

106-070-5453
MOTC-IOT-105-IAA004

擴增實境於交通領域之運用 -以臺北及板橋車站室內導航案為例



交通部運輸研究所

中華民國 106 年 7 月

擴增實境於交通領域之運用——以臺北及板橋車站室內導航案為例

交通部運輸研究所

定價：非賣品

106-070-5453

MOTC-IOT-104-IAA024

擴增實境於交通領域之運用 —以臺北及板橋車站室內導航案為例

著者：陳其華、王詠萱、張季倫

交通部運輸研究所

中華民國 106 年 7 月

擴增實境於交通領域之運用-以臺北及板橋車站室內導航案為例

著 者：陳其華、王詠萱、張季倫

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：10548 臺北市敦化北路 240 號

網 址：www.iot.gov.tw (中文版>圖書服務>本所出版品)

電 話：(02)23496883

出版年月：中華民國 106 年 7 月

印 刷 者：盈濤印刷品有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 5 冊

定 價：非賣品

著作財產權人：中華民國（代表機關：交通部運輸研究所）

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部分內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

交通部運輸研究所自行研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：擴增實境於交通領域之運用-以臺北及板橋車站室內導航案為例			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN (平裝)	政府出版品統一編號	運輸研究所出版品編號 106-070-5453	計畫編號 MOTC-IOT-105-IAA004
主辦單位：運輸資訊組 主管：陳其華 計畫主持人：陳其華 研究人員：王詠萱、張季倫 聯絡電話：(02)2349-6883 傳真號碼：(02)2545-0426			研究期間 自 105 年 3 月 至 105 年 12 月
關鍵詞：擴增實境、室內導航			
摘要： 臺北及板橋車站為高鐵、臺鐵及捷運共構之地下車站，為臺北市及新北市重要之交通集散點，亦為各界來往必經之地，除提供了不同交通運具間轉乘與進出外，因應旅客需求而衍生的相關店家與餐廳更是使得車站室內的空間複雜度大幅提升，也常造成民眾在室內空間迷失。 相較傳統以指標之導引方式，本計畫與臺鐵局合作，以擴增實境技術運用於室內導航，利用未來幾乎人手一機之行動裝置，提供更加準確且視覺化之路線規劃及導引服務，並以臺北及板橋車站為例，規劃建置相關設施。 本案相較其他室內導航方案，其優勢在於建置及維護成本低，佈建時間短。臺鐵局曾於台北車站小範圍試作本案，導航過程中之定位標誌辨識及即時運算導航路線時間，依手機性能差異約 1 秒內可正確完成，足以證明本案為具實用價值之室內導航解決方案。			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
106 年 7 月	57	非賣品	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
機密等級： ☐ 密 ☐ 機密 ☐ 極機密 ☐ 絕對機密 （解密條件： ☐ 年 月 日解密， ☐ 公布後解密， ☐ 附件抽存後解密， ☐ 工作完成或會議終了時解密， ☐ 另行檢討後辦理解密） ☐ 普通			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

**PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS**

TITLE: Application of augment reality in indoor navigation -Taipei Main Station and Banqiao Station			
ISBN(OR ISSN)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	IOT SERIAL NUMBER 106-070-5453	PROJECT NUMBER MOTC-IOT-105- IAA00
DIVISION: Information Systems Division DIVISION DIRECTOR: Chi-Hwa Chen PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chi-Hwa Chen PROJECT STAFF: Yung-Hsuan Wang 、 Chi-Lun Chang PHONE: (02)2349-6883 FAX: (02) 2545-0426			PROJECT PERIOD FROM 2016/3 TO 2016/12
KEY WORDS: Augment reality, Indoor navigation			
ABSTRACT: Taipei and Banqiao station are the main underground stations for the Taiwan high-speed rail, Taiwan Railway, and MRT. Those are the important traffic points for the Taipei City and the New Taipei City. In addition to providing transport modes transferred and accessed, in response to the needs of visitors and the relevant stores and restaurants are making the station room space increased significantly, and also often cause people get lost in the interior space. Compared with the traditional sign guidance, this project expands the use of AR (augment reality) technology for indoor navigation. Taking advantage of the mobile phone to provide more accurate and visual route planning and guided services. The Taipei and Banqiao station are planned as the pilot cases for the construction of related facilities. Compared with other indoor navigation programs, the advantages of this project are the low construction and maintenance costs, and the deployment time is short. The Taiwan Railway Administration has tried the case at the Taipei station, and during navigation this project can identify the navigation mark and find the navigation route completed correctly about 1 second. It's enough to prove that the project for the practical value of the indoor navigation solutions			
DATE OF PUBLICATION 2017 July	NUMBER OF PAGES 57	PRICE Not for sale	CLASSIFICATION ☐ RESTRICTED ☐ CONFIDENTIAL ☐ SECRET ☐ TOP SECRET ☐ UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

目次

第一章 緒論	1
1.1 研究背景與目的	1
1.2 研究範圍與對象	1
1.3 研究內容	2
1.4 研究方法與流程	2
第二章 現有室內定位導行方式研析	3
2.1 無線電波導向式	4
2.1.1 藍芽電波導向式	4
2.1.2 WiFi 電波導向式	6
2.2 影像辨識式	8
2.2.1 QR Code 標誌導向	8
2.2.2 環境影像辨識導向	9
2.3 慣性導航式	13
第三章 室內導航系統實作規劃	14
3.1 定位標誌	14
3.1.1 既有方案與障礙	14
3.1.2 NFT Marker 介紹	15
3.1.3 NFT Marker 產生	17
3.2 影像辨識	18
3.2.1 特徵擷取.....	18
3.2.2 特徵描述.....	22

3.2.3 特徵比對.....	22
3.3 路網規劃	24
3.3.1 路網型式.....	24
3.3.2 建立節點屬性	25
3.3.3 建立節點關聯	25
3.4 路徑尋優	26
3.4.1 搜尋方法.....	26
3.4.2 全局規劃.....	28
3.4.3 分層處理.....	29
3.4.4 局部計算.....	30
3.5 擴增實境	31
3.5.1 影像辨識.....	31
3.5.2 虛物建構.....	31
3.5.3 實境結合.....	32
3.5.4 即時互動.....	34
第四章 實地路網及導航方式規劃	35
4.1 問題描述	35
4.2 服務範圍規劃	36
4.2.1 臺北車站.....	36
4.2.2 板橋車站.....	36
4.3 路網規劃	37
4.3.1 臺北車站.....	37
4.3.2 板橋車站.....	38

4.4 導航方式規劃	41
第五章 結論與建議	44
參考文獻	46

表次

表 1 各路網型式優點比較表	25
----------------------	----

圖次

圖 1	iBeacon 室內定位導航示意圖	5
圖 2	Google 室內導航畫面圖	7
圖 3	以 QR Code 定位進行室內導航示意圖	9
圖 4	影像辨識慣性導航流程	10
圖 5	影像辨識室內導航示意圖	11
圖 6	整合 Wifi 及影像辨識進行定位	12
圖 7	環境影像特徵值辨識	12
圖 8	特徵值辨識圖形案例	16
圖 9	NFT Marker	17
圖 10	網格化及取樣	18
圖 11	數位化	19
圖 12	定義特徵點	20
圖 13	自然特徵標誌特徵點	21
圖 14	特徵值描述	23
圖 15	路網型式	24
圖 16	路徑搜尋流程	27
圖 17	樓層規劃	28
圖 18	決定最佳出入口	29
圖 19	求得最佳路徑	30
圖 20	真實比例的虛擬空間路網	32

圖 21	實境與虛擬物疊合	33
圖 22	推下一點方位及距離	34
圖 23	臺北車站 1F 路網規劃	37
圖 24	臺北車站 B1 路網規劃	38
圖 25	板橋車站 1 樓路網規劃	38
圖 26	板車車站 B1 路網規劃	39
圖 27	板橋車站 1 樓及 B1 路網規劃	39
圖 28	板橋車站 1 樓及 B1 整體路網規劃	40
圖 29	掃描定位標誌	41
圖 30	輸入目的地	42
圖 31	依指示抵達目的地	43

第一章 緒論

1.1 研究背景與目的

臺北車站、板橋車站為高鐵、臺鐵及捷運共構之地下車站，為臺北市及新北市重要之交通集散點，亦為各界來往必經之地，除提供了不同交通運具間轉乘與進出外，因應旅客需求而衍生的相關店家與餐廳更是使得車站室內的空間複雜度大幅提升，也常造成民眾在室內空間迷失，為此臺鐵局近年來除配合車站改造更新指標導引外，更規劃建內室內導航資訊系統來提供導引服務，希望藉此計畫減少旅客空間迷失的情況並且提升旅客轉乘進出之效率。

而所謂擴增實境（Augmented reality，以下簡稱 AR），是一種將虛擬的資訊，融入到使用者感官知覺上，讓使用者產生虛擬資訊與生活場景互相結合效果之技術，並產生即時的互動。透過這樣的技術，各類資訊可大量的附加到日常生活中，在行動裝置普及和穿戴式裝置日益成熟的今日，設備裝置大多同時具備了影像擷取、計算、影像顯示、GPS、網路、觸控及傾斜度偵測等等的功能，AR 技術實現的設備門檻已有所突破，並在日常各領域皆顯現了高度開發的潛力。

相較傳統以指標之導引方式，本計劃以擴增實境技術運用於室內導航，利用未來幾乎人手一機之行動裝置，提供更加準確且視覺化之路線規劃及導引服務，並以板橋車站為例，規劃建置相關設施，以期讓民眾可以透過研究成果，享受到安全、準確與創新之服務。

1.2 研究範圍與對象

本計畫研究對象為臺北車站、板橋車站室內導航系統，探討之範

圍包括室內定位與導航可用技術與建置策略分析、標誌之產生、標誌之辨識、路徑尋優演算法之設計、路網及標誌佈建規劃，並提出室內導航系統之建置規劃，以提供旅客路線規劃及導引服務。

1.3 研究內容

本計畫研究對象為臺北車站、板橋車站室內導航系統，探討之範圍為室內定位與導航標竿案例，並針對可用技術與建置進行研析，並依據研析結果，嘗試設計產生導航標誌，並依據標誌設計之結果，嘗試進行標誌之辨識方式研析，之後提出路徑尋優演算法，並提出室內導航系統之建置規劃，以提供未來建置之參考。

1.4 研究方法與流程

本研究先以本所現有之室內定位及導航案例，並針對研析結果，提出可行之室內導航規劃，包括導航標誌、標誌辨識、路徑尋優演算法、路網規劃等等，最後並提出室內導航系統之建置規劃。

第二章 現有室內定位導行方式研析

在全球衛星定位系統(GPS)裝置普及的今日，戶外的定位及導航多利用 GPS 提供之訊號進行，透過智慧型裝置，人們可以輕易知道自己身處的位置、要去地點的位置及如何到達的路徑，但是在室內場域中，GPS 有其侷限性，無法以 GPS 進行室內導航，其主要原因有二，一是因為室內無法收到衛星導航訊號，二則是因為民用 GPS 之精確度約為 10 公尺，此一精確定無法滿足室內定位之需求，但是人們在室內的場域中，更亦因方向感迷失而造成迷航之情形，是以多種室內導航之技術因應而生。

在進行室內導航的先決條件，即是要在室內環境中進行定位，是故本章先就現有室內定位及導航之方式進行研析。

現有之定位方式，大至可分為三種，一是無線電波導向式，在室內以電波發射器發射無線電波，以仿 GPS 之訊號，裝置端接收無線電波後，在三角定位方式，以取得裝置之室內定位資訊；其二為影像辨視式，以電腦視覺之方式直接辨識裝置週圍室內環境中之資訊，並與裝置資料庫中影像比對，以得出手機之位置資訊，並進行導航；其三為慣性定位式，此一方法不用接收外部的電波，而是利用裝置內的慣性元件，如加速感知器、陀螺儀等，去計算使用者裝置的移動方向和移動距離，以取得使用者之位置；以下分別就此三種室內定位方式進行研析。

2.1 無線電波導向式

以無線電波導向之技術，主要係利用無線電波在空氣中傳輸時強度的改變，裝置在接收電波時即可判斷其與無線電波發射器之距離，再以三角定位之方式，計算出裝置目前所在的位置。

依發射的電波總類，又可分為紅外線定位、射頻識別(RFID)室內定位、藍芽室內定位、Wi-Fi 室內定位、ZigBee 室內定位等等，惟考慮適用場域及建置成本，本文中將以較常見之藍芽室內定位、Wi-Fi 室內定位做為研析對象。

2.1.1 藍芽電波導向式

藍芽電波導向式之定位技術，係在室內場域中設置大量之藍芽訊號發射器，行動裝置接收各藍芽訊號發射器所發出的訊號，並根據信號的強弱，進行三角定位，定位出行動裝置所在的位置後，進行室內導航¹。

以此進行定位之優勢在於，藍牙技術以低功耗傳送信號，其已有固定的通訊協定，並有擔配的軟體和演算法，其室內定位的精度可以達到公分級，且現有大部份的行動裝置皆支持藍芽訊號接收，無需增添裝置。於 2013 年蘋果公司即推出此一方案，其系利用 iBeacon 建置一套室內定位系統，試行於美國之百貨商場，除進行定位外，更可以針對室內領域的使用者進行訊息推播。

¹ 李南逸、戴妤亘、謝忠諺、劉昱昕、郭建明，「室內導航裝置」，中華民國新型專利第 M463353 號。



圖 1 iBeacon 室內定位導航示意圖²

而藍芽技術方案之困難點在於，藍芽裝置涵蓋之範圍有限，故需設置大量之信號發射器；且此方式需要先建置室內各點位之電波強度指紋圖，而當室內場域之擺設改變，或是發射器應本身電池電量下降改變發射電波強度時，已建立之指紋圖就會失準，進而影響到定位的準確性，是故必須每季定期更新電波強度指紋圖，維護困難且成本龐大。

為此有研究針對藍芽信號發射器佈建點進行探討，將發射器佈置於室內空間之交界點，如房間門口或者樓梯之出入口，同時輔以使用者移動慣性偵測，來判斷使用者是否進入或離開了某個房間，或是上下了某個樓層，藉以追蹤人員進出場域之移動狀態³，以此方法雖可

² Chitpong Wuttanan, "Paypal Beacon and Apple iBeacon", 2014/1/6

³ 林子婷 (民 104)，使用 Bluetooth Smart 之低成本室內定位系統，國立中正大學通訊工程研究所碩士論文。

大幅降低藍芽佈建之成本，惟僅可得出人員大略之位置，而無法進行精確之導航。

亦有研究探討是否有比傳統三角定位更為精確之位置判斷法，例如利用發射器與及發射器之間訊號互相量測，來動態的了解目前室內環境之狀況，進而推測出兩發射器之間的距離，並藉由使用者可以用合作的方式相互校準彼此的位置，定出精確的定位結果⁴，惟此種方式定位運算量大，未必適用於需快速定位之室內導航系統上。

2.1.2 WiFi 電波導向式

WiFi 電波導向式之定位技術類似藍芽電波導向式，其不同在於 WiFi 電波導向式之定位電波為 WiFi 信號，亦即行動裝置接收 WiFi 電波後，以三角定位法或是以指紋資料庫比對法，找行動裝置其所在位置。

與藍芽電波定位相較，其優勢在於 WiFi 無線網路在現今環境中使用之普及率高，無需重覆建置發射器之成本，且 WiFi 信號功率較強，涵蓋面積較大，故其發射器所需個數遠少於藍芽發射器；惟因其電波強度較強，故電波反射及折射現象亦較強，更易受室內環境與人潮之影響電波強度指紋，照成定位失準之情形。

2011 年 Google 在手機地圖 6.0 版中加了室內導航功能，可以在部份國家的賣場、機場等地使用室內導航系統，其使用即是 Wifi 信號輔以室內微弱的 Gps 信號進行，其主要係以手機 wifi 裝置取得當地 wifi 路由器的 mac 位置，將 mac 地址信息上傳到 google 伺服器後，由 google 伺服器比對資料庫中所收集的位置資訊(大部份由 google 街景車運作時一併收集)，以得出行動裝置之位置⁵。

⁴ 林見璞 (民 104)，應用適應性點對點測距及三角定位之協同式藍芽室內定位系統，國立交通大學網路工程研究所碩士論文。

⁵ Google Maps Geolocation API 說明文件，

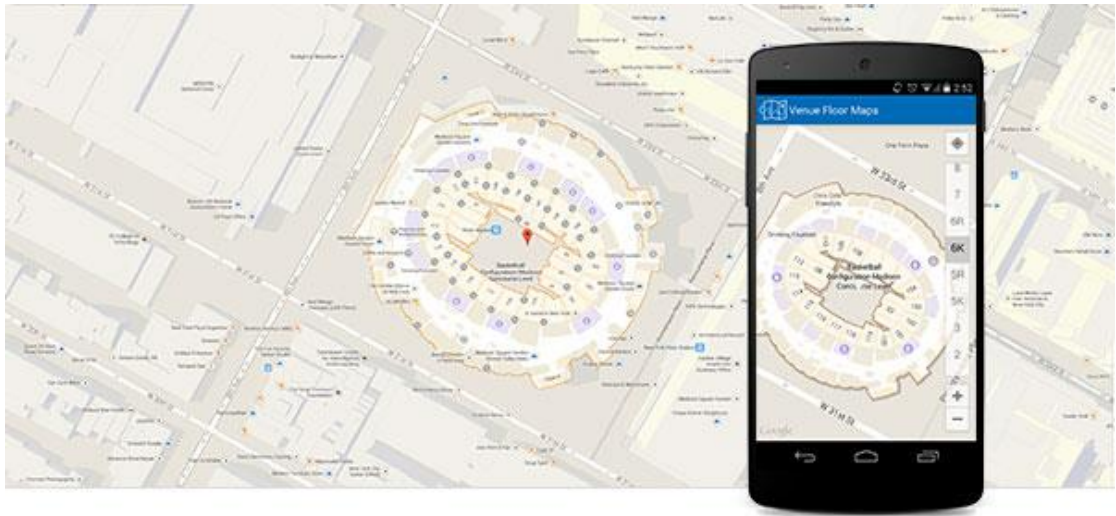


圖 2 Google 室內導航畫面圖

為了解決降低多人使用環境干擾、訊號多路徑延遲等造成電波定位失準的問題，有研究提出以卡爾曼濾波器來降低定位誤差，並在環境中擺放 QR Code，提供卡爾曼濾波器正確初值資訊來增加定位精確度⁶；惟當室內場域廣大時，要求迷路中之使用者頻繁的掃描 QR Code 來確保定位之精確度，易造成使用者之不耐，無法滿足定位導航之需求。

亦有使用 RFID 來輔助 WiFi 電波進行定位，先以 WiFi 定位方式來決定初始位置，再讀取預先設置之 RFID 地標，以定位至公分級之精準度⁷，惟此方式需大量佈建 RFID 地標，提高導航系統建置成本，削弱利用 WiFi 電波導向式節約建置成本之優勢。

<https://developers.google.com/maps/documentation/geolocation/intro?hl=zh-tw>

⁶ 林信全（民 100），WiFi 環境下利用卡爾曼濾波器的室內定位系統研究，銘傳大學資訊傳播工程學系碩士論文。

⁷ 徐敏修（民 99），FID 及 WiFi 定位技術設計自我導航機器人系統，國立交通大學資訊學院碩士在職專班資訊組碩士論文。

2.2 影像辨識式

影像辨識主要係利用電腦視覺的方式，以裝置之攝影元件拍攝使用者週圍之影像資訊後，加以辨識處理，並與資料庫之之影像資訊進行比對，以找出使用者所在之外置。與無線電波導向式相較，影像辨識之方式可更精準之定位，也無需額外加裝裝置，惟影像辨識之速度及準確性為此項技術待突破處。現行常見之影像辨識導航方式包括 QR Code 標誌導向，以及環境影像辨識導向二種。

2.2.1 QR Code 標誌導向

QR Code 標誌導向式之室內定位方式，則是透過在室內定點佈建定位標誌，以行動裝置掃描標誌，並加以辨識後，得出使用者所在之方位，藉以進行室內導航。其中因為 QR Code 具有標準規格方便進行編碼以及解碼，可大量儲存資料，故最常被使用於此類之定位標誌導向系統中。此種方式優點在於其建置僅需佈設 QR Code 標誌，其成本較無線電波導向式低廉，且後續維護亦相對容易。

標誌導向式之定位系統，可與 2D 平面圖相結合，將 2D 平面地圖儲存資訊，如 2D 平面地圖儲存資訊，如座標點、位置名稱、環境比例尺、指北方向，再利用攝影機拍攝環境中擺放的 QR Code，取得 QR Code 的資訊並與 2D 平面地圖比對，判斷目前位置，並進行室內導航⁸。

⁸ Benjamin Daniel STURGESS、James Lee BURROWS，「A mobile indoor navigation system」，patent “WO2014/128507”。

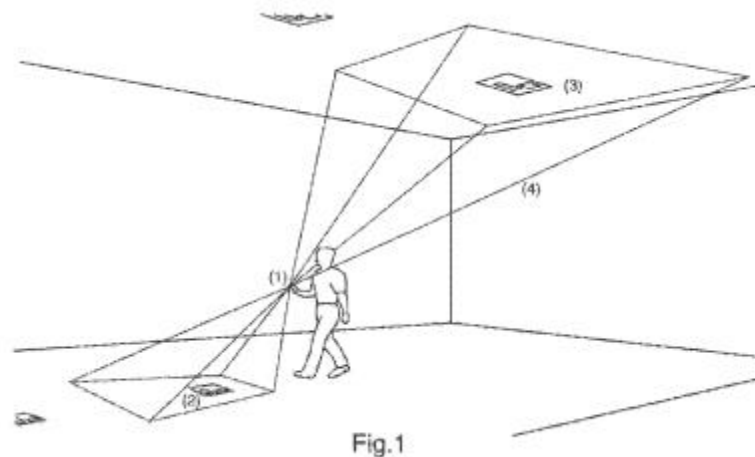


圖 3 以 QR Code 定位進行室內導航示意圖

此類標誌導向之另一優點在於導航系統裝置內無需儲存地圖資訊，而將相關位置資訊建立於環境之中，使用者於行動裝置內安裝對應之導航操作程式，透過裝置內建鏡頭讀取 QR Code 得知位置及導航訊息，即可達成導航功能。

唯此種以 QR Code 做為定位標誌之方法，受限於 QR Code 本身之抗遮蔽能力不足與其他障礙(詳參 3.1.1 節)，當室內場域廣大或人潮眾多時，常有無法正確辨識以致無法正確進行導航之問題。

2.2.2 環境影像辨識導向

此種定位方式不使用 QR Code 或是其他的導航標誌，而是以裝置之攝影元件直接拍攝環境中之影像進行比對。與 QR code 辨識導向相較，此種方式無須佈設 QR Code，且使用更加直觀、亦更為彈性化。然必須在資料庫中建置大量之影像資料，且辨識速度亦較 QR Code 慢，然未來如影像處理技術進步將此一不利因素消除後，亦有全面適用之潛力。

如蘋果公司日前即發表專利⁹，專利文件指出這項稱作「VR 慣性導航」的技術，可以經由行動裝置內的加速度計與陀螺儀，一邊以鏡頭記錄實景，一邊透過電腦系統算出定位與座標，並即時產生一套虛擬指標出現在螢幕，以達成室內導航的目的。此技術不需要 GPS 與無線電波定位，同時也能把誤差壓到以公分為單位，比現行主流的定位技術更適合室內。不過，文件也表示，由於需要即時生成 AR 並定位，這項技術在很耗能之餘，也要求極高的運算性能，定位時間也比目前的定位技術久得多¹⁰。

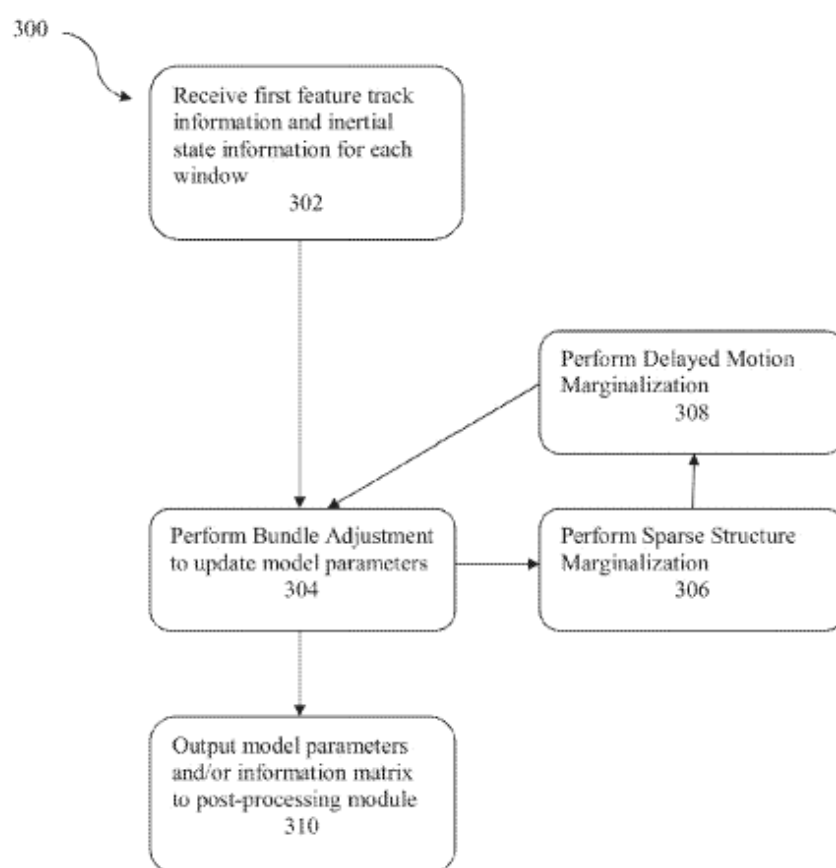


FIG. 3

圖 4 影像辨識慣性導航流程

⁹ “Visual-base inertial navigation”, US Patent US9,424,647, 2016/8/23。

¹⁰ 科技新報” 蘋果新專利可以透過 AR，實現近乎零誤差的室內導航”，2016/8/24,

<http://technews.tw/2016/08/24/applepatent-for-next-gen-indoor-mapping/>。

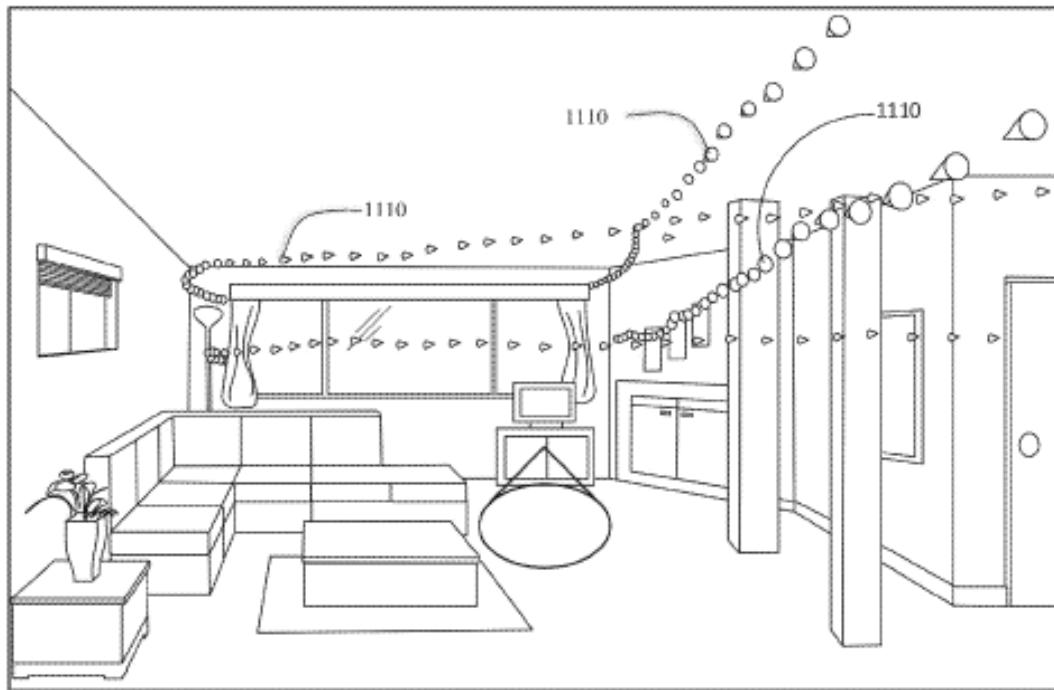


Fig. 11

圖 5 影像辨識室內導航示意圖

另一種環境影像辨識的折衷使用方式是與 Wifi 定位做整合，同時使用 Wifi 定位與影像辨識技術，取得 Wifi 定位訊號後，僅需辨識環境資訊中的特徵值訊號，以輔助 Wifi 定位之準確度即可，可縮短定位的時間，並增加整理定位之精確度¹¹。

¹¹ Wan Mohd Yaakob Wan Bejuri, Mohd Murtadha Mohamad, Maimunah Sapri and Mohd Adly Rosly (2012). Ubiquitous WLAN/Camera Positioning using Inverse Intensity Chromaticity Space-based Feature Detection and Matching: A Preliminary Result. International Conference on Man-Machine Systems 2012 (ICOMMS 2012)

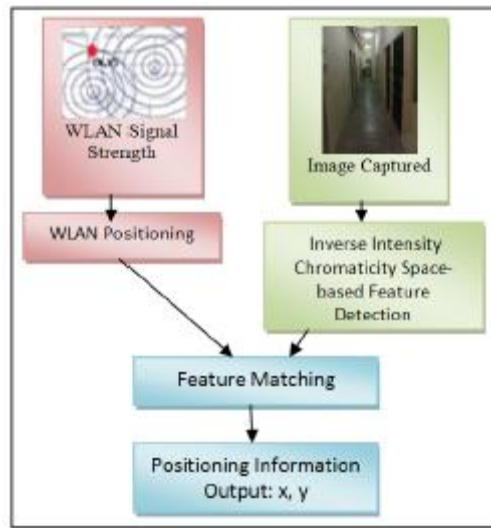


圖 6 整合 Wifi 及影像辨識進行定位

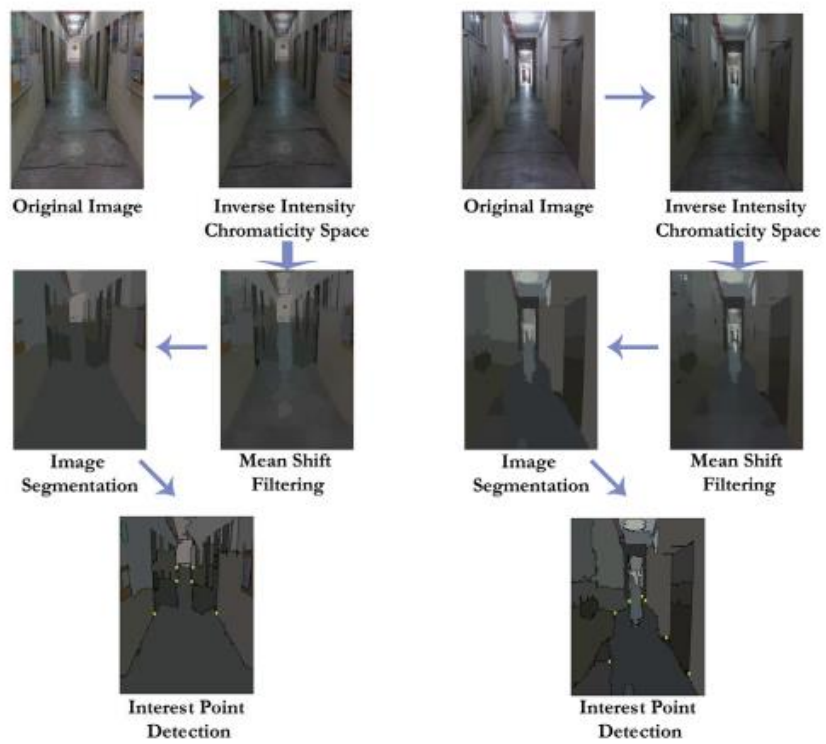


圖 7 環境影像特徵值辨識

2.3 慣性導航式

慣性導航是一種不需要外部資訊，也不需求向外部發射訊號之自主式導航系統，其原理是以牛頓力學定律為基礎的，係利用行動裝置本身之慣性元件，如加速感測器、陀螺等，測量行動裝置在慣性參考座標系中加速度，並對應所經過之時間，將它對時間進行積分，得出在座標系中之速度、方向等，進而得知行動裝置在座標系統中之位置¹²。

慣性導航之優勢在於不需額外的外部信息，不受外界電磁干擾的影響，具有很好的隱蔽性，其亦工作環境不受水陸限制，其缺點在於定位之誤差會隨時間而增大，且對初始的位置校準的要求較高，並需要不時進行校正始能得出準確之之定位資料。

因慣性導航需不時校正之原因，是故慣性導航多與前述之導航方式合併使用，如結合 Wifi 或 iBeacon 技術，可先取得 Wifi 或藍芽定位做為初始之定位資訊後，再以輔慣性導航計算移動速度，以增加導航之精確度¹³。

¹² 陳俊德，慣性導航系統動態與誤差模型之分析，2005，國立臺灣海洋大學導航與通訊系碩士論文。

¹³ 工研院新聞稿，工研院智慧室內定位技術 聰明參觀購物，2015/2/20。

第三章 室內導航系統實作規劃

第二章所述之導航系統，以電波式導航之缺點在於建置成本高、維護不易，較不適臺鐵建置室內導航規劃，而慣性導航式無法單獨使用，故本文採影像辨識式之導航，並為克服 QR Code 本身之抗遮蔽能力不足，與環境影像辨識速度不足之問題，提出具有抗遮蔽能力之擴增實境標誌(AR Marker)做為定位標誌，以及快速辨識該 AR Marker 之方法，使用者以行動裝置掃描定位標誌後，即可快速的取得所在定位點之資料，其後根據使用者輸入之導航目標資訊，透過事前的路網規劃及路徑尋優演算法，計算出最佳路徑以及需經過之導航點，最後以擴增實境之方式，將前往下一個導航點的路徑顯示在螢幕上進行室內導航。

以下各章節將分別介紹此種室內導航方法所採用定位標誌、影像辨識、路網規劃、路徑尋優及擴增實境等技術內容。

3.1 定位標誌

3.1.1 既有方案與障礙

常見用於室內導航之定位標誌大多使用 QR Code，使用 QR Code 的方便性在於 QR Code 中可以容納大量的定位資料，如該地點相對於 GPS 中之經緯度及高度等等，使用者掃描所在地點的 QR Code 標誌，即可知道相對應的位置，並做為室內導航之定位資料，且 QR Code 有統一的編碼、解碼的工業規格，易於取得及使用。

但是 QR Code 運用於定位導航上，尚有幾個未克服的難點，其一是 QR Code 辨識速度及精度之取捨問題，如採用精度準確之辨識法則需時較久，實務上有時需要等效 5~10 秒才足以辨識定位，如每個定位點皆需要 5~10 秒之時間，容易造成使用者之不耐，無法滿足迷路者之需求，其二是 QR Code 無法抗破損，當定位標誌被人群或

物品所遮蓋，或是部份被毀損時，可能無法辨識，此部分雖然可過編碼技術提高容錯率，惟於行動裝置上，因受限於手機相機解析度及圖形運算能力，實務上僅能達到 7%，亦即資料區部份面積被遮蓋達 7% 時，即無法正確辨識，且透過複雜的編碼技術反推遺失的資料，亦會延長辨識之時間，三是 QR Code 具有方向性，該 QR Code 之佈設亦需有遵造一定的方向性，且其辨識須依賴三個角落之回字型標誌，做為 QR Code 讀取方位之基準，若某一角被環境中之行人或行李等物品遮蓋時，即無法辨識讀取方位。

另也有使用 Data Matrix Code 作為定位標誌者，然 Data Matrix Code 對環境的容錯力遠較 QR Code 弱，囿於篇幅，本文不多做介紹。

3.1.2 NFT Marker 介紹

為解決 QR Code 辨識速度較慢，且無法抗遮蔽及抗破損的特性，本文提出一種自然特徵標誌(Nature Feature Tracking) 做為 AR marker，並取代 QR Code 為定位標誌的方法，並提出產生該 NFT Marker 之演算法。該自然特徵標誌係為一組以”自然特徵”取代編碼之標誌系統，原理為模仿人類視覺之識別原理，以”特徵值”辨識圖形而解碼，以為圖 8 為例，人類辨識撲克牌方塊 K，不需看到整張牌面才能識別，只要看到牌角就可得知為方塊 K，其因在於人類腦中已經記憶方塊和 K 的特徵，只要看到特徵符合，即推論為方塊 K，在有限的 52 張牌裡，這樣的推論準確率極高。



圖 8 特徵值辨識圖形案例

此外，自然特徵標誌必須具有下列特性才適合用於定位標誌，首先考慮該定位標誌係以行動裝置之攝影機拍攝後，透過電腦視覺之方式進行辨識，該自然特徵標誌必須是平面紋理、點陣格式，同時必須具備高解析度，以利設備辨識；該標誌必須具有唯一性，亦即以同樣演算法產出之自然特徵標誌，任兩者之間彼此不可相同。

因本文將自然特徵標誌應用於室內定位導航，當導航標誌可能出現破損或被遮蔽時，仍需能正確辨識，該自然特徵標誌需具備低自我相似性及高空間頻率性，亦即該自然特徵標誌中之有效特徵值，必須高密度的出現且任取該自然特徵圖案標誌一部份得出之特徵值，需與該自然特徵圖案本身之特徵相似度低，使標誌的任何一部份均具代表性。當具有上述特性之自然特徵標誌被遮蓋一部分時，仍可由其餘未

被遮蓋處，取出足夠自然特徵供比對，並得出正確的結果，故此種自然特徵標誌相較於 QR Code 或 Data Matrix Code，更具有抗遮蔽及高辨識率之功效。

3.1.3 NFT Marker 產生

依前述原則，本文提出一種產生 NFT Marker 之方法，此方法係於一方形空白區間中，依序隨機產生高密度矩形、中密度三角以及低密度之線條後，再隨機產生白與灰之顏色，最後再產生唯一之識別碼(如圖 9)，以此方法產生出之自然特徵標誌可有效的運用在室內導航中。

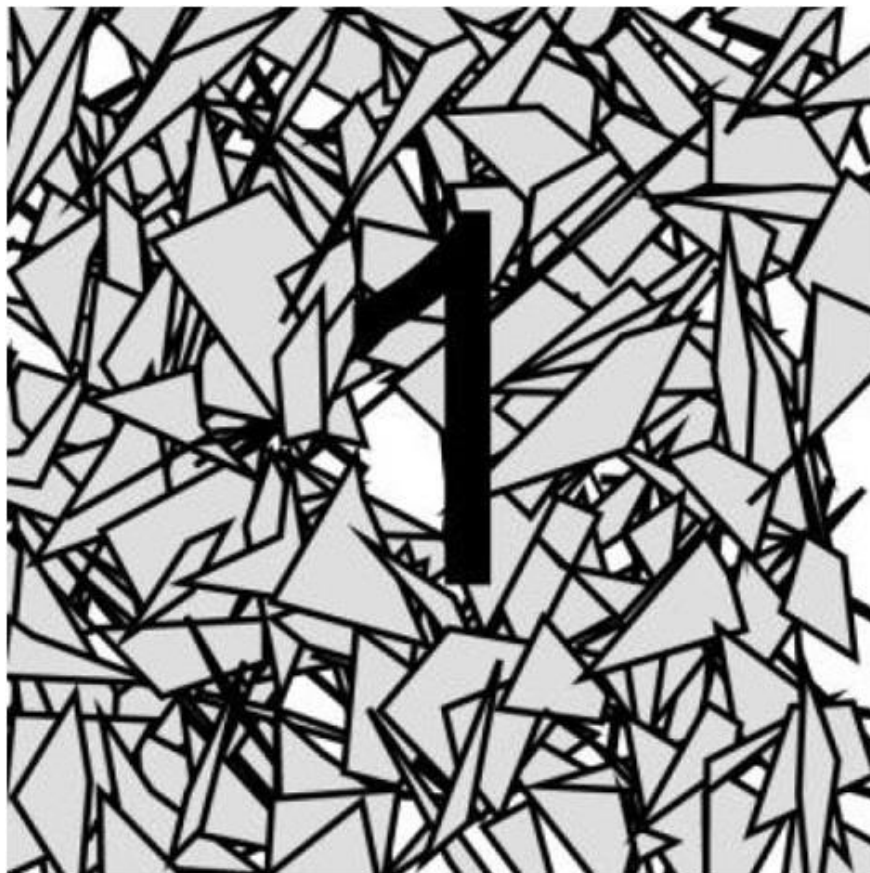


圖 9 NFT Marker

3.2 影像辨識

為配合自然特徵標誌，本文所採影像辨識方式非傳統之解碼，而是透過特徵擷取、特徵描述及特徵比對之方式進行。

3.2.1 特徵擷取

首先透過行動裝置之攝影裝置，掃描自然特徵標誌後，先將掃描後的影像灰階化，再加以網格化，取出各網格之圖像進行取樣(圖 10)，之後根據每個像素灰度值之大小，分別給於 0(黑色)至 255(白色)之標碼，並加以數位化(如圖 11)。

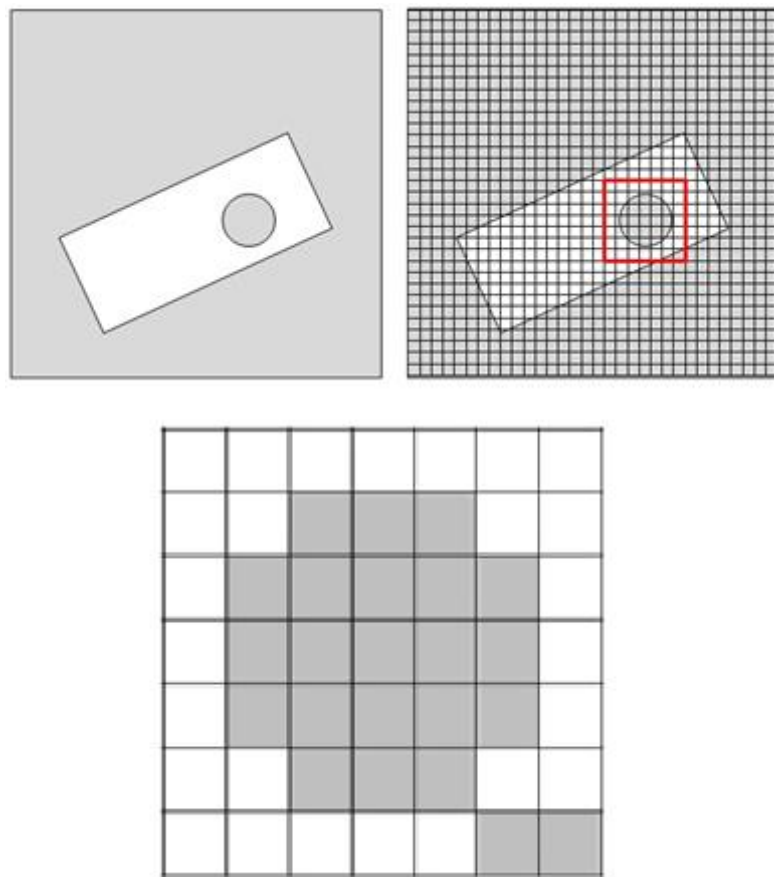


圖 10 網格化及取樣

	0					6
0	255	255	255	255	255	255
	255	255	128	128	128	255
	255	128	128	128	128	255
	255	128	128	128	128	255
	255	128	128	128	128	255
	255	255	128	128	255	255
6	255	255	255	255	255	128

圖 11 數位化

如此可取得一個 $N \times M$ 的矩陣，矩陣中的每個值分別代表一個像素點的灰度值，之後逐一比對每一像素點與相鄰像素點之差異，當差異達到門檻值時，該點計次一次，當計次數超過 4 次以上，將該點像素點定義為特徵點(如圖 12)。

	0					6
0	255	255	255	255	255	255
	255	255	128	128	128	255
	255	128	128	128	128	255
	255	128	128	128	128	255
	255	128	128	128	128	255
	255	255	128	128	255	255
6	255	255	255	255	255	128

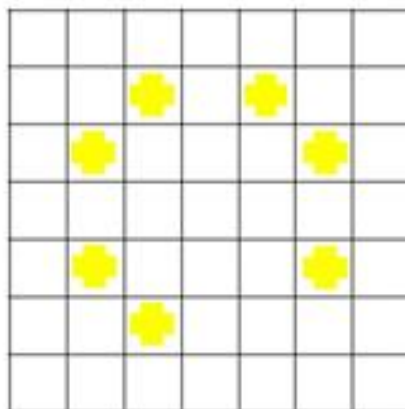
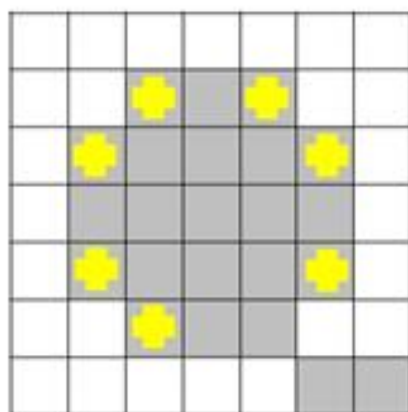


圖 12 定義特徵點

以圖中之圖形為例，該圖形經取樣及數位化後，可得出圖左邊之矩陣，該矩陣中(2,1)、(4,1)、(1,2)、(5,2)、(1,4)、(5,4)、(2,5)等 7 點，和週圍上下左右 4 點的差異達到臨界值，故可取得這 7 點做為該圖形之特徵點。

下圖為一自然特徵標誌，經特徵擷取演算法後，取得之特徵實例，圖中黃色的點即為該編碼標誌之特徵點。

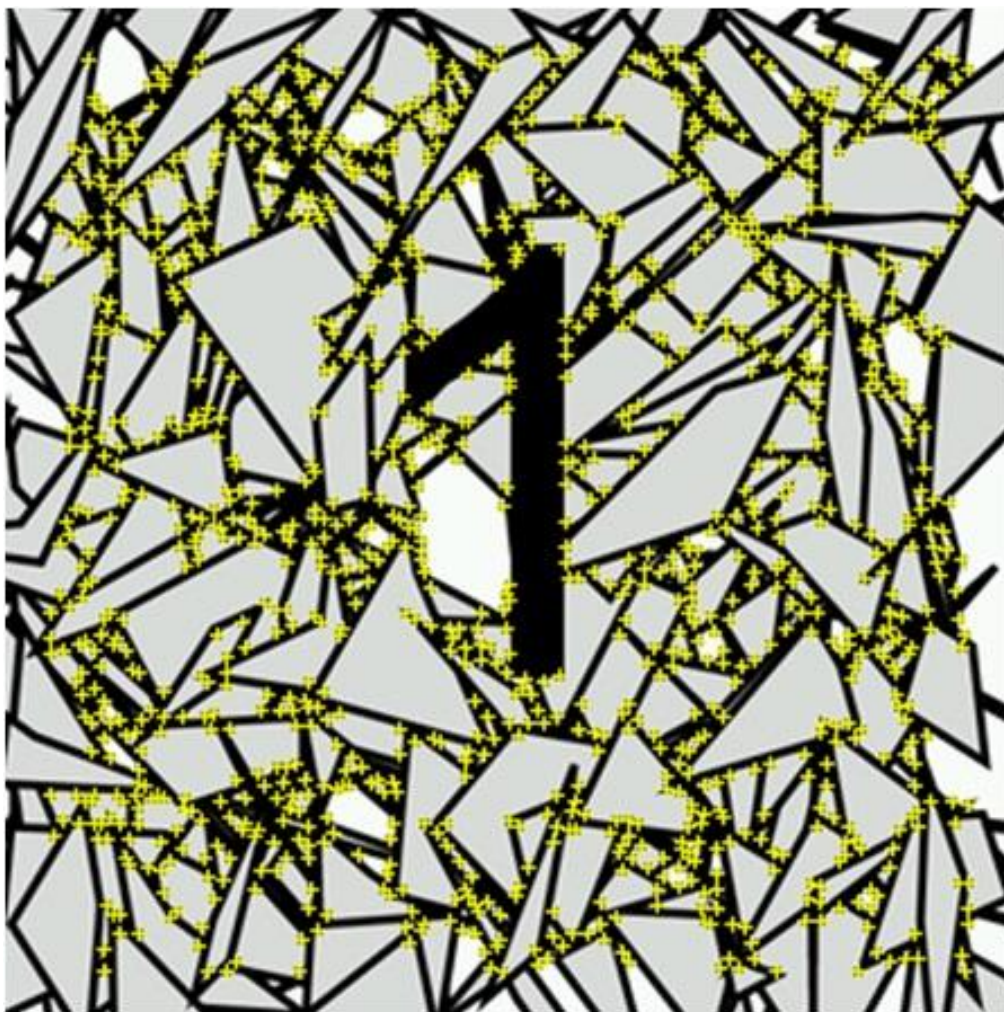


圖 13 自然特徵標誌特徵點

3.2.2 特徵描述

特徵描述主要是針對經過特徵擷取後的特徵點，區分為數個區域，並分別針對每一區域之特徵點分佈，做定量的分析，透過演算法得出一組特徵向量做為特徵值，以做為後續特徵比對之依據。

本文所採用之方法，係將自然特徵標誌區分為 36 個區域，並依每一個區域之特徵點分佈，計算其特徵點分佈之重心，以該重心與該區域中心點之向量關係作為特徵向量(如下頁圖 14 下方圖)，以此方式依序計算各區域之特徵向量後，取得總共 36 個特徵向量做為該自然特徵標誌之一組特徵描述向量(如下頁圖 14)。因為向量具有尺度不變特性，故此特徵值描述之方式，當因視角偏差造成圖像變形時，可有效修正，提高辨識之準確度。

3.2.3 特徵比對

當一組自然特徵標誌值產生完成後，即可以上述演算法針對各標誌進行特徵描述分析，取得各標誌之特徵描述向量組，並儲存於特徵資料庫中；當使用者以行動裝置掃描自然特徵標誌後，亦以同樣之方法取得該掃描標誌之特徵描述向量組後，與資料庫中之特徵向量組逐一進行內積運算後，其中運算結果值最大者，即推論其為最可能對應之標誌。自然特徵標誌遠比 QR Code 解碼複雜，透過此種比對方法可大幅增加辨識的速度。

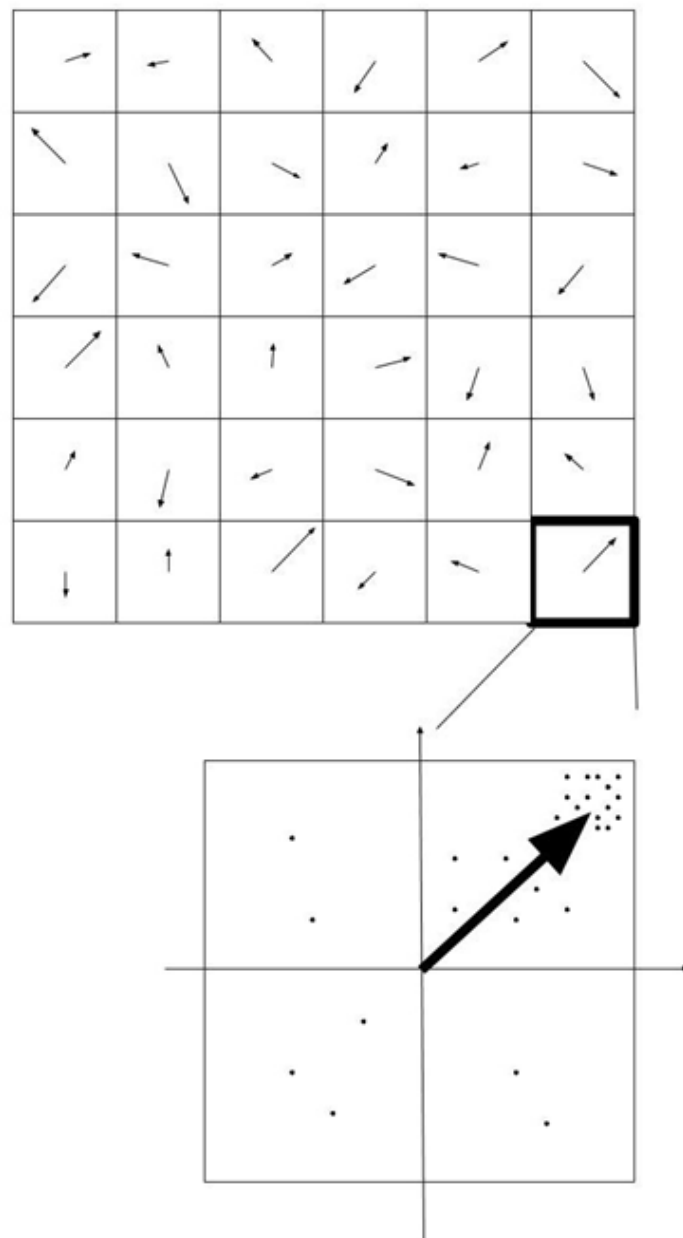


圖 14 特徵值描述

3.3 路網規劃

由於使用者必須透過掃描導航標誌進行室內導航，如何正確有效率的佈設導航標誌為主要課題之一，必須要擇定適當的路網型式，將標誌佈設於重要節點或決策點，以最少的標誌量涵蓋最多的範圍；為了指引使用者前往下一個節點，節點間的相對距離與方位亦須準確建立；未來整個尋路的過程均在路網中即時運算，各節點間的通路關聯以及屬性亦須於本階段進行設定。

3.3.1 路網型式

一般常用的路網型式為網狀路網、棋盤狀路網及指狀路網(圖 15，節點設定原則如下：

1. 所有方向決策點均為節點。
2. 直線段每隔 10 公尺設定一個節點。
3. 節點間必須能通視，若無法通視則需補上中繼節點。

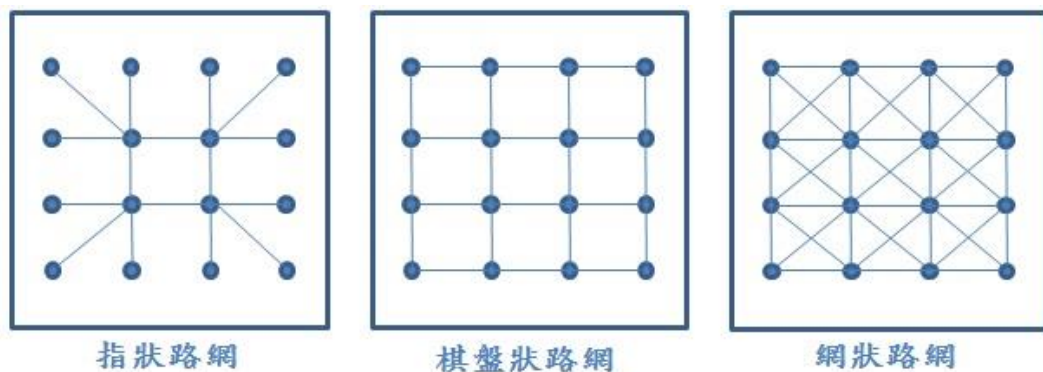


圖 15 路網型式

各路網型式優缺點如表 1 所示，考量室內場域之複雜程度、誤差量及使用者友善性，本研究採用指狀路網。

表 1 各路網型式優點比較表

路網名稱	適用複雜度	誤差量	友善性
指狀路網	中	中	中
棋盤狀路網	高	低	低
網狀路網	低	高	高

3.3.2 建立節點屬性

本文路網中節點分目標節點、出入口節點及導航節點等三種，目標節點為使用者可能會選擇的目的地，如大門、便利商店、廁所、置物櫃...等；出入口節點為使用者必須經過該點始能前往其他樓層之出入口，如電梯、電扶梯、樓梯...等，其他輔助使用者前往目的地之節點則為導航節點。

3.3.3 建立節點關聯

節點須建立彼此間的通路關聯，關聯分為雙向、單向及無關聯，使用者可以自由往來兩節點間者，為雙向關聯；使用者僅能單向前往，無法倒退者，為單向關聯；若兩節點間無法直接前往，則為無關聯。

依擇定的路網型式佈設節點，並設定其屬性及其關聯後，整體路網架構、起訖點及行走方向均規劃完成，即可供路徑尋優之用。

3.4 路徑尋優

當人在室內行走時，除了在所在樓層做平面移動外，樓層與樓層間還有垂直移動，因此室內導航兩點間的路徑搜尋，為三度空間之路徑尋優過程，傳統 A* 或 Dijkstra 等網格式的路徑搜尋演算法，在室內導航的運算效能上表現並不理想，因此本研究提出一種路徑搜尋的演算法，透過全局規畫、分層處理及局部計算等三步驟，將三度空間的路徑尋優過程降為兩個二度空間路徑尋優組合，以縮小求解空間，增加運算效能。

3.4.1 搜尋方法

於本文中，任何平面路網的路徑搜尋流程如下頁圖 16 所示，說明如下：

1. 根據目前所在節點找到可通行之關聯節點。
2. 計算各關聯結點與目標節點之距離，距離最短者為下一節點。
3. 前進至下一節點。
4. 若目前所在節點無可通行之關聯節點，標記目前節點為無效節點。
5. 退回上一節點。

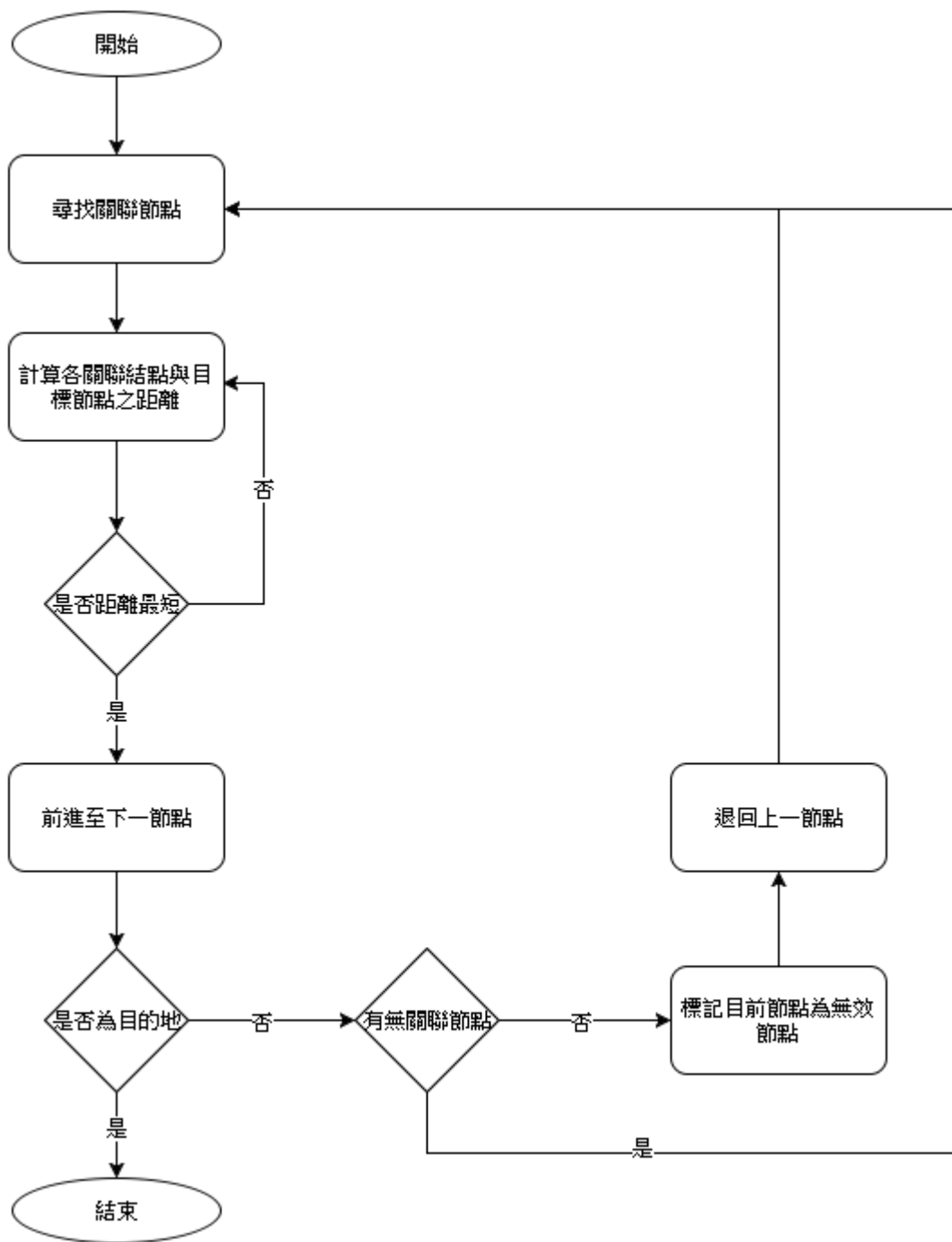


圖 16 路徑搜尋流程

3.4.2 全局規劃

如圖 17 所示，先將所有樓層都視為一個節點，節點間之通路關聯比照 3.3.4 之方式建立，各樓層間的關聯即可視為一個平面路網，若起點為 A 與迄點為 H，透過 3.4.1 之方法搜尋最佳路徑，即可得出需經過 A->B->C->F->G->J->I->H 等樓層。

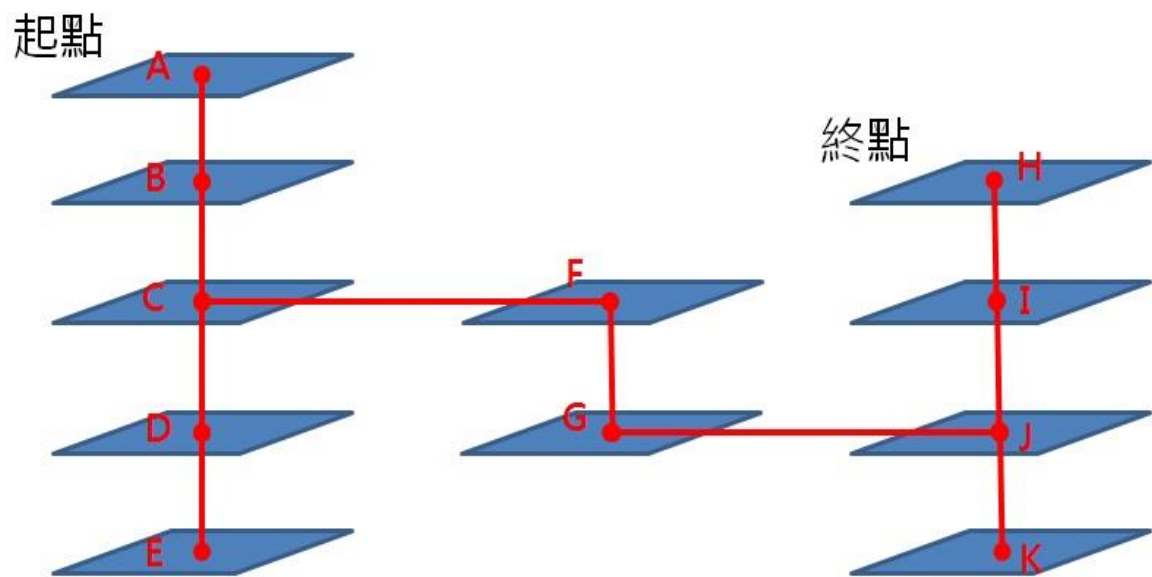


圖 17 樓層規劃

3.4.3 分層處理

依 3.4.2 之規劃結果，找到各樓層可行之出入口，以暴力法計算所有可行組合，最短路徑者則為最佳出入口組合，以圖 18 為例，方塊為起訖點，圓形為出入口，最佳出入口組合為 (A1,B1,C1,F1,G1,J1,I1,H1)。

乍看之下以暴力法求解似乎無效率，然實務上樓層間可通行之出入口數量十分有限，假設步行需通行 8 個樓層，各樓層間有 4 個出入口相通，僅 65536 組解，各組解的運算為非常單純之向量長度計算，以現今 CPU 的運算能力游刃有餘，暴力法之求解效率與特定演算法差異不大。

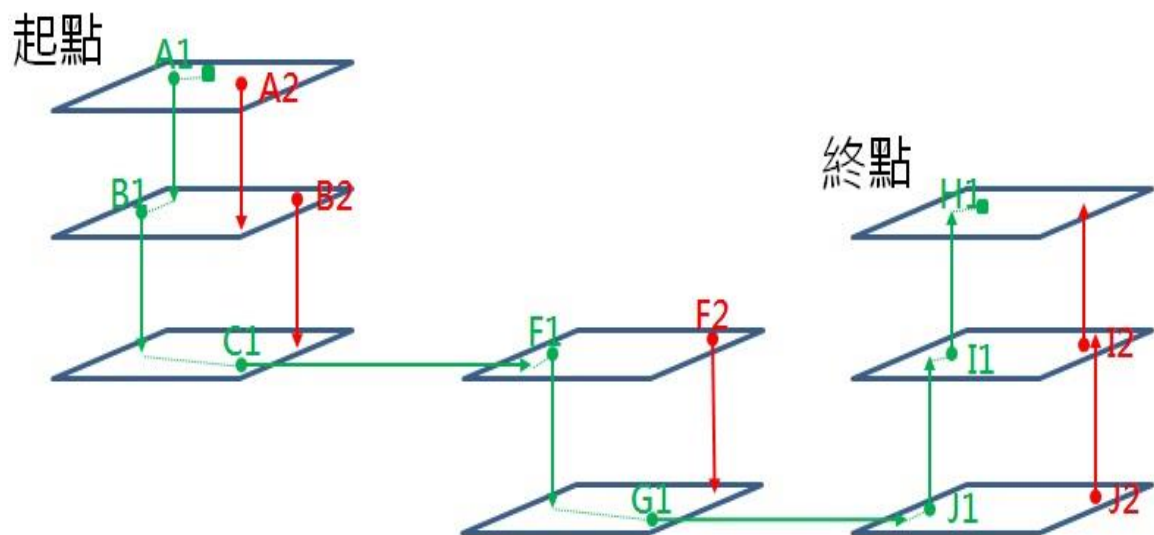


圖 18 決定最佳出入口

3.4.4 局部計算

依 3.4.3 計算後之最佳出入口組合，以 3.4.1 之搜尋方法分別計算各樓層之最佳平面路徑(圖 19)，起始樓層之路徑起點為使用者所在點，迄點為該樓層對應之最佳出口；所有中間樓層之路徑起點均為該樓層對應之最佳入口，迄點均為該樓層對應之最佳出口；目標樓層之路徑起點為該樓層對應之最佳入口，迄點為使用者之目標節點。最後將各樓層路徑連結後，即可求得最佳路徑。

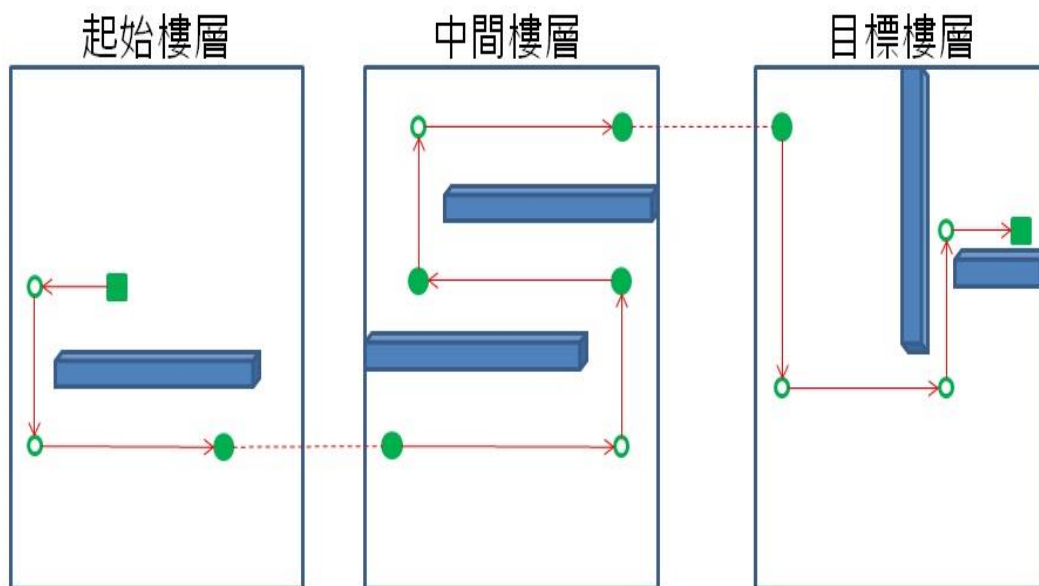


圖 19 求得最佳路徑

3.5 擴增實境

擴增實境(Augment Reality)技術早已行之有年，只是未有殺手級應用出現，最近因精靈寶可夢的風潮，使擴增實境技術又再次被人重視，因人類在室內空間容易失去方向感，當行動裝置計算出最佳路徑後，若以傳統平面地圖顯示導航資訊，恐造成二次迷路，因此本文採用擴增實境之方式，將行進之方向直接投影在螢幕上，並結合實地環境之景象，進行導航。

擴增實境的組成分為影像辨識、虛擬物建構、實境結合和即時互動四個部分，詳述如下。

3.5.1 影像辨識

透過攝影機拍攝現場畫面，逐格分析影像串流尋找特徵，找到特徵後，與特徵資料庫比對以決定要調用那些資料，並根據該特徵在實境中的位置決定資料呈現位置。

3.5.2 虛物建構

擴增實境為虛擬物與實境之結合，本研究欲將導航資訊以擴增實境方式投射於真實空間中，必須先建構一個真實比例的虛擬空間路網(圖 20)，依照使用者所掃描的標誌，即時繪製虛擬物，並且將使用者於真實空間的位置映射至虛擬空間位置。

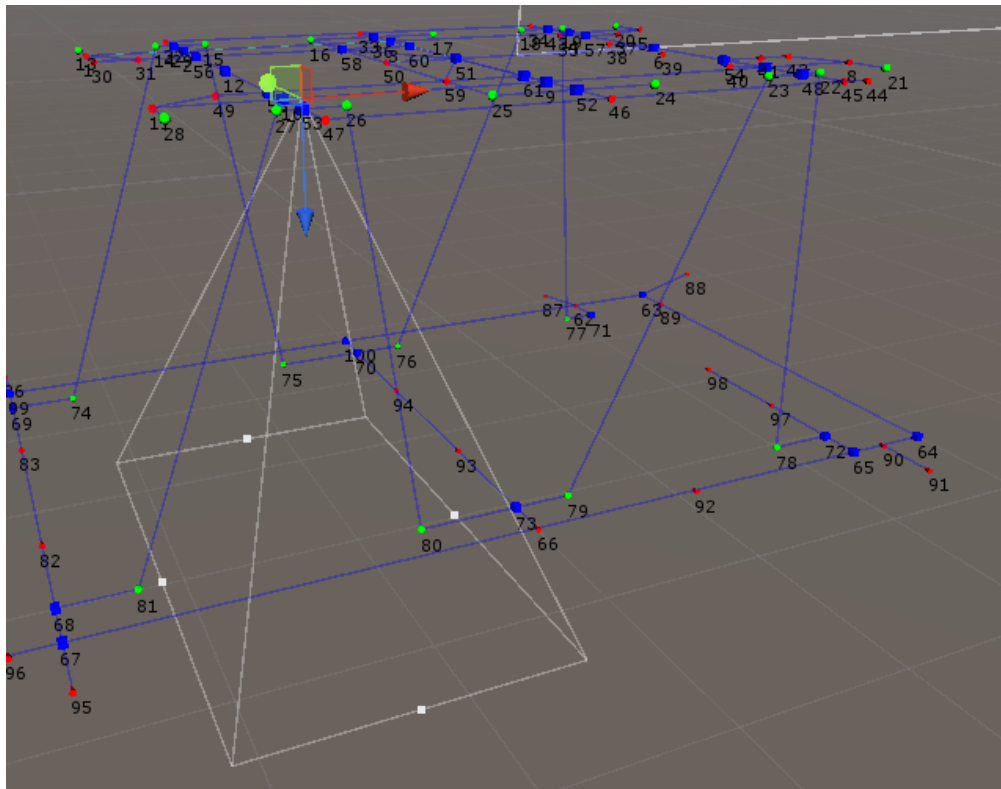


圖 20 真實比例的虛擬空間路網

3.5.3 實境結合

當虛擬物建構完成後，必須與實境正確結合，才能達到擴增實境之效果，在實作上，必須在虛擬空間中建構虛擬攝影機，將虛擬攝影機所見之景物與實體攝影機所見之景物結合，虛擬攝影機所見之景物為導引點及導引路線，實體攝影機所見之景物為現場環境，兩個攝影機之影像串流必須做到方位同步以及解析度同步，才能正確的疊合(圖 21)。此外，因為在行動裝置上面同時處理兩個影像串流並加以疊合，在效能上是一大考驗，若效能不佳，即使方位與解析度同步，擴增實境效果亦會大打折扣。



圖 21 實境與虛擬物疊合

3.5.4 即時互動

行動裝置依據計算出之導航路徑，取出目前導航點與下一導航點在路網中之相對位置，計算出二點間進行路線之方向向量後，再調用電子羅盤方位，找出使用者目前面向的方向，修正與地磁北及地圖方格北之方位的差異，並以此差異和進行路線之方向向量進行計算，將正確的方位與距離投影在攝影機拍攝的畫面上，並與現地圖物結合，據以引導使用者前往下一個導航點，直到抵達目的地。

如圖 15 所示，行動裝置計算出導航路徑係由標誌 1 前進至標誌 2，而標誌 2 為於標誌 1 之東邊 10 公尺處，則進行路線之方向向量為向東 10 公尺，此時如使用者 A 位於標誌 1 之南方(亦即向面北方)，行動裝置比對兩者間之方向向量後，會將向右行約 10 公尺之標誌投影在螢幕上；而使用者 B 位於標誌 1 之北方(亦向面南方)時，行動裝置計算後則會將向左行約 10 公尺之標誌投影在螢幕上。

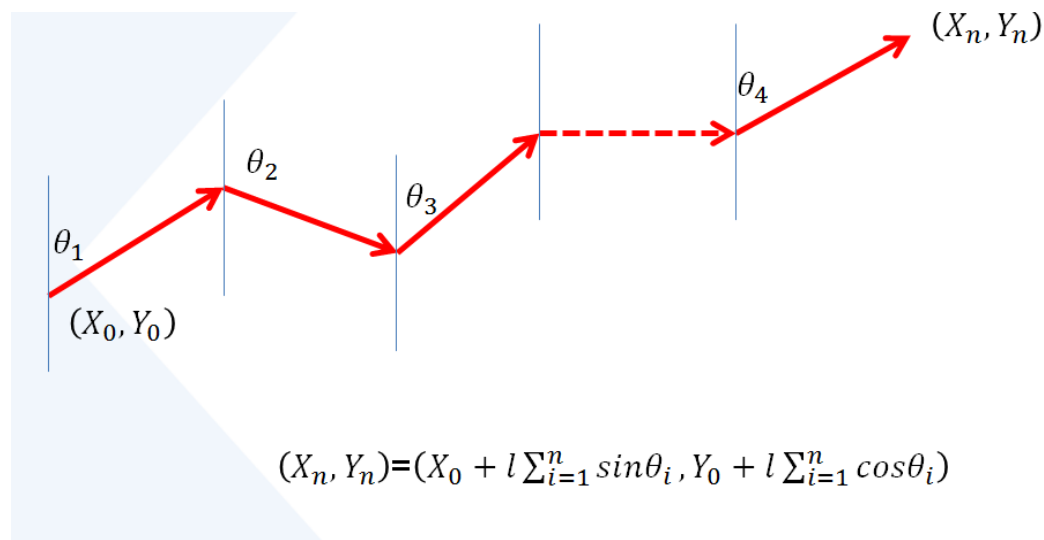


圖 22 推下一點方位及距離

第四章 實地路網及導航方式規劃

4.1 問題描述

臺北車站、板橋車站為高鐵、臺鐵及捷運共構之地下車站，為臺北市、新北市重要之交通集散點，亦為各界來往必經之地，除提供了不同交通運具間轉乘與進出外，因應旅客需求而衍生的相關店家與餐廳更是使得車站室內的空間複雜度大幅提升。此外臺北車站除地上兩層以外，尚有地下四層之建築，對外連通道眾多，地下每層樓之空間配置皆不同，特別是臺鐵車站空間以”回”字設計，使用者由一點前往至另一點時，常常會有兩個相反的路徑可抵達，亦會有兩個方向以上的標誌指引至同一地點，對於不熟悉的旅客來說常常會失去方向感，也常造成民眾在室內空間迷失。

為此臺鐵局近年來除配合車站改造更新指標導引外，更嘗試建置室內導航系統來提供導引服務，希望藉此減少旅客空間迷失的情況並且提升旅客轉乘進出之效率。

經由實地訪談發現，造成旅客迷路的主要原因有三大點，一是不知身在何處，二是不知往那裡去，三是不知該怎麼走。傳統指標系統不足之處在於指標系統能提供大目標之導引，然臺北車站轉乘組合眾多，動線複雜，旅客轉乘如需跨層或跨區行走，例如於火車轉乘客運或捷運，往往就會不知道該往那去，進而造成迷路的情況。此外臺鐵車站室內構造複雜，路徑決策點過多，室內障礙物常造成指標間無法通視，難以持續導引，旅客在路徑決策點上常不知應往何處前進。

為此臺鐵局曾研究以設置藍芽基地台(iBeacon)之方式，建置室內導航系統，藍芽系統雖然成熟，惟評估後發現藍芽訊號在無障礙下，極限涵蓋範圍為 30 平方公尺，精度為 1 公尺，如需定位精確，在建置方面，全站區保守估計約需設置 1,000 個藍芽基地台，建置費用初估為 1,200 萬。在維護方面，藍芽設備以電池供電，後續除需週期性更換電池外，亦需每季重新掃描電波訊號強弱，更新電波指紋地圖，每年維護費用約 100 萬；為了有效掌握藍芽基地台之狀態，尚需額外

佈設約 300 個 wifi 基地台蒐集資訊，基地台本身需外接電源，須額外施工。是故本文提出一種以擴增實境進行室內導航之方案作為替代，初估費用包括系統建置及導航標誌印製及佈置，可於 100 萬內完成，後續維護亦較為簡便。

4.2 服務範圍規劃

4.2.1 臺北車站

經旅次資料分析旅客之需求後，規劃本系統之服務範圍為臺北車站 1F 及 B1 之非付費區，並將服務範圍中之導航目標點分類為前往出入口、轉乘大眾運輸及尋找車站服務等三類。

4.2.1.1. 前往出入口

包含臺北車站各大門(東一門、東三門、南一門、南二門、南三門、西一門、西三門、北一門、北二門、北三門)及臺北車站地下街(臺北地下街、捷運地下街、中山地下街、誠品地下街、京站地下街)。

4.2.1.2. 轉乘大眾運輸

包含臺鐵、高鐵、捷運(板南線及淡水線)、巴士及計程車。

4.2.1.3. 車站服務

包括停車場(東、西區)、廁所、哺乳室、郵局、詢問處、鐵路警察局及便當本舖等各種車站服務項目。

4.2.2 板橋車站

範圍包括板橋車站之 1F 及 B1 之非付費區。同樣包括出入口、大眾運輸轉乘及車站服務資訊。

4.3 路網規劃

4.3.1 臺北車站

依 3.3 節所示路網規劃原則，針對臺北車站進行路網規劃，規劃成果如圖 23 及圖 24。

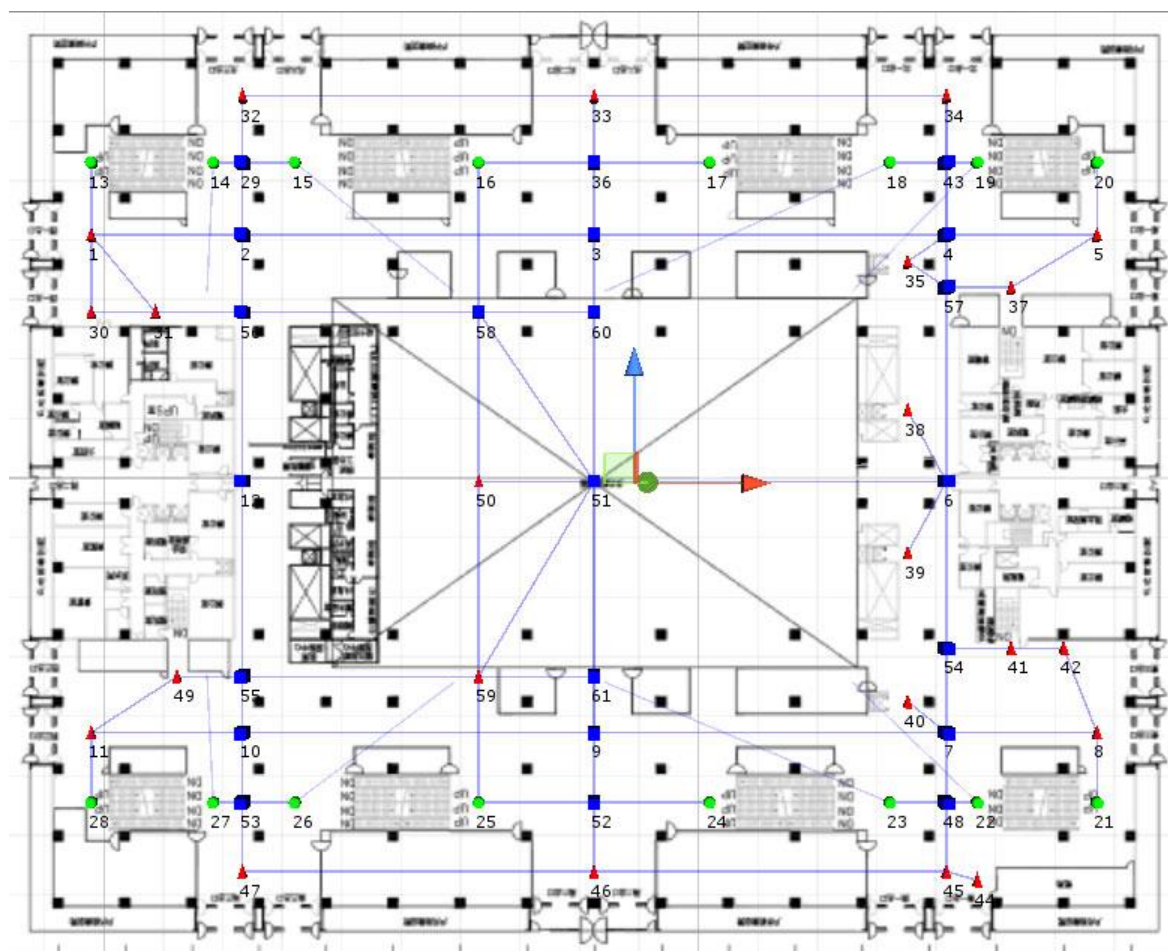


圖 23 臺北車站 1F 路網規劃

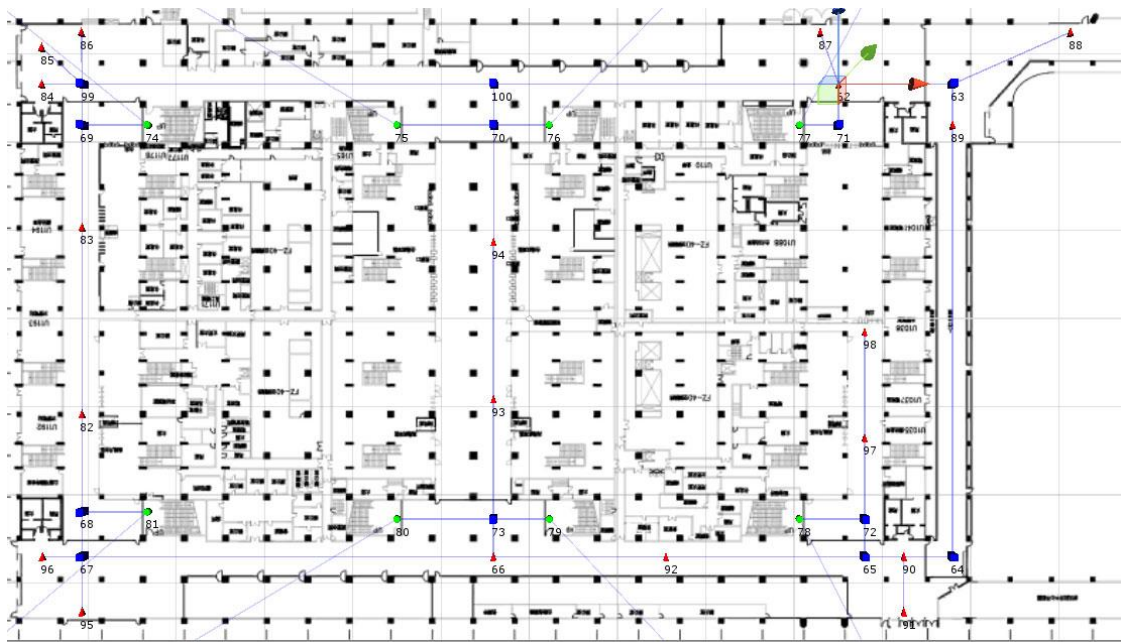


圖 24 臺北車站 B1 路網規劃

4.3.2 板橋車站

依 3.3 節所示路網規劃原則，針對板橋車站進行路網規劃，規劃成果如圖 25 至圖 28。

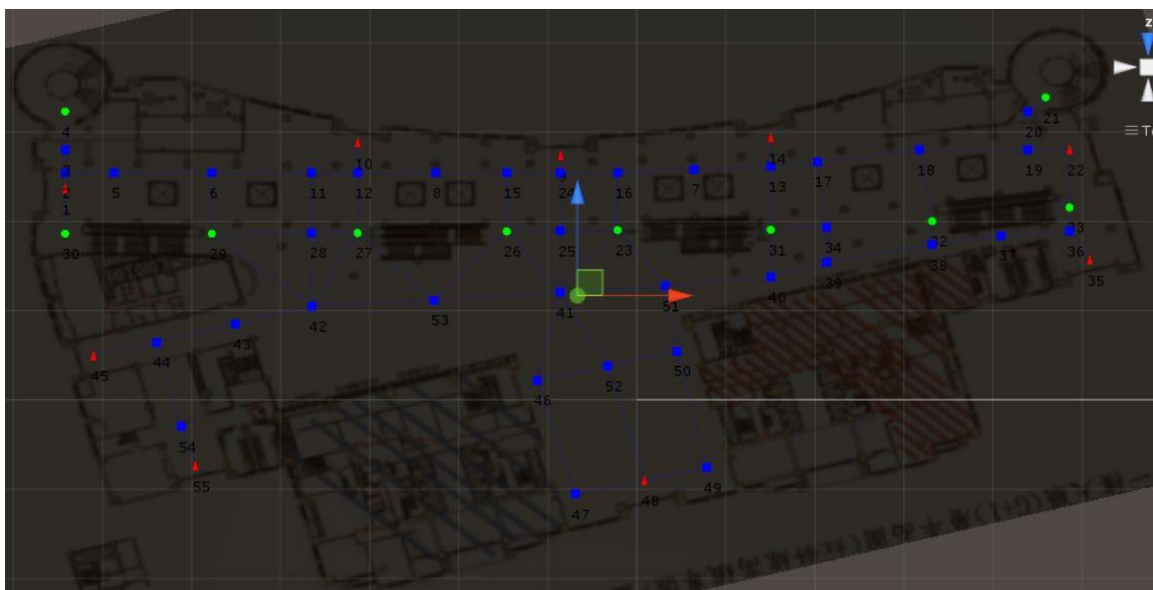


圖 25 板橋車站 1 樓路網規劃

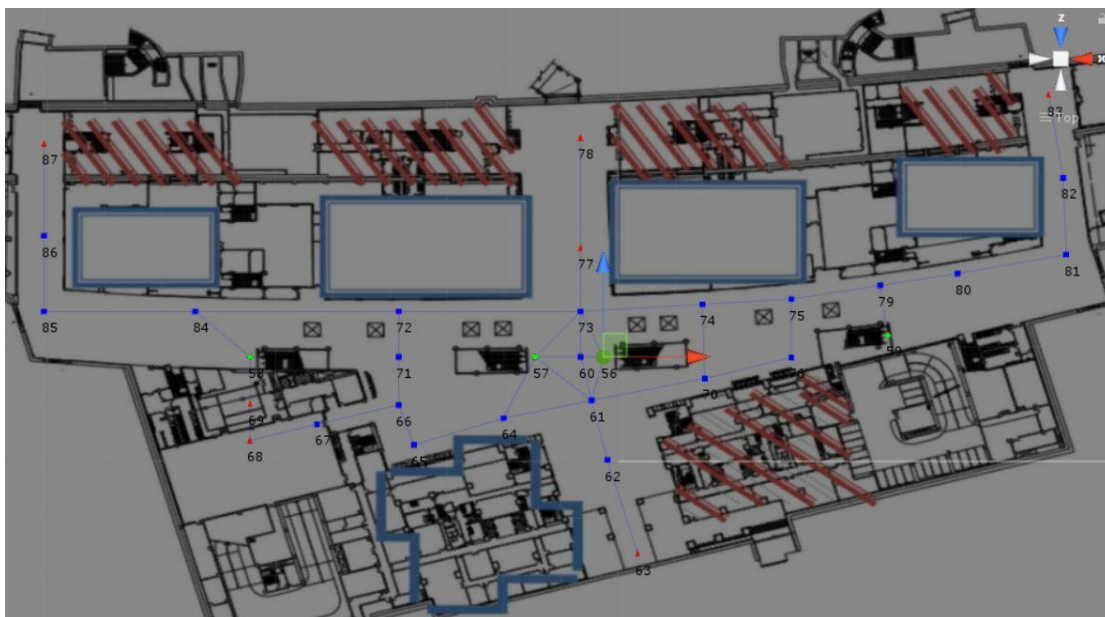


圖 26 板車車站 B1 路網規劃

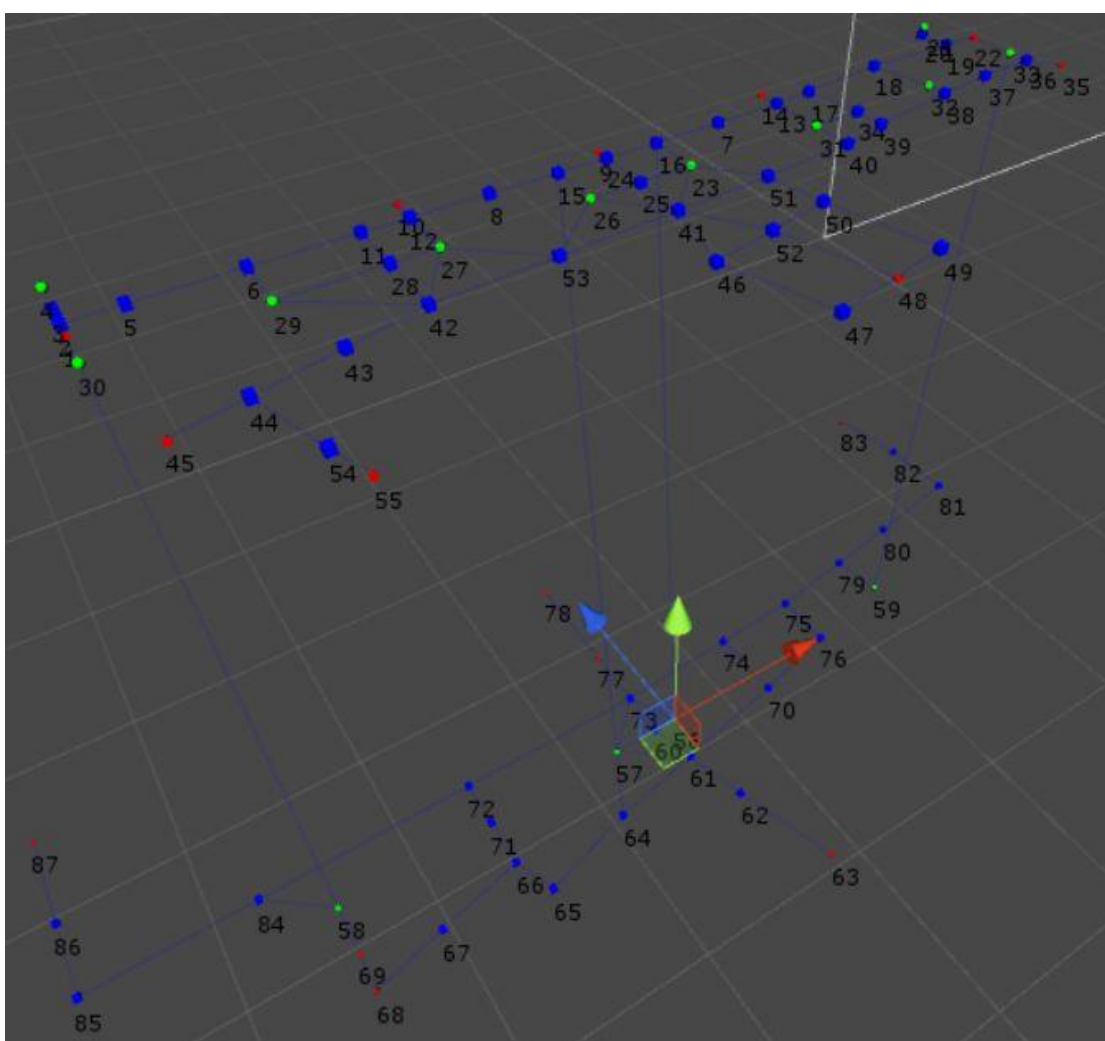


圖 27 板橋車站 1 樓及 B1 路網規劃

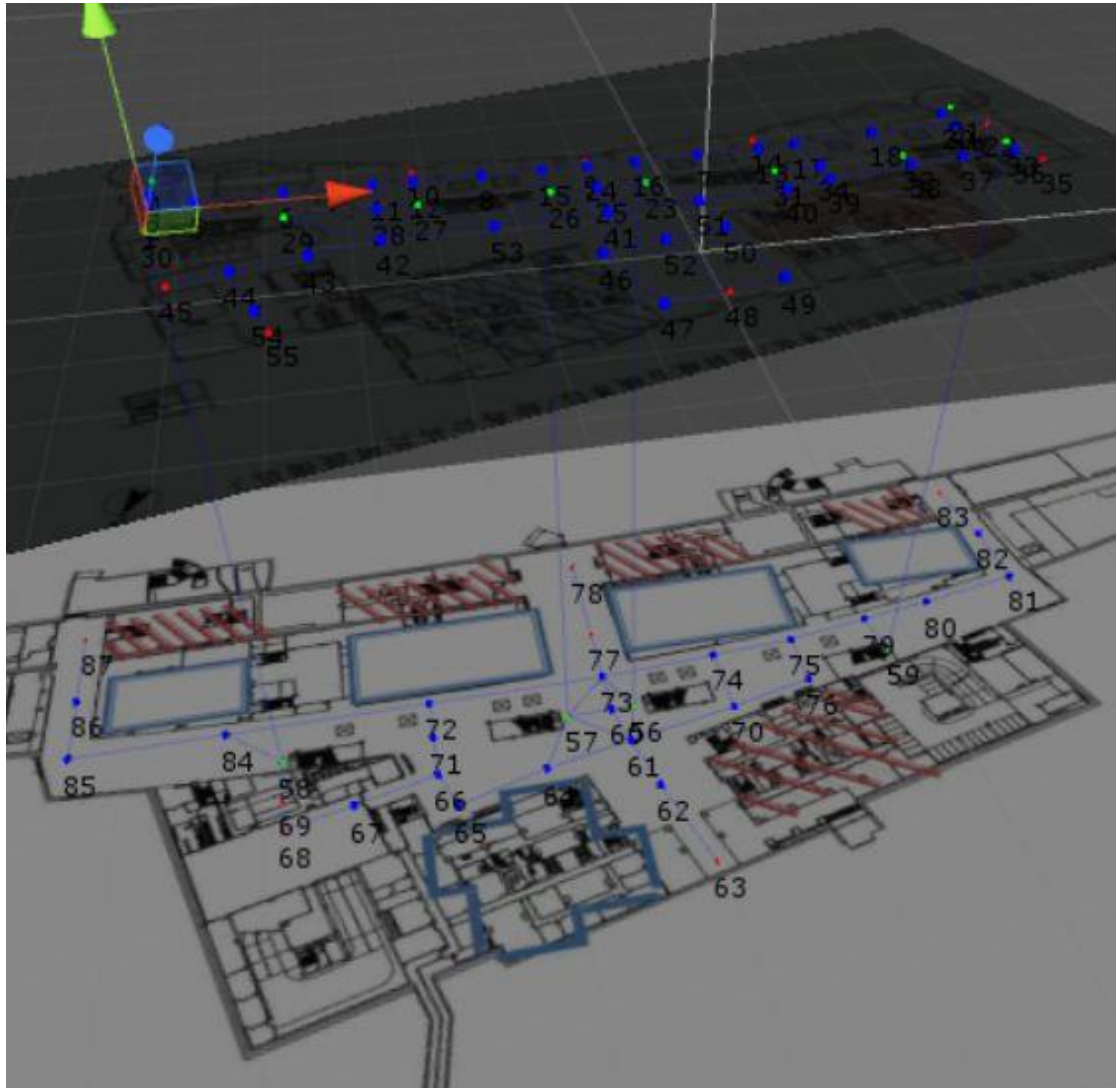


圖 28 板橋車站 1 樓及 B1 整體路網規劃

4.4 導航方式規劃

使用者下載 APP 並打開 APP 之後，APP 先引導使用者對準地面類似的定位標誌掃描(圖 29 左)。使用者拍攝完畢後，系統會顯示其所在之導號點編號，供民眾確認(圖 29 右)。



圖 29 掃描定位標誌

接著 APP 會引導使用者輸入欲前往之目的地，先選擇分類，再選擇地點(圖 30)。



圖 30 輸入目的地

選擇完畢後，系統就會顯示導航尋標，並指引民眾前往下一個導航點，以此類推直到抵達目的地(圖 31)。

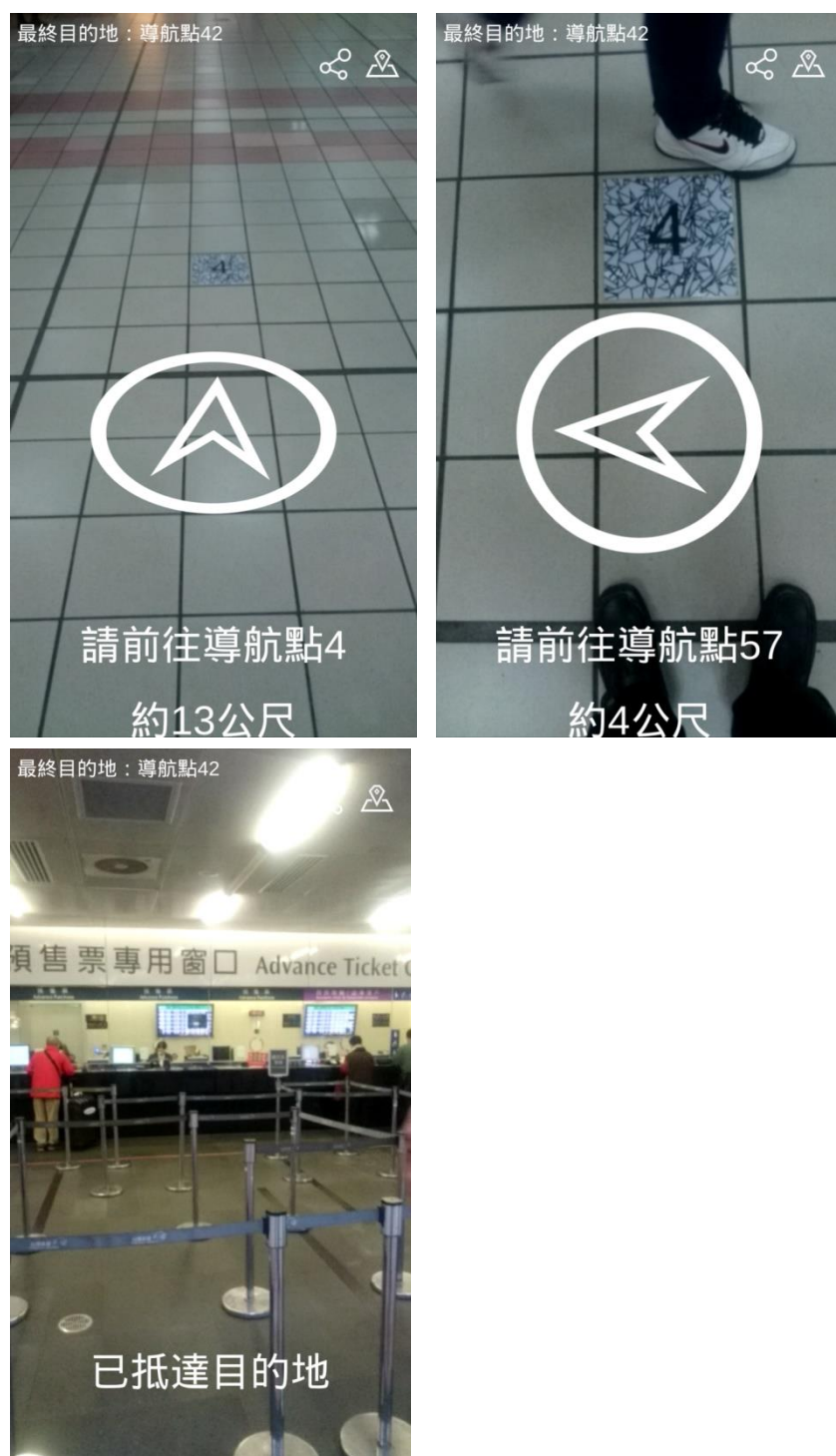


圖 31 依指示抵達目的地

第五章 結論與建議

本研究透過整合定位標誌、影像辨識、路網規劃、路徑尋優及擴增實境等各領域技術，提出一套室內導航解決方案，優勢在於建置及維護成本低，佈建時間短，臺鐵局曾於臺北車站小範圍試作本研究案，最長距離為東一門->售票口->臺鐵進站閘門->捷運板南線->誠品地下街，約在 10 分鐘內完成，導航過程中之定位標誌辨識及即時運算導航路線時間依手機性能差異約在 1 秒內完成，證明本研究所提之方案具實用價值。

本文所提之方案雖驗證可行，但若以商業產品角度審視，現階段僅為雛形，未來還有諸多進步空間，建議改善方向如下

1. 資料庫搜尋方法精進

以現行臺北車站為例，本方案僅佈設 100 張導航標誌，換言之特徵資料庫中所記錄之特徵資料僅 100 組，因此本研究在資料庫搜尋上係採暴力法逐一搜尋比對，但若要將本方案在更大的場域中實作，當特徵資料量增加時，暴力法將造成效能低落，因此在大場域實作時，須採用更有效率的搜尋方法，如 splits tree，才能使本研究所提方案更接近商用等級。

2. 使用者經驗改善

GPS 導航已行之有年，使用者對導航的印象及行為早已根深蒂固，難以改變，本研究發現在 193 位參與測試民眾中，約有 70 位表示無法適應這種逐點前進的導航方式，希望可以與 GPS 汽車導航相同，到了決策點系統會自動提醒並更新相關導航資訊，而非使用者主動掃描。此部分使用者意見必須重視，未來可導入慣性導航技術，透過慣性導航方式推估使用者所在位置，不須使用者逐點掃描，更新資訊由被動改為主動，使用者經驗將可更貼近 GPS 導航，接受度應可大幅提升。

3. 獲利模式導入

目前本研究所提之方案僅解決室內導航問題，並未提供任何獲利模式，未來可利用擴增實境之特性，將路徑上之商家廣告或促銷資訊導入，使本方案具有自償能力。

參考文獻

李南逸、戴好亘、謝忠諺、劉昱昕、郭建明，「室內導航裝置」，中華民國新型專利第 M463353 號。

林子婷 (民 104)，使用 Bluetooth Smart 之低成本室內定位系統，國立中正大學通訊工程研究所碩士論文。

林見璞 (民 104)，應用適應性點對點測距及三角定位之協同式藍芽室內定位系統，國立交通大學網路工程研究所碩士論文。

徐敏修 (民 99)，FID 及 WiFi 定位技術設計自我導航機器人系統，國立交通大學資訊學院碩士在職專班資訊組碩士論文。

林信全 (民 100)，WiFi 環境下利用卡爾曼濾波器的室內定位系統研究，銘傳大學資訊傳播工程學系碩士班碩士論文。

葉家瑋 (民 101)，空間導引機器人定位與行走控制，國立成功大學生物醫學工程學系碩士論文。

王竹安 (民 101)，應用二維條碼於自動引導車型態之機器人室內導航系統開發，元智大學機械工程學系碩士論文。

科技新報” 蘋果新專利可以透過 AR，實現近乎零誤差的室內導航” ,<http://technews.tw/2016/08/24/applepatent-for-next-gen-indoor-mapping/>。2016/8/24,

Chitpong Wuttanan, “Paypal Beacon and Apple iBeacon”,2014/1/6

Google Maps Geolocation API 說明文件,
<https://developers.google.com/maps/documentation/geolocation/intro?hl=zh-tw>

Benjamin Daniel STURGESS、 James Lee BURROWS，「A mobile indoor navigation system」，patent “WO2014/128507”。

“Visual-base inertial navigation” , US Patent US9,424,647 ,
2016/8/23 ◦

Wan Mohd Yaakob Wan Bejuri, Mohd Murtadha Mohamad, Maimunah
Sapri and Mohd Adly Rosly (2012). Ubiquitous WLAN/Camera
Positioning using Inverse Intensity Chromaticity Space-based
Feature Detection and Matching: A Preliminary Result. International
Conference on Man-Machine Systems 2012 (ICOMMS 2012)