場管理裝置”，中華民國發明專利第 101225310 號，2013。
- [19] 蔡連成，“停車場管理系統”，中華民國發明專利第 201108169 號，2011。
- [20] 機動車輛數常用資料查詢網頁 - 交通部統計查詢網
<http://stat.motc.gov.tw/mocdb/stmain.jsp?sys=100&funid=a3301>
- [21] Arduino - ArduinoBoardNano
<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardNano>
- [22] Hirakata, Y., Nakamura, A., Ohno, K., & Itami, M. (2012, November). Navigation system using ZigBee wireless sensor network for parking. In ITS Telecommunications (ITST), 2012 12th International Conference on (pp. 605-609). IEEE.
- [23] Idris, M. Y. I., Tamil, E. M., Noor, N. M., Razak, Z., & Fong, K. W. (2009). Parking guidance system utilizing wireless sensor network and ultrasonic sensor. Information Technology Journal, 8(2), 138-146.
- [24] ITeye 技術網站，“最短路徑算法-Dijkstra, Bellman-Ford, Floyd-Warshall, Johnson”
<http://dsqiu.iteye.com/blog/1689163>
- [25] Jian, M. S., Yang, K. S., & Lee, C. L. (2008). Modular RFID parking management system based on existed gate system integration. WSEAS Transactions on systems, 7(6), 706-716.
- [26] Jung, H. G., Kim, D. S., Yoon, P. J., & Kim, J. (2006). Structure analysis based parking slot marking recognition for semi-automatic parking system. In Structural, syntactic, and statistical pattern recognition (pp. 384-393). Springer Berlin Heidelberg.
- [27] Jiang, K., & Seneviratne, L. D. (1999). A sensor guided autonomous parking system for nonholonomic mobile robots. In Robotics and Automation, 1999. Proceedings. 1999 IEEE International Conference on (Vol. 1, pp. 311-316). IEEE.
- [28] Kulshrestha, P., Swaminathan, K., Chow, M. Y., & Lukic, S. (2009, September). Evaluation of ZigBee communication platform for controlling the charging of PHEVs at a municipal parking deck. In

Vehicle Power and Propulsion Conference, 2009. VPPC'09. IEEE (pp. 1211-1214). IEEE.

- [29] Levinson, D. (2003). The value of advanced traveler information systems for route choice. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 11(1), 75-87.
- [30] Lin, S. F., Chen, Y. Y., & Liu, S. C. (2006, October). A vision-based parking lot management system. In Systems, Man and Cybernetics, 2006. SMC'06. IEEE International Conference on (Vol. 4, pp. 2897-2902). IEEE.
- [31] Miorandi, D., Sicari, S., De Pellegrini, F., & Chlamtac, I. (2012). Internet of things: Vision, applications and research challenges. Ad Hoc Networks, 10(7), 1497-1516.
- [32] Make 國際中文版, “Arduino 控制板” <http://www.makezine.com.tw/arduino255112104626495.html>, 擷取於 104 年 12 月 01 日。
- [33] Mathur, S., Jin, T., Kasturirangan, N., Chandrasekaran, J., Xue, W., Gruteser, M., & Trappe, W. (2010, June). Parknet: drive-by sensing of road-side parking statistics. In Proceedings of the 8th international conference on Mobile systems, applications, and services (pp. 123-136). ACM.
- [34] PighiXXX <http://www.pighixxx.com/test/>
- [35] Papadimitratos, P., La Fortelle, A., Evensen, K., Brignolo, R., & Cosenza, S. (2009). Vehicular communication systems: Enabling technologies, applications, and future outlook on intelligent transportation. Communications Magazine, IEEE, 47(11), 84-95.
- [36] Pala, Z., & Inanc, N. (2007, September). Smart parking applications using RFID technology. In RFID Eurasia, 2007 1st Annual (pp. 1-3). IEEE.
- [37] Park, W. J., Kim, B. S., Seo, D. E., Kim, D. S., & Lee, K. H. (2008, June). Parking space detection using ultrasonic sensor in parking assistance system. In Intelligent Vehicles Symposium, 2008 IEEE (pp. 1039-1044). IEEE.
- [38] Yi, P., Iwayemi, A., & Zhou, C. (2011). Developing ZigBee deployment guideline under WiFi interference for smart grid applications. Smart Grid, IEEE Transactions on, 2(1), 110-12

表 1 常見 Arduino 硬體比較表[5]

	UNO	Nano	Mini	Mega2560	Leonardo
MCU	ATmega328	ATmega328	ATmega328	ATmega2560	ATmega32U4
工作電壓	5V	5V	5V	5V	5V
輸入電壓	7-12V	7-12V	7-12V	7-12V	7-12V
數位 IO 總數	14	14	14	54	20
數位 IO 總數	30(S)/3(S)	8	8	16	7
PWM	6	6	6	15	12
時脈	16M	16M	16M	16M	16M
Flash	32K(使用 2K boot loader)	32K(使用 2K boot loader)	32K(使用 2K boot loader)	256K(使用 8K boot loader)	32K(使用 4K boot loader)
SRAM	2K	2K	2K	8K	2.5K
EEPROM	1K	1K	1K	4K	1K
USB 晶片	ATmega8u2	FT232	無	ATmega8u2	ATmega32U4
特色	目前使用最多，穩定可靠	体积小，功耗低，Arduino 环境，Duemilanove 核心，使用简单	体积小，功耗低，使用简单，使用 USB 转 TTL	目前使用最多，稳定可靠	体积小，功耗低，使用简单，使用 USB 转 TTL
圖示					

表 2 最短路徑問題與解法分類

問題型態	適用演算法
固定起點固定終點	Dijkstra、Bellman-Ford、A*
固定起點	Dijkstra、Bellman-Ford
任意起點任意終點	Floyd-Warshall、Johnson's
固定終點	Floyd-Warshall、Johnson's

表 3 Arduino NANO 外部接腳說明[21]

Pin NO.	Name	Type	Description
1-2, 5-16	D0-D13	I/O	Digital input/output port 0 to 13
3, 28	RESET	Input	Reset(active low)
4, 29	GND	PWR	Supply ground
17	3V3	Output	+3.3V output (from FTDI)
18	AREF	Input	ADC reference
19-26	A0-A7	Input	Analog input channel 0 to 7
27	+5V	Output or Input	+5V output (from on-board regulator) or +5V (input from external power supply)
30	VIN	PWR	Supply voltage



圖 1 停車場資訊系統研究流程圖



圖 2 停車場自動車位導航資訊系統架構圖

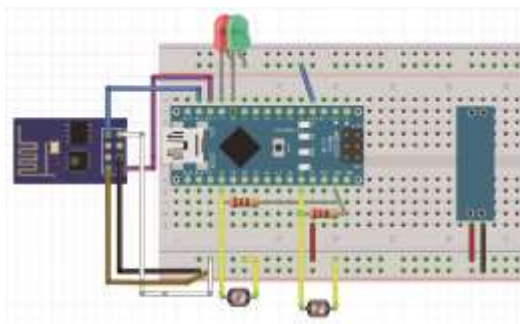


圖 3 Arduino 停車場車位感知傳輸系統架構圖

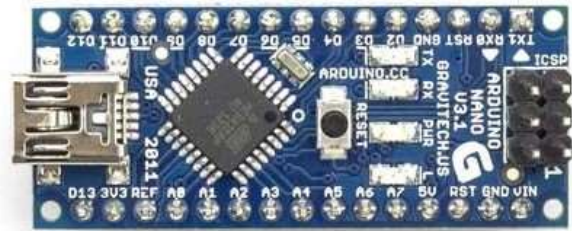


圖 4 Arduino NANO 板

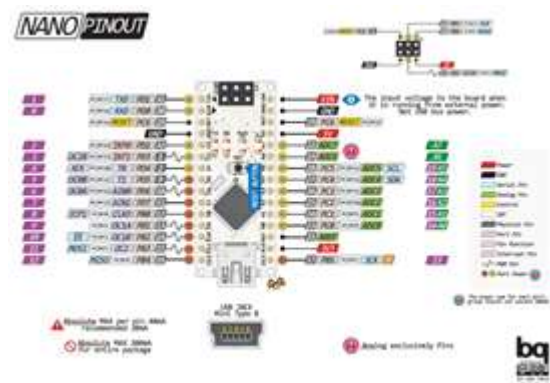


圖 5 Arduino NANO 腳位示意圖[34]

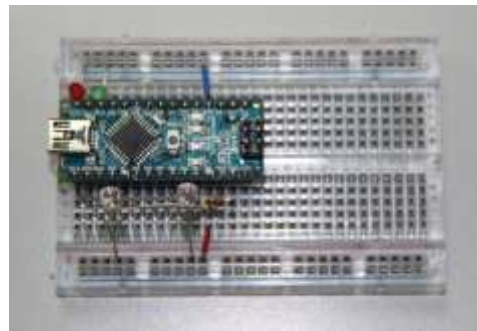


圖 6 感光模組

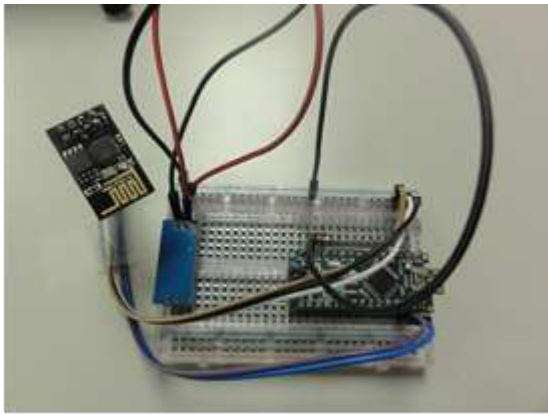


圖 7 WIFI 模組

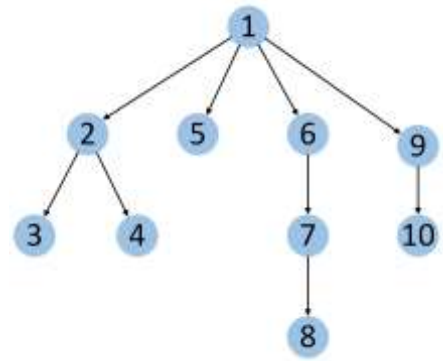


圖 11 深度優先搜尋

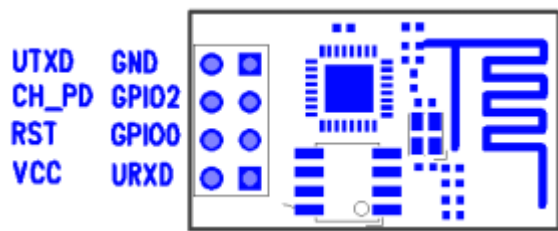


圖 8 ESP8266 接腳說明



圖 9 Server 端停車場車位儲存暨顯示系統架構圖

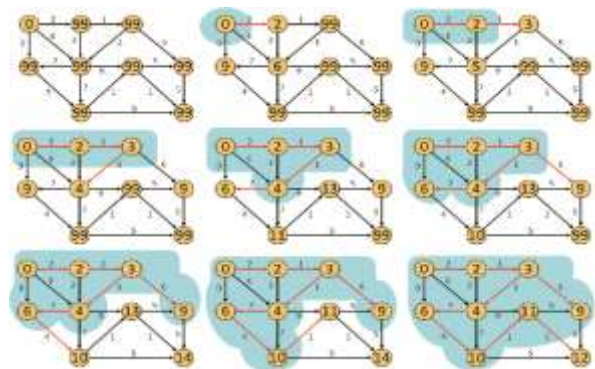


圖 12 Dijkstra 演算法動態示意圖[11]

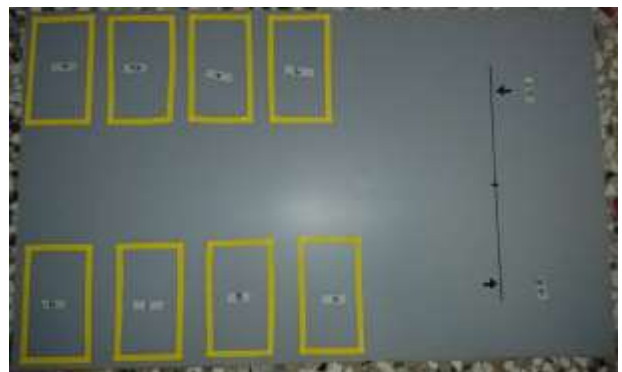


圖 13 停車場環境佈置圖

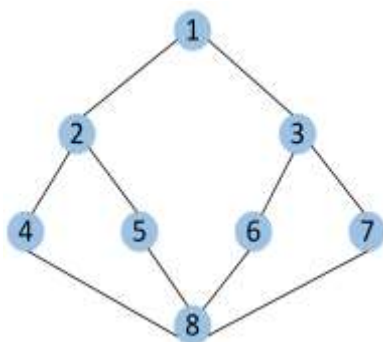


圖 10 廣度優先搜尋



圖 14 感光模組-停車概況



圖 15 感光模組-資料傳輸概況

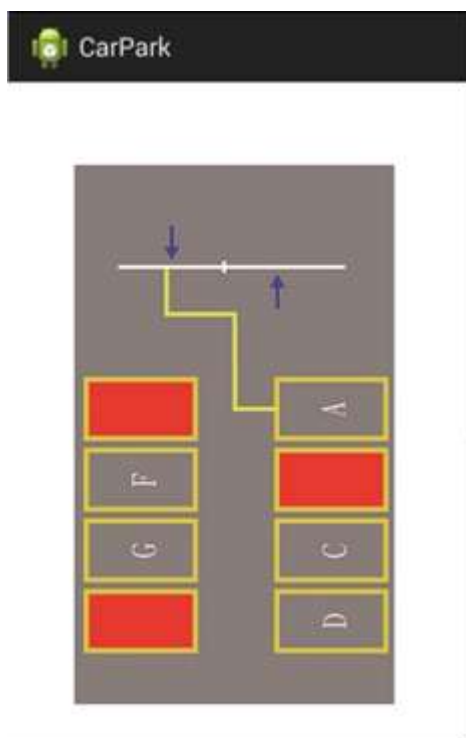


圖 16 停車場概況之 App