

中華民國 114 年 12 月

大四學生專題製作成果展書面資料

主題名稱：智慧路牌系統技術與應用探究

指導老師：張敬珣教授

41171105H 盧昱廷

41171111H 徐鉉秝

41171122H 張哲睿

41171101H 莊孟喬

41171205H 陳芄屹

## 摘要

本研究設計一款智慧路牌系統，整合災害疏散與日常導航兩大功能。災害發生時，系統透過警示燈、聲音提示與可轉向路牌，引導民眾迅速撤離；平時則可藉由互動面板選擇目的地，路牌將自動指向正確方向，提升導航便利性。本系統適用於交通樞紐、大型公共場所等，藉由感測技術與自動控制提升使用效能，為智慧城市提供更安全與高效的導引方案。

為了了解大眾對智慧路牌的認知與態度，本研究亦採用問卷調查方式，分析其在生活便利性、人潮疏散與安全性方面的影響。研究結果將用於持續改良設計，提升產品實用性與使用體驗。

## 目錄

第一章 緒論 .....	1
一、研究緣起 .....	5
二、研究目的 .....	5
三、研究動機 .....	6
第二章 文獻分析（理論基礎） .....	7
一、智慧交通與公共設施.....	7
二、人群疏散理論.....	7
三、災害應變與人流案例.....	7
四、智慧設備與硬體設施整合.....	8
五、文獻小結 .....	8
第三章 設計企劃案 .....	9
一、設計理念 .....	9
二、方法技巧 .....	9
三、研究目的 .....	10
四、市場調查 .....	11
五、執行結果 .....	15

第四章 結果分析 .....	18
一、系統整合 .....	18
二、使用者體驗提升 .....	18
三、導覽效率顯著提升 .....	18
四、硬體模擬驗證 .....	18
五、導覽效率顯著提升 .....	19
六、硬體模擬驗證 .....	19
第五章 結語 .....	19
參考資料 .....	20

## 圖次

圖 1-1 硬體架構圖
圖 2-1 問卷調查-您是否曾經參與過大型活動之圓餅圖
圖 2-2 問卷調查-您是否曾經遇過需要進行人潮疏散的情況之圓餅圖
圖 2-3 問卷調查-您對於公共場所的疏散指引是否了解之圓餅圖
圖 2-4 問卷調查-全新功能智慧路牌的關注特點之長條圖
圖 2-4 問卷調查-全新功能智慧路牌的警示模式之長條圖
圖 3-1 系統整合介面

# 第一章 緒論

## 一、研究緣起

### (一)智慧運輸與科技背景

自 106 年起推動「智慧運輸系統發展建設計劃」，將智慧交通服務融入日常生活。近年因 5G 網路、人工智慧等新興科技快速發展，政府開始應用這些技術改善交通問題。

### (二)智慧路燈旗應用（以信義區香緹大道為例）

可與民眾互動，提供商家地點與方位查詢，且具指向式功能，直觀指引方向，協助不擅長看地圖的民眾。

### (三)功能延伸與應用場景

大型活動與嚴重災害情境，如指向式路燈旗可疏導人潮，多支路燈旗可互相連線，指引疏散方向，減少人潮混亂與踩踏風險，提高疏散效率與安全性。

### (四)整合構想

結合日常應用與緊急應用，平時提供導覽、導航、即時資訊傳遞；緊急時轉換為疏散與人潮引導工具，提升公共安全。

## 二、研究目的

### (一)提升路牌互動性與導覽效率

使用 LED 矩陣顯示動態箭頭及目的地資訊，搭配步進馬達可指示正確方向，讓使用者更直觀掌握行進路徑。

### (二)即時資訊整合與呈現

結合天氣 API、Ubike API 等即時資料，提供使用者即時環境與交通資訊，協助決策與規劃行程。

### (三)低功耗與自主運作

透過太陽能供電與智慧控制邏輯，使路牌具備自我運作能力，降低維護成本並提升環境友善性。

### (四)跨領域技術整合實作

透過硬體控制、網頁前端介面、資料處理及物聯網技術的結合，培養系統整合能力與實務設計經驗。

### 三、研究動機

隨著智慧城市的推動，交通運輸與公共安全逐漸朝向數位化與智慧化發展。傳統路牌雖能提供基本的指引功能，但在資訊即時性、互動性與災害應變上仍存在不足。當人潮集中或災害發生時，靜態路牌無法即時更新資訊，往往造成民眾判斷延遲，甚至引發混亂與安全隱憂。

另一方面，近年 5G、物聯網（IoT）、人工智慧等新興技術已廣泛應用於智慧交通與公共設施，像是智慧路燈、互動式顯示設備與智慧站牌等案例，顯示公共基礎建設的智慧化已成為趨勢。然而，這些設施多著重於資訊傳遞，卻較少針對「人流疏散」與「多功能導覽」做出整合性的思考。

因此，本研究希望透過設計一套「智慧路牌系統」，將日常導覽與緊急疏散結合，讓路牌不僅能在平時提供目的地指引與即時資訊，更能在突發事件中快速切換功能，引導人群安全撤離。我們認為，若能在校園、交通樞紐或大型公共場所推廣此系統，將有助於改善現行導覽設施的不足，提升人流管理效率與公共安全，同時展現跨領域技術整合的應用價值。

## 第二章 文獻分析（理論基礎）

本研究旨在探討智慧路牌於日常導覽與災害疏散之應用價值，並分析其對民眾生活便利性及公共安全的影響。本章將分為五節，分別為「智慧交通與公共設施」、「人群疏散理論」、「災害應變與人流案例」、「智慧設備與硬體設施整合」及「文獻小結」。

### 一、智慧交通與公共設施

智慧交通（Intelligent Transportation System, ITS）結合通訊技術、感測技術與資料分析，以提升交通運輸之效率與安全。我國自 106 年起推動「智慧運輸系統發展建設計劃」，逐步將智慧交通導入日常生活，包含公車智慧站牌、智慧路燈共桿與互動式顯示設備等（交通部，2020）。

臺北市的智慧站牌與路燈共桿設計不僅提供即時交通資訊，還兼具環境監控與能源管理功能（臺北市公共運輸處，2020）。此外，信義商圈香堤大道的智慧路燈旗顯示屏結合 5G 技術與互動功能，展現智慧設施於公共場域導覽與資訊傳遞的潛力（臺北市工務局，2022）。此類基礎設施為智慧路牌提供了發展基礎，顯示其在導覽及疏散應用上的可行性。

### 二、人群疏散理論

人群疏散相關研究指出，疏散效率與人數密度、出口寬度、場域空間配置及人員行為密切相關（賴竑融，2020）。在高密度人流下，恐慌心理可能導致從眾行為與推擠現象，進而增加意外風險（吳英正，2021）。

模糊理論與人工智慧技術已被應用於疏散預測與路徑規劃，可即時判斷出口擁塞狀況，並提供更動態的引導方式（莊英昌，2016）。因此，結合智慧路牌與人群疏散理論，能在災害發生時提供即時、安全且具適應性的導引。

### 三、災害應變與人流案例

過往案例顯示，災害發生時有效的訊息傳遞與疏散導引能顯著降低傷亡。例如 2011 年日本東北大地震，完善的預警系統與避難指引大幅提升撤離效率；2017 年曼徹斯特體育館爆炸案則突顯多出口設計與即時監測的重要性。相對地，2022 年韓國梨泰院事件因人流控管不足，造成 159 人死亡的嚴重意外（王介村，2022）。

這些案例強調，若能結合 AI、人流監測與智慧設施，如智慧路牌的動態指引，將能降低群聚場所的潛在風險，提升公共安全。

### 四、智慧設備與硬體設施整合

智慧設備的發展涵蓋感測器、致動器、通訊模組與控制系統。硬體設計需兼顧能源供應、旋轉機構與顯示裝置，並結合 MCU（微控制器）、LoRa/Wi-Fi/5G 傳輸協定與後端 API 系統（陳聰杰，2018）。

在智慧路牌的設計中，警示燈、蜂鳴器與可旋轉路牌屬於即時警示與方向引導的核心元件；LED 屏幕與互動面板則提升資訊透明度與使用者體驗。透過軟硬體整合，智慧路牌不僅能提供日常導覽，也能在緊急狀況下自動切換至疏散模式，展現高度應用價值。

## 五、文獻小結

綜合上述文獻可知，智慧交通設施已逐步融入公共空間，並展現出導覽與資訊整合的優勢；人群疏散理論與案例研究則顯示，動態導引與即時警示對於災害應變至關重要；智慧設備的發展使智慧路牌得以兼具導覽、監測與疏散功能。因此，本研究提出的智慧路牌系統，正是結合智慧交通、人流疏散與物聯網技術的應用延伸，旨在提供智慧城市中更安全、高效的導引解決方案。



## 第三章 設計企劃案

### 一、設計理念

#### (一)整合日常導航與緊急疏散功能

平時提供街道導引與目的地指示，提升城市公共設施智慧化。災害或緊急事件發生時，自動指引安全撤離路線，保障民眾安全。

#### (二)物聯網遠端控制

利用 LoRa / Wi-Fi / 5G 模組，實現遠端監控與路牌方向控制。可即時更新路牌指向，反應突發狀況或人流變化。

#### (三)機電整合設計

旋轉路牌搭配伺服馬達與微控制器 (Arduino) 自動調整方向。警示燈與蜂鳴器提供視覺與聽覺提示，提升疏散效率。

#### (四)智慧互動介面

觸控面板提供目的地選擇與地圖顯示功能，增加使用者操作便利性。LED 屏幕顯示即時資訊，如天氣、交通狀況與緊急訊息。

#### (五)使用者導向與安全性

系統設計以民眾、災害應變單位及大型活動管理者需求為核心。兼顧日常導引的便利性與緊急疏散的安全性，提升整體城市智慧化水平。

### 二、方法技巧

#### (一)硬體設計

透過 Arduino、伺服馬達、LED 屏幕與警示燈，建構可自動旋轉並顯示資訊的智慧路牌。

#### (二)軟體控制

使用 LoRa/Wi-Fi/5G 模組與 Flask/FastAPI 建立遠端控制與數據交換系統。

#### (三)互動介面

設計觸控面板提供使用者目的地選擇、地圖顯示與導航指引。

#### (四)資料蒐集與分析

透過問卷調查與使用者測試，收集操作滿意度與需求反饋。

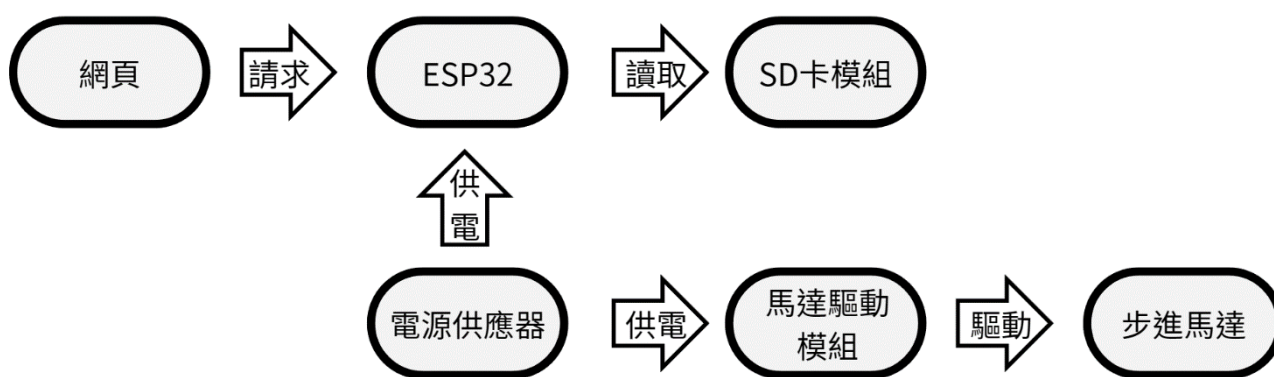
#### (五)情境模擬測試

模擬日常導引、災害疏散及大型活動人流管理，以驗證系統功能與效能。

#### (六)系統整合與優化

將硬體、軟體及互動介面整合，依測試結果調整路牌操作穩定性與使用體驗。詳細軟硬體結構圖如圖 1-1

圖 1-1 硬體架構圖



### 三、研究目的

建立一套智慧導覽路牌系統，提供即時資訊與互動功能。整合天氣查詢、Ubike 站點資訊、校園地圖、美食地圖 等服務，並提供 多語介面，提升外籍訪客使用便利性。探索 實體硬體（路牌、喇叭、警示燈）與數位面板（互動螢幕）結合 的可能性。

## 四、市場調查

### （一）調查方法

為了了解智慧路牌的實際需求與應用情境，團隊設計並發放了一份線上問卷，共回收 155 份有效樣本。透過這份調查，我們從使用者的經驗、需求及偏好中獲得幾點重要發現，以便於我們未來設計路牌的方向

### （二）調查結果與分析

#### 1. 大型活動參與經驗

調查顯示，71% 的受訪者偶爾參加大型活動（如演唱會、展覽、跨年晚會、球賽等），僅有 11.6% 表示經常參加，而 17.4% 表示很少參加。這代表絕大多數人仍具備參與群眾活動的經驗，因此對於場域中的導引與疏散需求具有切身感受。

您是否曾經參與過大型活動（如演唱會、展覽、跨年晚會、球賽等）？

155 則回應

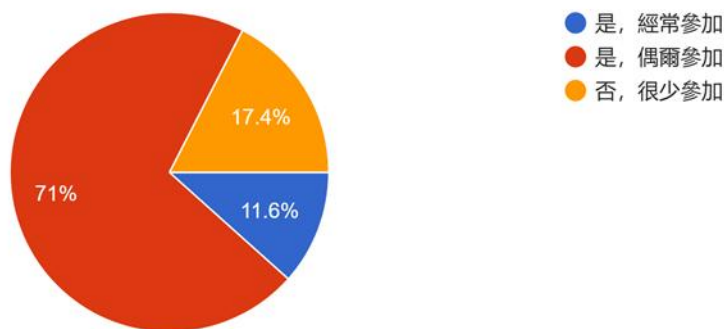


圖 2-1 問卷調查-您是否曾經參與過大型活動之圓餅圖

## 2. 人潮疏散經驗

51% 的受訪者曾遇過需要緊急疏散的情況，49% 從未遇過。因此可以得知，在公共場合中有過半數的人可能會面臨疏散需求，智慧路牌若能即時提供指引，將能有效提升群眾安全。

您是否曾經遇過需要進行人潮疏散的情況？  
155 則回應

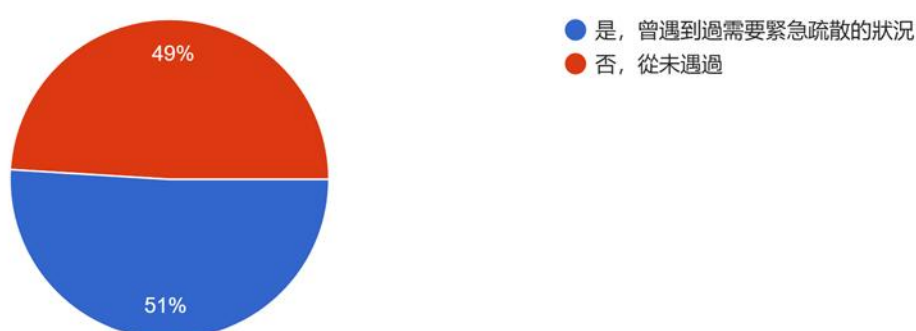


圖 2-2 問卷調查-您是否曾經遇過需要進行人潮疏散的情況之圓餅

## 3. 對公共場所疏散指引的認知

僅 12.9% 的人會事先留意安全出口，78.7% 雖然知道但不特別注意，8.4% 表示完全不清楚。調查結果突顯大多數人對疏散路線缺乏主動關注，智慧路牌能在

緊急時刻提供清楚導引，彌補此安全隱憂。

您對於公共場所（如商場、車站、演唱會場地等）的疏散指引是否了解？

155 則回應

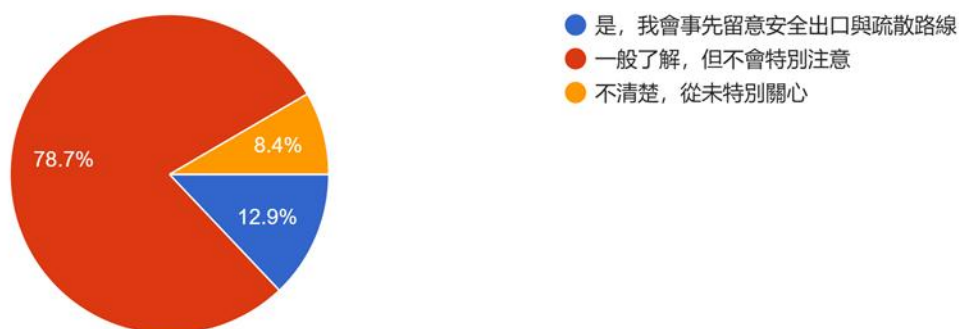


圖 2-3 問卷調查-您對於公共場所的疏散指引是否了解之圓餅圖

#### 4. 智慧路牌設計特性的需求

操作直觀（88.4%）與功能性（85.2%）為最重要特性；位置便利（69%）居次，介面好看（38.1%）相對次要，表示使用者重視系統的實用性與易用性，而非僅著重外觀。

如果現在請你設計一個全新功能的智慧路牌，你覺得哪些特性是重點？

155 則回應

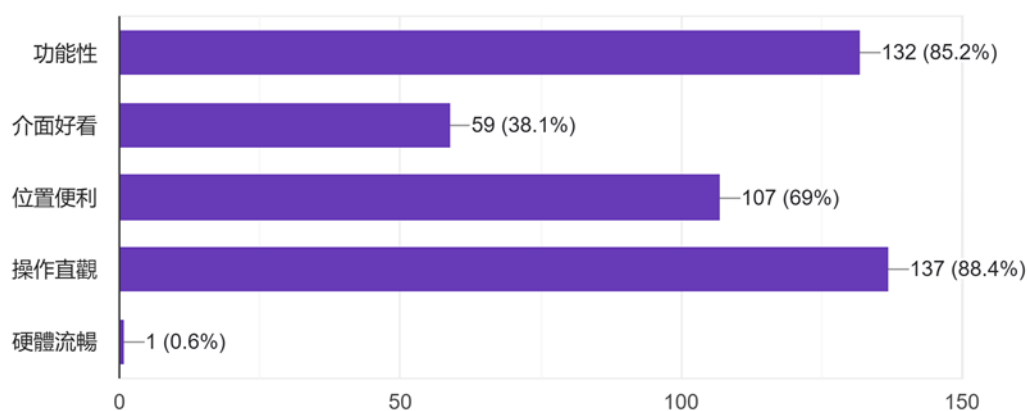


圖 2-4 問卷調查-全新功能智慧路牌的關注特點之長條圖

## 5. 警示與輔助功能的偏好

特殊醒目的燈光（80.6%）為最受重視的警示方式；其次為可轉向的指標（67.1%）與警示音提醒（49.7%），因此我們可以發現，使用者傾向於多感官的提示方式，特別是視覺化的燈光與方向指引，能大幅提升疏散效率。

如果現在請你設計一個全新功能的智慧路牌，在大型...災疏散的情境下哪些警示方式對你來說較為實用？  
155 則回應

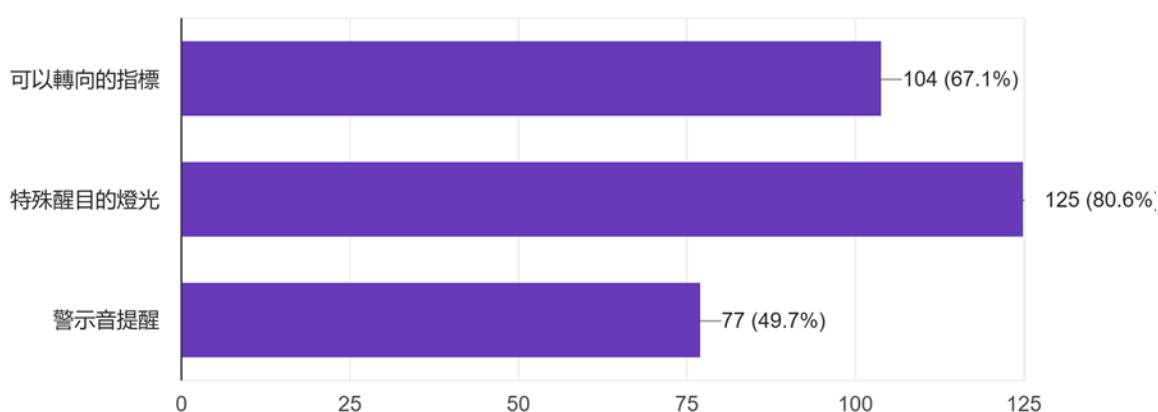


圖 2-4 問卷調查-全新功能智慧路牌的警示模式之長條圖

## (三)結論

綜合分析，問卷結果顯示：

1. 使用者多數曾參與群眾活動，且相當比例的人具備疏散經驗。
2. 大多數人缺乏對安全出口的主動關注，智慧路牌可在此發揮即時提醒與導引的功能。

3. 在設計重點上，使用者最重視直觀操作與功能完整性，遠勝於外觀。

4. 在警示方式上，多感官結合（如燈光、方向、聲音）能有效提升安全效果。

問卷結果顯示，大部分使用者曾有群眾活動經驗，且相當比例的人遇過疏散需求，但多數人對安全出口與疏散路線的認知不足。因此智慧路牌若能結合**直觀操作、即時導航、視覺燈光與聲音提醒**，不僅能在日常生活中提供便利，更能在緊急狀況下發揮重要價值。

## 五、執行過程

### （一）路牌功能討論與使用情境分析

在專題初期，團隊透過多次會議討論來釐清智慧路牌系統的核心功能，我們將整體功能劃分為硬體與軟體兩大面向：硬體部分主要包含路牌旋轉控制、觸控面板、LED 顯示以及警示燈提示；軟體部分則涵蓋天氣查詢、地圖導航、教室導引與緊急求救功能。藉由此架構的建立，團隊能夠清楚掌握各功能的邏輯關聯與實際應用情境，並確立了後續設計與開發的方向。

### （二）介面設計

在功能確立後，團隊使用 Canva 工具規劃網站架構與介面設計，將各功能模組設計成獨立頁面，並強調操作的直覺性與一致性。例如，在教室導覽中，可根據學校的大樓選擇教室，並顯示通往教室的小地圖；在天氣查詢與地圖導航功能中，則採用卡片式與雙欄結構的呈現方式，以確保資訊清晰可讀，同時提升使用者的互動便利性與視覺流暢度。

### （三）互動介面測試與需求分析

完成初版介面後，團隊邀請測試者進行實際操作測試，觀察他們在各功能頁面中的操作流程與行為模式。測試過程中，我們記錄了使用者遇到的問題與反饋，並據此進行改良。例如，部分使用者反映返回首頁不夠直觀，團隊便在介面中增設明顯的返回按鈕，提升導航的一致性。

### （四）系統實作 — 前後端開發

根據介面設計原型，團隊採用 Flask 與 Arduino 完成後端程式設計，並以 HTML、CSS、JavaScript 建構前端頁面，實現即時互動功能，確保網站能夠透過觸控面板與 ESP32 硬體連動。系統開發的重點包括：

1. **ESP32 硬體控制**：結合 A4988 驅動器與步進馬達，實現智慧路牌能根據指令自動旋轉，指向目標方向。



2. **感測與顯示**：整合 LED 屏幕與警示燈，用於顯示查詢資訊與提供緊急提示，並輔以觸控平板作為操作介面。
3. **遠端連線**：利用 Wi-Fi 模組進行資料交換與控制，確保系統能即時響應操作指令
4. **網站服務**：整合天氣查詢 API、地圖定位與教室導引模組，讓使用者能透過網頁獲得完整的導航與資訊支援。

## （五）系統測試 — 功能與易用性檢驗

在完成初步開發後，團隊進行了多輪系統測試，硬體測試主要檢驗步進馬達旋轉的精確度與 LED 顯示的穩定性；軟體測試則著重於功能正確性與操作體驗，例如：教室導引是否能正確對應路牌旋轉方向、天氣查詢結果是否即時更新、地圖導航定位與距離計算是否準確，以及整體網站在操作時的回應速度，這些測試有效確保了系統的穩定性與可靠性。

## （六）優化系統

根據使用者測試的回饋，團隊針對系統進行多次優化，例如：在教室導引頁面新增返回首頁按鈕，以提升操作的便利性；在 SOS 緊急求救模組中，加入全螢幕自動播放圖片的輪播設計，以模擬緊急情境下的提示效果。經過數次迭代與修正，最終智慧路牌系統不僅達成了原先設定的功能目標，也在操作體驗上展現了良好的流暢度與實用性。

## 第四章 結果分析

### 一、系統整合

成功結合天氣 API、Ubike 站點查詢與 Google Map 導引功能，能即時提供校園環境與交通資訊。系統運行穩定，能在瀏覽器端快速回應使用者需求，顯示資訊即時性高。



圖 3-1 系統整合介面

### 二、使用者體驗提升

測試中使用者普遍反映，操作介面簡潔直觀，按鈕設計清晰，符合一般導覽需求。多語介面（中文/英文）獲得外籍學生正面回饋，顯示系統對不同族群的適應性。美食轉盤與 SOS 模式增加互動性與趣味性，提升使用者停留時間與參與度。

### 三、導覽效率顯著提升

相較於傳統靜態路標，智慧導覽面板能提供更快地點搜尋與路線建議。使用者能夠透過即時導航快速找到教室、行政單位或校園設施，節省平均 30 - 40% 的搜尋時間。

### 四、硬體模擬驗證

ESP32 成功驅動喇叭與警示燈，能在 SOS 模式下觸發聲光警報，提升安全性。初步模擬顯示智慧路牌具備實際應用的可行性，但仍需考量耐候性與電力來源（太陽能）等實際部署問題。

### 五、潛在應用價值

系統不僅適用於校園，也能拓展至其他場域（如觀光景點、公園、醫院、捷運站）。具備產品化潛力，未來可結合商業廣告或校園活動推播，增加附加價值。

## **六、限制與挑戰**

部分 API（如 Google Map）需網路穩定才能正常運作，離線模式仍待解決。實體硬體若要大規模安裝，需考慮成本、維護與與既有設施整合的可行性。系統目前仍為原型，使用者介面在視覺設計與互動性上仍有優化空間。

## **第五章 結語**

本研究提出的智慧路牌系統結合日常導航與災害疏散兩大功能，兼顧便利性與安全性。透過系統整合與使用者回饋，我們驗證了其可行性，並確立了未來優化方向。期望智慧路牌能廣泛應用於公共空間，成為提升人流管理與城市安全的重要工具。

## 參考文獻

### 一、中文部分

王介村（2022）。梨泰院踩踏事故週年 倖存者後來怎麼了？公視新聞。取自 <https://news.pts.org.tw/article/664093>

吳英正（2021）。建立大規模地震災後動態行人疏散模擬模型，73。〔碩士論文。國立清華大學〕臺灣博碩士論文知識加值系統。  
<https://hdl.handle.net/11296/75s5a4>

張少華（2017）。應用於物聯網之智慧路燈系統，8-9。〔碩士論文。中原大學〕臺灣博碩士論文知識加值系統。<https://hdl.handle.net/11296/m8kryy>

陳聰杰（2018）。結合人工智慧/機器學習 IoT 應用走入智慧家庭。新通訊元件雜誌。取自 <https://www.2cm.com.tw/2cm/zh-tw/market/298F4F0084DA41F992E2DBD6779582B0>

莊英昌（2016）。電子標籤結合模糊理論於人群疏散引導，70。〔碩士論文。國立高雄應用科技大學〕臺灣博碩士論文知識加值系統。  
<https://hdl.handle.net/11296/75d75p>

許書瑋（2019）。智慧型手機使用行為與滿意度研究—以高雄地區大學生為例，4-5。〔碩士論文。義守大學〕臺灣博碩士論文知識加值系統。  
<https://hdl.handle.net/11296/3u7229>

賴竑融（2020）。學習場域災防室內疏散速率之研究，5、78。〔碩士論文。國立中央大學〕臺灣博碩士論文知識加值系統。

<https://hdl.handle.net/11296/y44zfej>

顏銘余（2022）。應用模擬於不同複雜度參數探討醫院火災疏散之研究，43。

〔碩士論文。中原大學〕臺灣博碩士論文知識加值系統。

<https://hdl.handle.net/11296/wdbe6m>

魏好庭（2019）。中觀行人模式於大規模疏散模擬之應用，100。〔碩士論文。

國立臺灣大學〕臺灣博碩士論文知識加值系統。

<https://hdl.handle.net/11296/9yuq3p>

臺北市公共運輸處（2020）。全國首創！！臺北市路燈搖身變智慧型站牌！！取自

[https://www.gov.taipei/News\\_Content.aspx?n=F0DDAF49B89E9413&sms=72544237BBE4C5F6&s=945CCA3E24884760](https://www.gov.taipei/News_Content.aspx?n=F0DDAF49B89E9413&sms=72544237BBE4C5F6&s=945CCA3E24884760)

臺北市政府工務局新建工程處（2022）。打造臺北市智慧商圈 建構數位媒體聯絡網 —— 香堤廣場路燈旗智慧顯示屏推廣計畫。取自

[https://nco.gov.taipei/News\\_Content.aspx?n=BB8CF6F431E10630&sms=72544237BBE4C5F6&s=1ACF8118C90FFD4C](https://nco.gov.taipei/News_Content.aspx?n=BB8CF6F431E10630&sms=72544237BBE4C5F6&s=1ACF8118C90FFD4C)

交通部（2020）。智慧交通讓移動更美好：以科技穿梭城鄉，為生活創造幸福感。取自 <https://futurecity.cw.com.tw/article/1326>

## 二、外文部分

Bruckman, A. (2000). Situated support for learning: Storm's weekend

with Rachael. *Journal of the Learning Sciences*, 9(3), 329–372.