

科技部 GRB 編號：PG10301-0453

本部計畫編號：103301070000G031

智慧型避難引導系統結合影像技術之 應用研究

(期末報告)

受 委 託 者 中華大學

研 究 主 持 人 游坤明

協 同 主 持 人 鄭紹材

研 究 助 理 徐煥博

游景翔

紀詩詩

建築研究所委託研究報告

中華民國 103 年 10 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

目次

目次	I
表次	III
圖次	V
摘要	VII
第一章 緒論	1
第一節 研究緣起與背景	1
第二節 研究方法與進度	6
第二章 蒐集之資料、文獻分析	9
第一節 避難者心理分析與逃生導引規劃	9
第二節 人流計數技術	13
第三節 智慧型行動裝置	19
第四節 數位電子看板	21
第五節 無線感測網路	23
第六節 無線射頻技術	28
第七節 模組化開發與管理	30
第三章 系統架構與規劃	33
第一節 系統架構	33
第二節 圖資管理與模組化開發	40
第三節 逃生演算法	42

第四節 人流監控技術.....	47
第四章 研究成果與實地測試.....	49
第一節 研究成果.....	49
第二節 實地場所測試規劃.....	56
第五章 結論與建議.....	57
第一節 結論.....	57
第二節 建議.....	59
參考資料	61
附錄一 採購評選會議紀錄審查意見及回應表.....	61
附錄二 議價會議審查意見及回應一覽表.....	63
附錄三 歷次工作會議記錄.....	65
附錄四 期中報告會議紀錄與審查意見回查表.....	72
附錄五 已發表之論文.....	79
參考書目	99

表次

表 1- 1	計畫進度規劃時程表	8
表 2- 1	不同廣告形式的比較.....	22
表 2- 2	不同通訊協定間的比較	24
表 3- 1	ZigBee 規格表	35
表 3- 2	網路攝影機與監控技術規格表	36
表 3- 3	RFID 讀取器及 RFID 控制模組軟硬體平台.....	36
表 3- 4	中央監控模組及資料庫模組軟硬體平台	37
表 3- 5	數位電子看板規格表	39
表 3- 6	單一 XML 標籤意義	41

圖次

圖 1-1 計畫研究進度流程圖	7
圖 2-1 人群影像說明	15
圖 2-2 技術辨識比較	15
圖 2-3 智慧型交通信號燈	18
圖 2-4 背景喚醒機制(GCM)示意圖	20
圖 2-5 ZigBee 於智慧住宅中的應用	25
圖 2-6 使用 ZigBee 傳輸的亮度感測器	26
圖 2-7 星狀、網狀、樹狀拓撲結構	27
圖 2-8 RFID 架構示意圖	29
圖 2-9 演算法模組化概念圖	31
圖 3-1 系統架構圖	33
圖 3-2 整體系統流程架構圖	34
圖 3-3 數位電子看板架構示意圖	39
圖 3-4 以 XML 方式將圖資導入演算法概念圖	41
圖 3-5 傳統方法與模組化比較	42
圖 3-6 內政部建築研究所 13 樓平面圖	43
圖 3-7 轉換後之內政部建築研究所 13 樓連通圖	43
圖 3-8 情境展示：平常狀態與火源發生時	45
圖 3-9 情境展示：設定容納人數並轉換為區域高度	45
圖 3-10 將問題區域修正並解決死結問題	46
圖 3-11 情境展示：測偵危險區域	46
圖 4-1 程式匯入影像實際圖	51
圖 4-2 實際計數程式執行畫面	51
圖 4-3 智慧導引資料庫綱要(Data Schema)	52
圖 4-4 模組化管理概念圖	53
圖 4-5 XML 圖資轉換器	54
圖 4-6 數位電子看板運作與執行流程圖	55

摘 要

關鍵字：無線感測網路、電子逃生引導、電子看板、影像辨識

一、研究緣起

人們對於環境的需求隨著時代演進有所不同，在都市中人們皆希望能提升生活水平，導致都市必須擴增居住容積，使得建築物的發展趨向高層化以及複雜化，超高層建築物(建築物高度達 25 層或 90 公尺以上者)、大型購物商場或地下街商場等特殊建築物，日益增多，以超高層建築為例，除面積廣闊、使用性複雜、開口通道眾多等內部使用因素外，一旦發生火災，易造成延燒快速、高溫、高熱與濃煙聚積等危險，皆考驗著消防部門的應變能力。本研究擬利用室內環境感知技術作為火災辨識基礎，結合影像識別技術與逃生導引演算技術，開發可應用於大型空間之智慧型避難引導離型系統。

二、研究方法及過程

本計畫旨在研製結合無線感測網路、無線射頻辨識系統、人流監控系統之智慧型結合影像技術避難引導離型示範系統。其中包含無線感測網路、無線射頻辨識系統、人群監控系統、中央控制系統、以及逃生路徑演算法等多套子系統，並結合前二年智慧型避難引導系統。為達成以上目標，擬採用以下研究方法：

1. 相關文獻資料分析法：

採用次級資料分析法，蒐集國內外相關研究主題之文獻資料，並分析與本研究之相關性，提供所需之工具與領域知識。擬回顧之文獻，包括國內外性能式防火設計之經驗、國內外 ICT 技術之發展、國內外智慧型防火防災技術之發展等文獻。

2. 子系統功能建構：

電子火災逃生引導系統、人流監控系統、中央控制系統、逃生路徑演算法等各子系統之分別功能建構。

3. 系統整合及驗證：

實際建構一套智慧型結合影像技術避難引導離型示範系統，並進行相關驗證確保系統可正常運行。

4. 專家學者座談法：

邀請國內專家學者進行座談會議，以議題討論方式，進行研究內容審視及改進。

三、重要發現及成果

本研究經過文獻資料分析以及系統實際建構，研究重要發現及成果歸納如下：

(一)本系統整合建築研究所前兩年完成之「結合行動通訊之智慧型主動預警及避難導引系統研究」與「電子火災逃生指示地圖與避難引導系統研究」之研究成果，並進行原逃生指示與避難引導系統之改良，同時研發數位攝影機之人群辨識機制並將所獲得之空間內人群資訊整合至系統中，並完成演算法擴充性問題之修正，有效提升系統之執行彈性與擴充性。

(二)本研究將所提出之人群避難逃生導引演算法以多層架構實作出一套環境監控人群避難導系統之離型系統。各部份之實作成果如下：

壹、人流監控系統

本研究針對系統所應用的環境進行多次觀察，發現開放式的公共環境僅有少數人會配戴識別證(電子標籤)，因此運用電子標籤作為人員識別與定位並非是一個優良選擇，若環境中大多數人員並無配戴電子標籤，將使得原系統無法順利運作，因此本研究運用數位攝影機進行空間區域人數計數，將原系統中之RFID室內定位機制轉變為輔助性質之子系統。

人流監控技術是利用了KLT分流法和模糊C-means分群法來處理人形辨識。本研究在不同場域中進行多次的人形辨識測試，並且針對辨識誤差進行相關參數之調整，能提高辨識率。系統中可利用攝影機所拍攝的畫面，計算出該畫面之人數，也能夠針

對一定時間內有多少人從此處經過作計數。同時，人流監控系統將所辨識之人數即時回傳至伺服主機，並提供給逃生演算法進行逃生路線之運算。

貳、逃生演算法

在本次的演算法設計使用集中式的運算方式，將整體環境資料做統一整理之後再運算每位使用者的逃生路徑，此做法好處是在於運算時可以完整掌握環境中的情況，使逃生路徑演算時擁有最全面的運算資料。

演算法的設計中，不論是宏觀的路線規劃方式、或是微觀的人群心理影響，都是在逃生時影響成功與否很重要的因素，所以經過不斷的推演之後將兩種不同的看法做適當的結合，把微觀的心理因素帶入宏觀的路徑規劃方式裡，考慮火源以及環境中若照明不足對於人群心裡可能產生的不良影響，並以人流對於出口及環境的相對關係做出路線規劃，之後為了減輕逃生時路徑及出口的負擔將人群做分群導引的動作，再將人流分別導引經由不同的路徑及出口以安全的路線逃離火場。最後，因為火場狀況瞬息萬變，且人群心理較難完全掌握，本研究針對這兩問題特別設計一個檢查的機制，偵測火場中是否有逃生路線阻斷等等的突發因素或是人群在逃生時心理及生理是否受到過多次刺激而無法順利往出口移動等突發狀況，並做出更改逃生路線等相對應的緊急應變機制，以確保可以針對火場中所發生的各種狀況做出即時的應變，並給予使用者適合的逃生路線。

參、智慧型行動裝置

智慧型手機與數位電子看板皆運用 Android 系統作為嵌入式系統，智慧型行動裝置可運用 Android 系統背景喚醒機制(GCM)讓手機的 App 可以被外部事件主動觸發及啟動，因此當系統運算察覺環境可能發生緊急危難事件時，將運用 GCM 方式推播到各個目前位於環境中的人員，並給予告知環境中發生緊急危難地區與目前環境資訊，並且提醒人員注意數位電子看板緊急逃生指示逃生。

肆、數位電子看板

由本研究所開發之數位電子看板，在平時能將環境與周遭資訊顯示於數位電子看板上，使該地區人員能從看板中了解環境狀況，而在緊急逃生狀況下可切換為逃生路

線之引導與指示。本看板在運作時分為兩個模式：

1. 廣播模式

可將環境資訊提供給人員參考，監控人員可由中控系統動態更換數位看板上之相關資訊，如：廣告、宣導、宣傳影片等，使得數位看板能針對環境需求作相對應之廣播。

2. 緊急逃生模式

當緊急事件發生時，數位看板會強制轉換為緊急逃生模式，使人員能夠清楚明確目前適當逃生方向。

伍、無線感測網路

本研究在 ZigBee 的部分針對系統的需求以及軟、硬體的負荷能力，以毫秒為單位進行了多次不同的測試，並且針對數據蒐集方式做調整盡可能的降低系統負荷。研究後發現在同一空間中若是部署過多的 ZigBee 感測器 雖然可以偵測到每一個角落，但因為有過多的訊號在感測器以及 controller 之間流動，長時間運作容易造成硬體負荷過重，不符合系統必須長時間運作的要求，所以在實做中本研究針對不同的空間以涵蓋全區為目標用最少的感測器數量涵蓋最大的感測範圍，達到監控環境同時也保持系統穩定的目標。

陸、RFID 輔助定位系統

在 LANDMARC 機制驗證中得知電子標籤之間隔距離與定位精準度成立方反比的關係，與標籤硬體部署數量與定位精準度成正比的關係，基於這兩個問題往往使 LANDMARC 在實際環境中部署指引標籤的數量限制，失去該理論的理想定位效果，所以本計畫使用 VSLS 虛擬標籤機制進行定位，此種方式將可以有效改善 LANDMARC 定位機制下的指引標籤之間隔距離與定位精準度成立方反比與標籤硬體部署數量與定位精準度成正比之兩個缺點。但在本研究上因考量到大型場域或公共場所上人員並不會隨身攜帶主動式 RFID 標籤，因此本研究將 RFID 定位技術轉變為輔助性質之子系統。

(三)本系統提供管理者監控各地區環境資訊之管理介面，並且運用攝影機節錄之畫面

作為環境監控與區域人員安危資訊之提供，使得環境更為安全，於數位看板上也提供看板對應位置與編號使管理人員能方便進行地區廣告更換，也提供訊傳遞之功能其中包含廣告或公告之資訊提供、火災事件發生之資訊提供、系統資訊管理介面三種模式，對於火災發生之初期，針對建築物內部情況之分析及消防搶救行動之決定皆有實質助益。

四、主要建議事項

本研究在結合影像技術進行人流監控之智慧型避難引導系統中，提出下列具體建議。

建議一

賡續辦理智慧型避難引導系統相關研討推廣活動：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：財團法人台灣建築中心、中華民國消防設備師公會全國聯合會

透過成果發表會之方式，將智慧型避難導引系統開發之成果推廣至建築師或消防設備師(士)公會等團體，提供各界參採應用;亦可將本研究之影像辨識技術結合智慧型火災避難導引系統之相關成果，運用於使用單位之消防自衛編組避難演練，以強化人員防火避難行動之能力。

建議二

賡續辦理「智慧型火災避難引導系統結合聲音及指示設備之應用研究」：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：中華民國全國建築師公會、中華民國消防設備師公會全國聯合會

於火災現場避難人員之周遭環境，處於漆黑且方向指示與路徑標示皆不明之狀況，更增加避難者的恐懼，進而嚴重影響避難之進行。建議可繼續發展智慧型避難引導系統並結合聲響與視覺相關之技術，配合環境場域不同之變化，強化避難路徑上之指引與

指標功能:配合逃生演算法指示避難人員避難方向，更能迅速且有效導引人員之避難。

建議三

推動「智慧型火災避難引導系統與實證研究」研究：中長期建議

主辦機關:內政部建築研究所

協辦機關:內政部消防署、中華民國全國建築師公會、中華民國消防設備師公會全國聯合會

本研究「智慧型避難引導系統結合影像技術之應用研究」是繼「結合行動通訊之智慧型主動預警及避難導引系統」與「電子火災逃生指示地圖與避難引導系統研究」研究案，逐年累積之研究成果，同時並不斷突破與創新所建置之「智慧型火災避難導引系統」雛形，本研究是應用 KLT 光流法和模糊 C-means 分群法(fuzzy C-means clustering)，簡稱 FCM)，可讀取從攝影機中所拍攝之影像，並將影像匯入系統中。利用影片中時間域上的變化及相鄰幀度之間的相關性找到彼此之間存在的對應關係，從而計算出相鄰幀之間物體的運動資訊。從影像之數位資訊中，利用時間域上的變化及相鄰幀之間的亮度遮罩，計算此物體中時域變化。當物體在影片中隨時間的變化到一定的距離即可判定是人形的移動，而明確地辨識出攝影機拍攝到的畫面為人形，進而獲得人群之數量資訊，雖然已進行相關系統之測試，但距離實際應用尚缺相關之實證研究，來測試智慧型系統與既有消防設備或是原避難計畫，有無適配問題，藉由實證研究更能找到解決方案，使此一「智慧型火災避難導引系統」能持續複製並擴大創新應用的成果，當建築物發生火災時，透過本智慧型導引系統可提供即時且動態的逃生路徑，確保並降低罹難傷亡率，使其環境更具安全性，生活更具智慧化。

建議四

申辦智慧型防火避難引導系統相關專利：中長期建議

主辦機關:內政部建築研究所

協辦機關:中華大學

將本研究所發展之無線感測網路、無線射頻辨識系統、中央控制系統、逃生路徑演算

法，數位電子看板系統以及人流監控技術等各子系統之整合成果，整理成具有新穎性、進步性、產業利用性等之智慧財，並研議新型專利申請書，向智慧財產局申請，共同推動研究成果。

第一章 緒論

第一節 研究緣起與背景

壹、研究緣起

人們對於環境的需求隨著時代演進有所不同，在都市中人們皆希望能提升生活水平，導致都市必須擴增居住容積，使得建築物趨向高層化，超高層建築物(建築物高度達 25 層或 90 公尺以上者)[17]、大型購物商場或地下街商場等特殊建築物，日益增多，為了使建築物容積提升，內部的設計也趨向了複雜化的趨勢，樓層間的逃生也變得更為複雜，以超高層建築為例，除面積廣闊、使用性複雜、開口通道眾多等內部使用因素外，一旦發生火災，易造成延燒快速、高溫、高熱與濃煙聚積等危險，皆考驗著消防部門的應變能力，且當火災發生時，濃煙密布、光線昏暗且四處人影竄動，導致避難者恐慌不安，且因室內設計動向複雜，逃生時往往只能依靠固定式逃生標示作為逃生依據，若火勢或囤積物堵塞了出口，避難者不僅失去了逃生的黃金時間，也有可能造成更多的人員傷亡。

有鑑於此，內政部建築研究所在民國 101 年「結合行動通訊之智慧型主動預警及避難導引系統研究」之研究，利用無線感測器網路的特性開發一室內安全監控以及緊急逃生系統，運用無線感測網路提供環境資訊(如溫度、濕度、照度等)，結合無線射頻系統進行室內人員定位標示。透過持續監控環境資訊，偵測是否有火災事件發生，並標定火源及危險區域。當火災事件發生時，即時主動將火災警報傳送至手持行動裝置 App，並且利用發展成功的分流逃生演算技術，依不同人員的位置規劃逃生導引路線，傳遞至人員的行動手持裝置上，導引人員避難。

但考量手機關機、遺落或其他無法使用智慧型行動裝置等問題，內政部建築研究所在民國 102 年「電子火災逃生指示地圖與避難引導系統研究」之研究，延續 101 年的計畫加以改良，將導引模式由智慧型手機轉移至電子看板，延續運用無線方式感測環境與無線射頻技術進行人員定位與環境感知，並提升導引規劃演算法，能依照人群

多寡、出口擁擠程度與出口狀況做判斷，運用分流概念將人群以不同出口作導引來降低出口負擔。

但鑒於多次專家學者提出的建議與研究，發現運用無線射頻技術定位人員位置，並非為最佳選擇，原因在於人員不會主動配戴，且考量到百貨與商場，要求消費者入場配戴，不僅花費成本，也無法被大眾所接受，因此，本研究將既有的成果做整合外，並加入與以往不同的閉路監控系統作為室內人流定位基礎並結合逃生引導規劃演算法，在緊急時刻運用數位電子看板與智慧型手機導引來建置一套智慧型結合影像技術避難引導系統。

一、閉路監控系統

閉路監控系統(Closed-Circuit Television; CCTV)[2] 是指在特定地區進行視訊傳輸，常運用於監控人員出入、固定區域監控、環境安全或人群流量控管等，目前已有許多大樓與百貨公司會在環境中架設攝影機並與系統連線做環境監控與維安控管，將錄製之資訊以影片檔案之方式(如：avi、wmv、mp4...等)儲存，以利後續方便調閱查證。

人流計數上有許多應用，例如常常在百貨公司或賣場外面所看到的容留管制系統，容留管制系統會在出入口裝設計數器，經由計算進出的人數，統計出目前館內人數，以便做空間人數容留控管，其目的是為了維護館內的服務品質及顧客安全，並了解在何時才會為百貨最大收入來源。有鑑於此，本研究希望能將監控人群之數據納入逃生演算法之計算數據之一，運用閉路數位攝影機之特性，針對固定區域中所拍攝的影像計算建築物中各區域內的人數，不僅解決人群不會在非特定場合攜帶電子標籤，也能夠了解環境中相對應狀況，以立在火災發生時能夠全權掌握環境內所有資訊。

若於百貨商場運用此方法不僅能將資訊提供給業者作為該區域的業績考量，也能使業者自行了解百貨商場內哪些區域須是顧客最喜歡的，哪些區域須要改進，使得商場之營運更為成長。

二、智慧型行動裝置

智慧型行動裝置(Smartphone)，隨著時代的進步，已在人們的生活中開始普及，其功能上從單一的話筒功能發展至今，早已成為一台個人化的智慧型微電腦，不僅能運

用智慧型手機查詢相關資訊、還能隨時隨地接收從各地傳來的訊息。

目前市面上的智慧手機所運作的嵌入系統為 iOS 與 Android 系統為主，其 Android 開發性又高於 iOS，且應用軟體開發費用又遠比 iOS 低上許多，若想製作個人化或自行開發應用程式，也不須透過複雜手續及可測試，因此智慧型手機的功能也相對得越來越多，使得現在的智慧型手機早已超越了多年前的家庭主機，且台灣 Vpon 也針對 2013 年台灣行動市場提出一份報告指出[18]，全台有 1,270 萬隻不同的智慧型手機連線到 Vpon 行動廣告，且每個月遞送廣告量高達 15 億，由此可見得手機已成為人們生活中的一環。

三、數位電子看板

數位電子看板(Digital Signage)[23]已逐漸與建築物融為一體，在一般住宅大樓中，管理員已運用數位電子看板將公告資訊傳遞給住戶，不僅大量減少紙張的開銷，也無須擔心資訊過期或資訊錯誤無法更換的問題，在百貨上也有許多商家將電子看板運用在廣告上面，不僅能夠運用亮麗生動的畫面吸引消費者，也可以隨著季節變換或是新產品的推出更換廣告內容，不須再運用傳統的人形立板作為奪目的標誌，也大大減少耗材的開銷，且根據研究機構 iSuppli 預估，全球數位電子看板市場從 2005 年至 2010 年，平均每年得成長幅度達到三成的高成長幅度，到 2011 年時，數位電子看板市場規模已達到 146 億美元，而用於室內設施的數位電子看板全球市場規模占 75 億美元。

但市面上大多得數位電子看板皆以封閉式的方式運作，所以擴充性與實用性並未想像中的大，大多數商家都是額外連接撥放器或電腦做撥放的動作，而本研究所提出的數位電子看板是結合開發度與高彈性的 Android 嵌入式系統，並搭配無線網路(Wireless Network) 使電子看板能夠做無線溝通提升可用彈性。

四、無線感測網路

無線感測網路(Wireless Sensor Network, WSN)，是由許多分散於環境中的自動感測節點所組成的一種無線通訊計算機網路，經常被使用於監控、感測環境改變或是物理狀態(如：溫度、照度、濕度、壓力、二氧化碳、汙染物等)，在造價上比起其他無線感測器相對便宜，因此在一般企業也有許多運用將 WSN 納入其中。

無線感測網路最初起源於戰場上的監測等軍事方面的應用，用於偵測敵方環境資訊，於天空大量釋放，將感測器布滿敵軍領地，即可獲得敵軍環境資訊，經過多年發展應用後，現今已被普遍使用於許多不同的領域，在生活上例如：環境及生態監控、智慧住宅、安全照護...等，在環境感測上也有許多應用，就如同偵測敵方技術一樣如：地質偵測、環境變化感知、橋梁位移偵測，水位偵測等。

WSN 可分為獨立型電源與外接式電源兩種，獨立式電源為使用水銀電池做為電力來源，多為運用偵測大環境感知，或需要埋於土中等等，可透過軟體撰寫使得 WSN 可以分批被喚醒，如此可使環境感知時間拉長；外接式電源多為感測某個特定地點如：公共場所環境等，因不需要特別去移動，其原因在於希望 WSN 能長時間監控環境。

五、無線射頻輔助定位技術

無線射頻技術(Radio-frequency identification;RFID)，是一種透過無線電頻率的電磁場與相同頻率的標籤做溝通，運用在人們的生活中也不計其數，如：悠遊卡、門禁卡、物流監控....等。

在室內中運用可自供給電源之 RFID 主動式標籤，使環境中部分人群能由監控系統了解人員所在狀況，運用訊號強弱方式定位出人員所在之位置，只需透過讀取器、主動式標籤、中介軟體等並搭配適當之演算法即可定位出較為精確的定位結果，其應用上可做為室內人員監控、人員控管與避難逃生等，在室內定位優於 GPS 定位之精準度，在環境中能使工作人員或服務人員配帶，在中央監控時即可給予該配帶主動式標籤之工作人員協助其他人員逃離。

六、避難引導規劃演算法

當大型建築物發生緊急危難事件需要進行人員疏散時，如何讓人群以最快的時間並且安全有效率的逃離災害現場，大幅減少人員傷亡是本計畫首要解決的問題。演算法的目的在有效且及時的將大樓內部的人往逃生出口導引，以人員安全為最優先考量，並使用分群的概念將避難者分為不同的群體並分開導引在遠離火源的同時以最有效率的路徑前進以漸少逃生時出口及路徑的負擔。以安全且有效率的路徑將人員往出口導引，讓人群可以在最短時間內安全的離開火場。

本避難逃生演算法延續去年「電子火災逃生指示地圖與避難引導系統研究」所提出之逃生演算法，以結合宏觀 (Macroscopic) 以及微觀 (Microscopic) 兩種概念的方式，導引人群避開火源的同時也考慮人群之間可能造成的推擠、踐踏等問題。於演算法設計中考慮了溫度、人群密度、逃生路徑是否有足夠的光源及距離火源遠近等條件作為逃生路線規劃時的判斷條件，在演算法運算時首先考慮各區域中人群的密度避免區域的人群密度過高造成危險以及依照不同的判斷條件做出相對應的路徑更改，並將同一區域的人群給予多個疏散方向的導引以舒緩單一逃生路徑上的人數，讓人群在進行逃生疏散時擁有較為順暢的路線並且不易造成推擠、踐踏等其他的傷害。

七、模組化管理與開發

一個完整的系統上最大問題在於無法便利進行系統的維護與修正，一般的工程師針對程式撰寫時皆以直覺性之開發，並非去考量到往後維護問題，使得系統若出了問題不知道該從何下手，進行相關的修正與維護，為了能使本系統能夠順利維護並且安全性運行，本研究將運用模組化與可擴充性化開發，使的本研究更能展現系統之完整性與高彈性。

貳、研究目的

本計畫「智慧型避難引導系統結合影像技術之研究」，結合影像處理辨識、數位電子看板、智慧型行動裝置、環境感知等技術，建置一套完整的避難導引系統。適用於建築物室內環境，不僅能隨時監控環境資訊與空間中的維安，在環境安全無慮下能提供廣告、政令宣導、訊息廣播等應用，在緊急時刻發生時，更能成為一套導引規劃系統，提供避難者最佳安全路徑。使其成為一套多實用性的數位逃生導引系統。

考慮以上相關目的及應用，本計畫研究重點可以歸納為：

1. 運用視訊監控人群流動，且運用無線射頻系統輔助監控人員位置，並整合無線感測網路環境感知，建置智慧型結合影像技術避難引導系統。
2. 建置一個具即時環境資訊之電子火災逃生地圖，可結合大樓逃生避難基本圖資，規劃出安全逃生路線。

3. 火災發生時，藉由無線感測網路提供環境資訊警示人員避難。
4. 避難過程中，由中央監控系統將正確之避難資訊傳至數位電子看板與智慧型行動裝置，以提供使用者更多資訊與安全的逃生路線與方向。

第二節 研究方法與進度

本研究計畫目標為整合建築研究所過去相關研究之成果加以改良並結合影像人流辨識技術，研製一套具有環境監控感知、人群監控與人流監控之整體環境感知之室內火災逃生導引系統，並且實際建立一套數位電子地圖結合影像處理人群分流導引示範離型系統，以驗證數位化與整體技術之可行性。在研究過程中，依序建構 ZigBee 無線感測網路子系統、RFID 人員輔助定位子系統、人群監控子系統及中央監控主系統，並搭配過去之演算法進行適度修改使其符合本計畫運用電子看板與智慧型行動裝置導引之需求。

壹、研究方法

本計畫旨在結合無線感測網路、無線射頻辨識系統、監控人流系統之數位電子地圖結合影像處理人群分流導引示範離型系統。其中包含無線感測網路、無線射頻辨識系統、監控人流系統、中央控制系統、以及逃生路徑演算法等多套子系統，並結合前二年智慧型行動裝置避難引導系統。為達成以上目標，擬採用以下研究方法：

1. 相關文獻資料分析法：

採用次級資料分析法，蒐集國內外相關研究主題之文獻資料，並分析與本研究之相關性，提供所需之工具與領域知識。擬回顧之文獻，包括國內外性能式防火設計之經驗、國內外 ICT 技術之發展、國內外智慧型防火防災技術之發展等文獻。

2. 子系統功能建構：

電子火災逃生引導系統、人群監控系統、中央控制系統、逃生路徑演算法等各子系統之分別功能建構。

3. 系統整合及驗證：

實際建構一套智慧型結合影像技術避難引導系統，並進行相關驗證確保系統可正常運行。

4. 專家學者座談法：

邀請國內專家學者進行座談會議，以議題討論方式，進行研究內容審視及改進。

貳、研究進度流程表

本計畫之研究流程步驟如圖 1-1

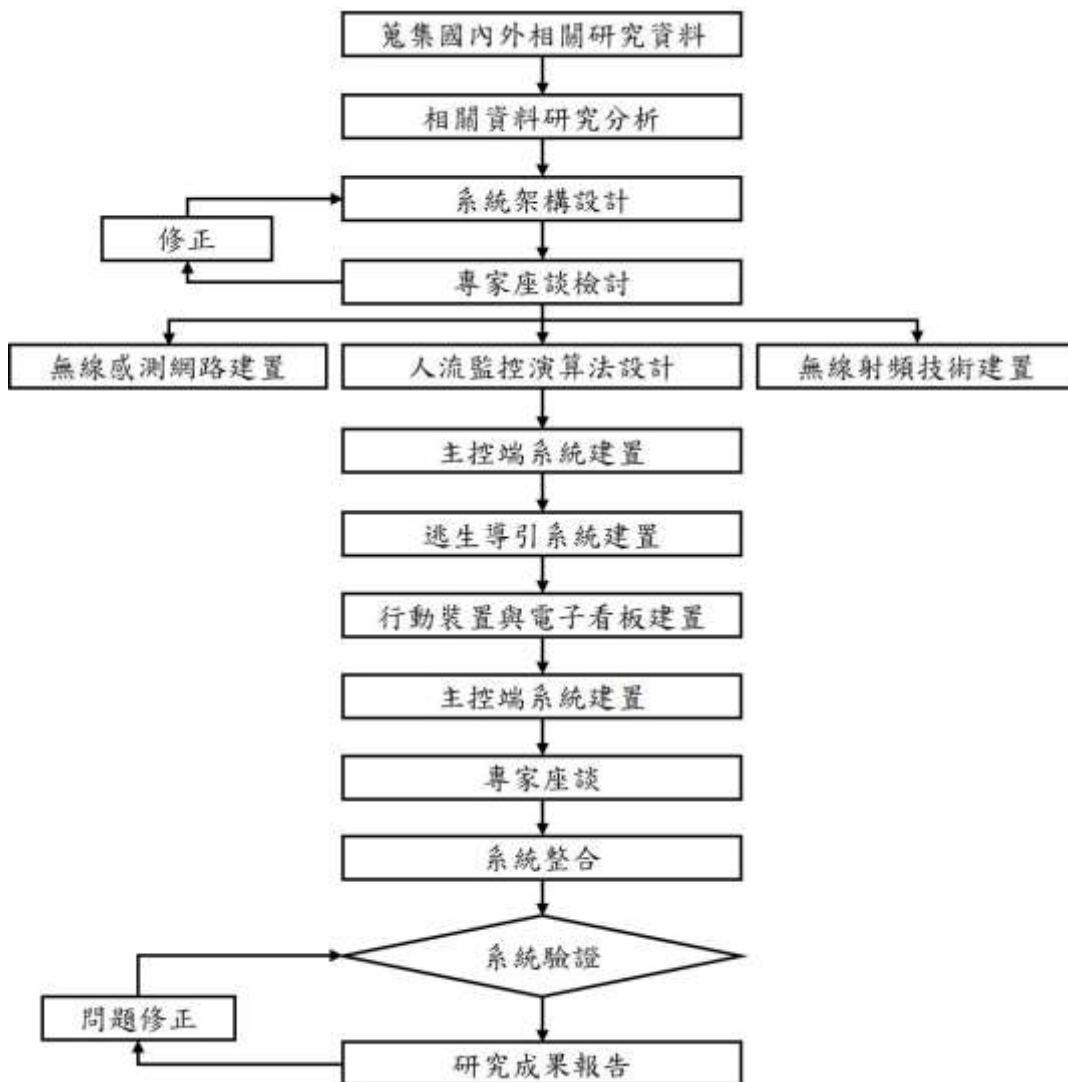


圖 1-1 計畫研究進度流程圖

(資料來源：本研究自行繪製)

參、進度說明

本計畫依照規劃時程已完成淺色之工作項目，灰色之工作項目亦依照預定時程進行中。計畫執行進度及工作項目符合預定進度。

表 1-1 計畫進度規劃時程表

月次 工作項目	第 1 個 月	第 2 個 月	第 3 個 月	第 4 個 月	第 5 個 月	第 6 個 月	第 7 個 月	第 8 個 月	第 9 個 月	第 10 個 月	第 11 個 月	備 註
1.蒐集國內外 相關研究資 料	■											
2.相關資料研 究分析	■											
3.系統架構設 計				■								
4.無線感測網 路建置					■							
5.無線射頻辨 識系統建置						■						
6.主控端系統 建置							■					
7.逃生導引系 統建置					■							
8.行動裝置與 電子看板建 置						■						
9.監控人流系 統建置							■					
10.系統驗證										■		
11.成果報告											■	
預定進度 (累積數)	9	18	22	26	35	48	65	78	87	91	100	
<p>說明：1 工作項目請視計畫性質及需要自行訂定，預定研究進度以粗線表示其起訖日期。</p> <p>2 預定研究進度百分比一欄，係為配合追蹤考核作業所設計。請以每1小格粗組線為1分，統計求得本計畫之總分，再將各月份工作項目之累積得分(與之前各月加總)除以總分，即為各月份之預定進度。</p> <p>3 科技計畫請註明查核點，作為每1季所預定完成工作項目之查核依據。</p>												

(資料來源：本研究自行繪製)

第二章 蒐集之資料、文獻分析

第一節 避難者心理分析與逃生導引規劃

壹、避難心理與行為

在設計逃生避難演算法上，必須要考量到避難者的心理因素，才能夠妥善的設計出避難引導逃生演算法。日本學者室崎益輝[21]認為：人類在緊急時刻會因為害怕而產生異於常人的表現，在災害時反應如下：

- 1.迴避性:人類具有迴避危險的本能。例如躲避墜落物品、或逃避煙霧地點之特性。
- 2.習慣性:對日常行動養成習慣。以頭腦強記或藉由訓練，均很難成為習慣性動作。
- 3.追隨性:遵從周圍人員行動的依附性。如附和順從群眾行動等屬之，因此常形成團體行動。
- 4.激動性:當處於恐怖感覺的情況下，所採取的行動往往欠缺審慎、理性的判斷，如衝動或短視行動等屬之。
- 5.僵直性:一般容易出現用力過猛、操作使力過重或身體因緊張而僵直等現象。

室崎益輝亦指出，規劃避難路徑時需考慮避難者的行動特性[21]，例如：

1. 歸原性:一般人有循原路逃離的傾向，如採行原到達的使用工具或方向避難。
2. 日常動線慣性:例如會以平常使用的樓梯、熟悉的通路進行避難。
3. 向光性:循光亮方向避難。
4. 開放性:傾向朝寬敞地方、較寬的樓梯或寬廣的門廳避難。
5. 容易辨識性:一般人會朝首先看到或容易辨識的路徑、樓梯等處避難逃生。
6. 近距離性:一般人會選擇最接近的樓梯、最靠近的通路避難。
7. 直進性:傾向於選擇直線路徑避難。
8. 危險迴避性:迴避危險的本性，例如會迴避發生煙霧處。

9. 安全傾向性:避難者會朝自認安全的路徑避難。

10. 追隨性:會朝人多的方向逃生避難，一窩蜂擠向人多處避難，而且混亂程度越大越容易追隨他人的行動。

國內學者丁育群提出人類的避難行為本能，歸納出五項類型[22]：

- 1.回巢本能：當人們遇到意外災害時，為求保護身體，會本能地折返原來的途徑，或依日常慣用的途徑以求逃脫，因為避難逃生途徑大多靠近常用的走廊、樓梯或電梯附近，以利安全逃到安全梯或出口。
- 2.躲避本能：當人們察覺到有異狀時會直覺地避開。例如，建築物發生火災時，煙及火焰在建築物的中心地區上昇時，人們會向外圍方向疏散；反之，煙與火焰從建築物之外圍部位上昇，人們則會退避到中央地區。
- 3.向光本能：火災發生後濃煙將四處流竄，並多半會停電，此時，人們為求良好的視線，會向四周有光線的地方逃跑，因此依規定及實際需要設置避難方向指示燈及出口標示燈，可以正確引導避難方向。
- 4.左轉本能：一般人多較慣於使用右手，所以右手、右腳較為發達，而在黑暗步行時，採左轉型態比較有利，比較能保護身體。避難者若能預先想好路徑，並以左轉型態往下的方法逃難，將減少混亂而會有更高的存活希望。
- 5.追隨本能：當建築物發生緊急狀況時，群眾會追隨一位領導人以求生存，這位領導人之避難行動是否正確，充份影響眾人性命之安危。因此，對於不特定對象多數人使用之旅館、百貨公司、商業大樓、超級市場、醫院等建築物，適當的引導是很需要的。因此，平時就要對這些引導者做好養成與訓練的工作。

國內學者鄧子正等人[1]綜合歸納 O'Connor[5]、Proulx[6]、Ramachandrn[7]等人的研究，火災中影響人類避難行為的因子約可分為心理因素、住民特性、建築特性、火災特性、避難策略與程序等五類因子，說明如下：

(一) 心理因素

心理因素係指持續的訊息蒐集、解讀及下決定，人員在避難過程中會不斷接收到不同時間的訊息，對於訊息之解讀將影響其避難至安全處之決定，另外，在避難過程中遭遇之濃煙或人員之間的討論等情形，亦會影響其避難行動時間。

(二) 住民特性

包括建築物內人員概況、人員本身對於建築物熟悉度及火災知識與經驗的多寡、事件發生當時情形、人員本身人格特質以及在所屬建築物內所扮演的角色。

(三) 建築特性

包括建築物的型態與使用用途、建築本體結構配置情形、區劃空間、內部活動狀況、照明及標示設備、緊急資訊系統、消防設備等消防安全因子。

(四) 火災訊息

係指火災發生時足以作為讓人員察覺異狀之感官訊息，包括視覺、嗅覺、聽覺等，如濃煙或有毒氣體、溫度、能見度、持續時間等。

(五) 避難策略與程序

火災時人類行為之所以難以預測，主要係在火災發生時各因子間相互影響的複雜性。因此尚包括避難策略與程序，例如全數或部分人員避難之訓練與演練、特殊人員之需求、訓練或演練次數等。

(六) 求證心態

人員接收到火災訊息，無論是來自火煙或警鈴，在進行避難動作前，會先試著瞭解原因並求證，若發現是誤報，人員會選擇「不應變 (nonresponse)」

一旦火災發生時，若能儘早探知，以進行避難逃生，則可增加避難可用時間；有

初期滅火及良好區劃，可以防阻延燒；若有良好的避難路徑及適時的避難誘導，則可縮短人員避難行動所需時間，儘早到達安全地點[21]。若能再加上 ICT 技術，則可提供最即時的火災警報資訊與正確的導引方向，借助智慧型手持裝置，由系統提供給避難需求者即時且正確的避難方向等資訊，本節前述的避難者行為特性，將大為改善，提升避難者的安全性。

貳、避難引導規劃

目前的學者針對逃生演算法的設計方式可分為兩大類別：宏觀逃生演算法與微觀逃生演算法，宏觀的演算法設計上並不會去考慮人群因害怕或其他因緊張產生的心理因素以及人與人之間的相互關係，而是將避難者看作為流水般，由火源區域往出口遵循避難指示有秩序的進行移動，微觀演算法是從人群的角度出發進行逃生路線的演算，首先考慮人群的心理狀態、人與人之間的相互關係，以及人群與路徑的負荷能力與可能衍生的特殊狀況等，例如：距離火源的遠近所造成心理的慌亂、路徑上光源是否充足對人員心裡的影響、相同的一群朋友或是親戚會想要一同逃生導致路徑的擁擠、以及路徑是否有足夠的負荷能力容納人群的通過等。並且考慮所可能衍生的特殊情況後，從避難者的角度為出發點判斷路徑是否適合人群逃生，再推算到整個平面上路徑分配出適合所有人的逃生路線。

依照微觀方式設計演算法，於 2006 年 Tseng 等學者[8]便提出了避開危險區域往出口移動的逃生導引方式，在既有的導引方法上增加了危險區域的概念，使整體環境區分為火源附近的危險區域、以及距離火源較遠的安全區域，並在導引方式上也做出了不同的區分，將危險區域內的避難者優先往最近的逃生出口進行引導，而不在危險區域內的避難者則以優先避開為先區域的方式進行引導，先確定避難者所處區域的安全，再將之導引往最接近的出口移動。避免避難者於逃生過程中接近或穿越災害發生點，造成不必要的傷害。

而 2012 年 Zhou 等學者[9]也提出了一套依循環境變化與火源及避難者位置而演算的個人化逃生指引演算法，該演算法將微觀的人群概念帶入宏觀的路徑規劃方式中，以避難者位於過於擁擠的環境進行逃生時可能造成的推擠、逃生速率下降等問題為出

發點，同時考慮逃生過程中環境亮度對於避難者可能造成的心理與生理上的逃生影響，並且以避開危險區域的方式，給予每位使用者單一的逃生避難指引。該演算法同時也是前年度建築研究所「結合行動通訊之智慧型主動預警及避難導引系統研究」研究成果的其中一部份，該研究最後以行動式手持裝置做為導引時系統與使用者之間的溝通管道，並於去年度建築研究所「電子火災逃生指示地圖與避難引導系統研究」終將其演算法修改並套用於數位電子看板上使用。

第二節 人流計數技術

壹、閉路監控發展

閉路電視(Closed-Circuit Television；CCTV)為針對特定地區進行視訊的傳輸，緣起為1913年英國對被監禁的婦女參政權論者進行秘密攝影開始[18]，到1961年倫敦運輸火車站第一次公開安裝視頻監控系統，因此英國不但是CCTV應用的發源地，也是監控產業最發達的國家，英國人已經對於街道上、商舖中的攝影機不以為意，並習以為常。

隨著科技的進步，使得智慧型監控系統越來越普及化，一組快速而且計算量低的即時人形辨識偵測系統，其用途為在影像監視系統中提供人與非人物體之判別，我們結合背景建構及動態自動調適的更新方式來分割視訊物件，再依照各個物件的區域位置，預測其移動範圍，建立各個物件的完整移動路徑，再將此路徑加以追蹤，判定在整個影像序列中是否發生了滯留事件，且利用截取出之視訊物件輪廓，計算其最小距離轉換值，以建立一多元搜尋樹，並建構成人形資料庫。

近年來，數位監視錄影系統漸漸取代傳統的監視器，不但提升錄影品質增加遠端監看及保全等功能，更方便歷史資料查詢及管理，並已進入新的應用領域。由於全球寬頻網路的建設更趨完善，且數位儲存媒體之技術大幅改進，而智慧型監控系統受到十分之關注。

現今影像監視系統大多使用單一階層系統，它必須維持工作狀態，因此它非常沒

有工作效率，隨時隨地的在消耗功率。而期望之後應用無線感測網路(Wireless Sensor Network, WSN)在影像監視系統中，一個含影像攝影鏡頭它必需隨時攝影而為了將影像傳至主機端，影像必須經過壓縮程序才能達到省時或節省頻寬，壓縮過程必須經過複雜計算而消耗功率。

貳、人群辨識分析

現今社會科技非常發達，可將一截取到的影片作定格，使一連續動作分隔為數張圖片，然後對於變動較小背景物，會因為圖片的相減而被忽略，而當有物體經過圖片相減必會出現有差異部份。

人形辨識通常依據影片中人物活動時外形的可能範圍，然後從此範圍內獲取規律性之資訊，這些資訊可以指出這張影像中人的姿態。這個方法的優點為其可以處理其色彩分成不明顯之人形。人形偵測的問題可以被視為在一個二維資料的特徵空間資料搜尋的問題。

本研究運用物體移動之慣性特性，將前一張影像所取得之物件加上個別物件之運動向量，即可預估在目前影像畫面上各物件所應出現之位置，再依靠各預估位置尋找與原質心最小距離之物件，若物件實際的質心位置與預估位置十分靠近則視為匹配成功，又因物件有可能相互遮蔽，所以遺失之視訊物件必須額外加以追蹤。

一個新的人形追蹤演算法，並且以此演算法配合一主動式攝影機，發展出一套即時的人型追蹤系統。人形辨識可區分為兩部分：人形偵測辨識以及人形追蹤。在人形偵測辨識部分，可使用時間差異(Temporal Differencing Method)在場景中切割出移動的物件，然後根據移動物件的外型以及膚色等特徵，來判斷所偵測到移動物件是否為人型。而在多人環境部分，再藉由顏色的特徵來進行多人的辨識，此一部份所採用的技術是根據人體的比例，擷取出人體中軀幹的部位，把上半身的色彩資訊記錄下來，並將其當成特徵，用來區隔出不同的人，假設當有兩個以上的人出現在鏡頭中時，即可以利用這個特徵，來區別出不同的人，以便系統可以鎖定某一個特定的人來進行追蹤。在人形追蹤部分，本研究使用了卡曼濾波器(Kalman filter)，配合攝影機的動作控制，包含了上下、左右移動，來對人物進行追蹤，並且控制鏡頭的倍率，取得人臉的

特寫照片。

此人形辨識系統有以下優點：(1)改良了傳統式的監視系統，讓監視系統智慧化，不需有人員在現場監控。(2)進行人形偵測辨識動作，只對人形進行紀錄，避免不必要的背景干擾。(3)使用主動式攝影機，會跟隨著人形來追蹤，並將臉部特寫照片儲存下來。(4)可使用於複雜的環境，像是多人環境或者是戶外環境，都可正常動作。

人形計數的部份，是利用上述所建之資料庫，先辨識物件是否為人形，之後再加以統計。實際監視系統測試，人形辨識的正確辨識率達 89%，誤判率低於 8%，其識別技術比較如圖 2-1 與圖 2-2。



圖 2-1 人群影像說明

(a) 走道間入口影像 (b) 在中華大學的擁擠場景 (c) 測試視訊檔中之人群遮蔽景象
(資料來源：本研究自行繪製)

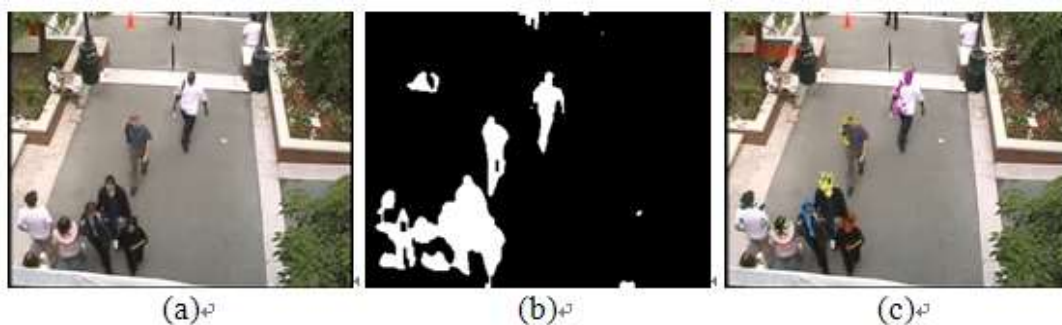


圖 2-2 技術辨識比較

(a) 測試視訊檔中人群遮蔽景象 (b) blob-based background subtraction 方法的前景偵測 (c) 採用 point-based 目標偵測和追蹤，每種顏色代表個別目標
(資料來源：本研究自行繪製)

在本研究中，為了在建築物各區域中偵測個別的目標物以及分析群體移動所產生的軌跡資訊，本研究規劃透過在擁擠環境中偵測、追蹤個別的目標物，以及將群體運動軌跡進行偵測分類。本研究提出的方法為利用 corner 特徵點為基礎發展一項從粗糙到細緻的目標物分割技術以解決在人群中的目標偵測及追蹤技術。在此演算法中，首先利用 Kanade-Lucas-Ttomasi (KLT)演算法尋找 corner 特徵點，再利用 C-Means 演算法將特徵點做粗略的分群，最後運用 corner 特徵點繼承的概念來追蹤所有移動個體目標物，在以下針對 KLT 光流法與模糊 C-means 分群法作介紹：

1. KLT(Kanade-Lucas-Tomasi) 光流法[15]

KLT(Kanade-Lucas-Tomasi) 光流法是對向量 x 做的一個正交變換 $y=\Phi x$ ，目的是變換到 y 後除去數據相關性。 Φ 是 x 特徵向量組成的矩陣，滿足 $\Phi^T\Phi=I$ ，當 x 都是實數時， Φ 就是正交矩陣。

光流的概念是 Gibson 在 1950 年首先提出來的[13]。它是空間運動物體在觀察成像平面上的圖元運動的瞬時速度，是利用圖像序列中圖元在時間域上的變化，以及相鄰幀之間的相關性來找到上一幀跟當前幀之間存在的對應關係，從而計算出相鄰幀之間物體的運動資訊的一種方法。一般而言，光流是由於場景中前景目標本身的移動、相機的運動，或者兩者的共同運動所產生的。其計算方法可以分為三類：

- (1) 基於區域或者基於特徵的匹配方法；
- (2) 基於頻域的方法；
- (3) 基於梯度的方法；

簡單來說，光流的研究是利用圖像序列中的圖元強度資料時域變化和相關性，來確定各自圖元位置的“運動”。研究光流場的目的就是為了從圖片序列中，近似得到不能直接得到的運動場。

光流法的前提假設：

- (1) 相鄰幀之間的亮度恆定；
- (2) 相鄰視頻幀的取幀時間連續，或者，相鄰幀之間物體的運動比較“微小”；

(3) 保持空間一致性；即，同一子圖像的圖元點具有相同的運動

由此可見，做了 KLT 變換之後， Σy 成為對角陣，也就是對於任意 $i \neq j$ ，有 $\text{cov}(y_i, y_j) = 0$ ，而 $i = j$ ，有 $\text{cov}(y_i, y_j) = \lambda_i$ ，所以說除去了數據相關性。最後， y_i 的方差與 x 協方差矩陣的第 i 個特徵值相等，即 $\sigma_i^2 = \lambda_i$ 。

2. 模糊 C-means 分群法[16]

模糊 C-means 分群法 (fuzzy C-means clustering) 簡稱 FCM，乃是一種根據 C-means algorithm 衍生而來的分群法，Bezdek 在 1973 年首先提出該方法[14]，透過模糊邏輯的概念，希望能進一步提升分群的效果。

FCM 與 C-means 最大的差異在於加入了模糊的概念，資料點 x 將不再絕對地屬於任何群聚，而是以一個介於 0-1 之間的數字來表示 x 隸屬於某個群聚的程度。假設預期的分群數目為 c (c_1, c_2, \dots, c_c)，整組資料包含 n 點 (x_1, x_2, \dots, x_n)，則可以以一個 $c \times n$ 的矩陣 U 來表示每個資料點隸屬於每個群聚的程度。倘若針對其中一點 x_j 而言，他隸屬於各個群聚的程度總和應該正好等於 1。

整個模糊 C-means 分群法可以定義出目標函數 J ：

$$J(U, C_1, C_2, \dots, C_c) = \sum_{i=1}^c J_i = \sum_{i=1}^c \sum_{j=1}^n (u_{ij})^m \text{dist}(C_i, X_j)^2$$

假如 J_{now} 已經小於某個標準，或者這次的分群改良效果 ($J_{\text{pre}} - J_{\text{now}}$) 已經過小，則結束本演算法。

為了求得最佳化，針對各傳入參數分別進行微分，便可歸納出下列結論公式：

$$C_i = \frac{\sum_{j=1}^n (u_{ij})^m X_j}{\sum_{j=1}^n (u_{ij})^m}$$

參、技術應用實例

2014 年 3 月 13 日中國安防展覽網 國際新聞：根據人流調整綠燈時間，行人信號燈也智能。倫敦市市長 Boris Johnson 公開宣佈這種智慧交通信號燈可以通過攝影機來

監測人行橫道上的行人數量，當系統檢測到目前有許多人在十字路口等待準備穿過馬路，該智慧信號燈就會自動調整延長綠燈的時間，讓更多的行人有更加充足的時間安全穿過馬路，如圖 2-3。



圖 2-3 智慧型交通信號燈

(資料來源：http://3smarket-info.blogspot.tw/2014/03/blog-post_800.html)

國外大型商場超市安防監控防盜技術探討：人流監控，每天的下班時間和週末往往大型超市人流比較多的時候，超市必須根據超市內人流情況，做出適當的安排並進行人流的疏導，以避免因為人潮而發生不必要的意外。利用遠端視頻監看系統，能使超市管理部門即時瞭解顧客數量與分佈的情況，並據此進行疏導等必要的工作。

在國內，便利商店的數量逐漸增高，工研院設計了一款便利商店智慧型空調省電控制器：人流監控，提高空調設定溫度是超商節能容易施行的方法之一，然而，提高溫度有降低舒適度的隱憂，尤其是原本就較高的室溫，在大量人潮湧入時，溫度勢必再提升，使室內溫度舒適程度大為降低。因此，SPSC 強調在不違反舒適度前提下，依據超商外溫及人流多寡，動態調整冷氣設定溫度，於尖峰時段提供高舒適度；於離峰時段，執行省能模式，經實際驗證，可節省夏季 20% 以上之冷氣耗能。依據超商外溫及人流多寡，動態調整冷氣設定溫度。應用於便利商店、電影院、餐廳、飯店等需要冷氣空調之場所。尖峰時段提供高舒適度；離峰時段，執行省能模式。

人流偵測監控即時完成其從人流計數所獲取的偵測資料，資訊供給商業智能，有效管理智慧，可依使用者的需求以天或週為單位錄影，匯出數據至後端整合系統作進一步分析，作為相關產業的商業智能(Business Intelligence)參考之用，亦能結合滿景資訊的智慧型性別偵測功能，即時就人臉特徵判別，瞭解顧客的消費結構，適用於零售業及娛樂場所，如零售業者可善用此資訊，來瞭解顧客的消費行為，進而提升顧客的

服務滿意度，或規劃商場的動線安排等，達到加乘的行銷效果。

第三節 智慧型行動裝置

壹、發展概要

行動電話於 1990 年以前造價非常昂貴，且形狀上也較不平易近人，只有幾少部分經濟實力較佳的人才買的起，於 1990 年以後價格大幅降低，早已成為現代人不可或缺的科技產品之一；現今，智慧型行動裝置不僅能撥打電話，還能夠隨時隨地掌握資訊，現今正一步一步取代行動電話的存在。

現今，智慧型行動裝置(Smartphone;又稱智慧型手機)，指具有獨立的行動作業系統，可以透過安裝應用程式來擴充手機功能，運算能力及功能，均優於傳統行動電話一類的行動電話，起初智慧型手機功能並不多，後來陸續增加行動媒體撥放器、數位相機、GPS 等功能，如今只需要由網路商城或行動商城即可擴智慧型手機功能，且根據台灣 Vpon 也對於 2013 年台灣行動市場提出一份報告指出，全台有 1,270 萬隻不同的智慧型手機連線到 Vpon 行動廣告，且每個月遞送廣告量高達 15 億，由此可見得手機已成為人們生活中的一環。

不僅如此，智慧型手機功能也隨時代進步增加，只需要依靠適當之應用軟體平台即可下載最新且功能最齊全之應用軟體，人們也能運用智慧型手機製作文建、閱讀書籍、觀賞電影，甚至監控居家安全等多種具全功能，此便利之工具使人們更無法脫離智慧型手機的時代。

貳、智慧型手機系統比較

目前市場上智慧型手機所搭載的嵌入式系統著名的為，由 Google 公司所推出的 Android 系統、Apple 公司所推出的 iOS、Microsoft 所推出的 Windows Phone，根據 IDC 統計[15]，指出去年第三季全球智慧型手機出貨量高達 2.1 億支，比前年同期成長了 39.9%，另一方面智慧型手機的平均單價下滑了 12.5% 為 317 美金，Android 平台在去年第三季創下了 81% 的市占率，iOS 市占率為 12.9%，Windows Phone 市占率僅有 3.6%，且並根據市場研究機構 Strategy Analytics 發表於 2014 年 Q1 平板市場報告中，

出貨量高達到 5,760 萬台，與去年同期的 4,830 台相比，成長 19%。分析各作業系統所占的比例中 Android 市占率也高達 65.8% 由此可見，嵌入式 Android 系統早已成為智慧型手機上不可或缺的重要系統。

參、推播背景喚醒機制

Android 系統背景喚醒機制(GCM)[4]讓手機的 App 可以被外部事件主動觸發及啟動，如圖 2-4，基本上包含註冊 API Key、Android 客戶端裝置註冊 GCM、App Server 推播訊息給 Android 裝置三個階段。



圖 2-4 背景喚醒機制(GCM)示意圖

(資料來源：MagicLen.Org <http://magiclen.org/android-push-notification/>)

運用 Google Cloud Messaging for Android API 使 APP Server 能將資訊推波智 Android APP 中，為了使 GCM 辨別要傳到那些裝置上，必須先讓這些裝置向 GCM 做註冊，因此 Android 裝置必須提供 Sender ID 給 GCM 來要求使用 GCM 功能(提供 Sender ID 是為了要讓 GCM 知道是由哪個上個部份提到的 Console 專案所發出的通知訊息)。如果 GCM 同意讓 Android 裝置使用它的功能，會回傳一個獨特的，代表這個 Android 裝置的 Registration ID。這個 Registration ID 應該要交由 App Server 來儲存，讓 App Server 知道底下有哪些 Android 裝置能夠進行訊息推播，當 APP Server 有了 API Key 與 Registration ID 即可使用 GCM 傳送推波給指定 Android 裝置的訊息。GCM

接收到 App Server 傳來訊息後會去判斷傳入的 Registration ID 對應到裝置並將訊息推送出去。

第四節 數位電子看板

壹、介紹與應用

數位電子看板在這個科技化的時代中已融入至每個人的日常生活當中，不論是在捷運大廳、車站中和路邊的廣告看板或者是在便利商店中的銷售系統等，可見電子看板已經被大量的廣泛應用於我們的生活中在應用上也更為廣泛，如：在百貨公司有許多商家皆會在樓梯間或梁柱中放置數位看板連續播放百或資訊促進人群消費能力，火車站將看板運用於通道間使得忙錄無時間對照牆上火車時刻表之旅客能一目了然火車資訊，在捷運上也能使旅客了解乘車資訊與捷運內部相關資訊等種種例子也顯現出數位看板在生活商也變的越來越重要，以下將針對電子看板的背景及特性做相關介紹。

貳、技術原理

數位電子看板代表即時、動態改變以及數位化的多媒體影音內容之創新傳送型態，以在單店內的多區或多定點同時設置各種型態的平面顯示器作為系統對外內容傳遞介面，目的在於適時地提供資訊、娛樂和廣告為主的內容來吸引關鍵消費族群的注意力，並且通常透過網路設備的連線功能由控制中心做遠端統一控制。

傳統數位電子看板多為封閉性市場環境，相關產品解決方案偏於垂直整合應用，甚至是特殊場所應用為多，早期數位看板僅用於簡單的訊息傳遞，例如單純的圖卡內容展示，或單純的圖片更換、輪播，即使以影音動畫為展示重點的廣宣應用，大多數僅有預錄影片的單純播放設計，在雲端的應用僅止於遠端利用網路傳送資訊性內容並透過大型主機或中央伺服器傳輸資料，而數位看板本身無法自主性控制或調整，純粹只是一種大型螢幕提供服務閱聽眾的傳統動態告示板，而無法作更開放式的互動。

而整合數位電子看板的問題在於各軟/硬體供應商資源難以整合，即使採工業標準架構進行開發設計，實際因應數位電子看板特殊應用需求時，系統開發者仍須花大量時間進行相關系統的介接與整合，系統整合商往往須花上更多時間，進行尋找相關解

決方案、元件、裝置，而專案開發後期的功能驗證與反覆修改，也限制了相關業者投資數位電子看板的意願。

以目前數位電子看板相關應用發展，軟/硬體趨向尋求更開放的系統架構與解決方案，因應不再僅是單傳訊息傳遞與展示的使用型態，新的應用觀念以朝系統化整合應用進行相關功能開發，為集廣告(Advertising)、資訊(Information)、娛樂(Entertainment)的 Adfotainment 整合應用平台。數位看板已發展至可結合 LCD、LED 戶外監視器或公眾監視器，與資訊系統整合的資訊架構，為提供各種即時訊息與廣告的資訊服務介面。近年數位電子看板逐漸侵蝕印刷式海報與燈箱看板等廣宣模式，成廣告商行銷利器。

參、規格比較

現今在無線網路及嵌入式系統的蓬勃發展之下，數位電子看板的技術也日漸成熟，並且在液晶面板大尺寸化與成本降低下，已經有越來越多商家願意將傳統的平面廣告替換成數位電子看板。且數位電子看板能夠達到傳統平面廣告所不能達到的功能，如表 2-1 所示。

表 2-1 不同廣告形式的比較

	招牌告示	印刷廣告 DM	電視廣告	數位電子看板
廣告載體	✓	✓	✓	✓
具大螢幕尺寸	✓		✓	✓
網路連線功能				✓
遠程控制能力			✓	✓
隨時修改內容				✓
節省人力時間				✓

(資料來源：張芬瑜，民國 94 年 數位顯訊器之產業結構與競爭動態分析)[22]

而目前市面上各家數位電子看板業者也紛紛推出其數位電子看板整合方案及數位電子看板管理系統，下面列出目前數位電子看板存在的幾項問題：

1. 管理者的時間及人力成本昂貴：

在宣導與廣告上，抽換都必須透過外在儲存裝置才能順利更換其版面與宣導內容，

若該地區有許多數位看板，管理者必須要花費額外人力費用請工作人員一一更換，不僅麻煩也非常封閉。

2. 眾多數位電子看板非複合式：

目前市面上的數位電子看板較多為單純傳播廣告與宣導，並無結合其他應用整合，使得數位看板無法如期活用，功能性上相對較無用處。

第五節 無線感測網路

壹、技術原理

無線感測網路(Wireless Sensor Network)，是由許多空間的自動裝置組成的一種無線通訊網路，這些裝置使用感測器協作監控不同位置的物理或環境狀況，ZigBee 為 WSN 的其中一種被廣泛使用的協定。

ZigBee 是一種低速短距離傳輸的無線網路協定，底層是採用 IEEE 802.15.4 標準規範的媒體存取層與實體層。主要特色有低傳輸速率(250kbps)、短距離(一般約為 50-100 m，依耗電量之不同，可提昇至 300m)、低消耗功率、低成本、支援大量網路節點、支援多種網路拓撲、低複雜度、快速、可靠、安全。ZigBee 協定層從下到上分別為實體層 (PHY)、媒體存取層 (MAC)、網路層 (NWK)、應用層 (APL) 等。網路裝置的角色可分為 ZigBee Coordinator、ZigBee Router、ZigBee End Device 等三種。

ZigBee 可支援主從式以及點對點的運作方式，最高可擴充至 65536 個節點，擁有非常高靈活的擴充特性。目前已被廣泛使用於環境監測、安全控制、電子設備自動化、醫療照護、置換住宅等方面，已是無線感測網路內所共同認可的短距離無線通訊技術之一。

貳、規格比較

與目前所熟知的高頻寬系統一樣，為了獲得最佳性能，使用者可以將低速率網路安排為多重配置。例如，用一條橋接兩個端點的點對點無線鏈路簡單地替換一條通信

纜線。為了消除串接在一起的纜線，使用者可以用一條點對點無線鏈路將遙控面板連接到一台可移動設備（例如機器人）上。許多低資料速率點對點鏈路在各端都含有低成本收發器，可用來轉換通用的通信協定，例如：RS-232。另一種無線網路形式：點對多點，包括一個中央基地台和多個以星形或中心輻射（hub-and-spoke）模型安排的無線節點。儘管 Bluetooth 和 IEEE 802.11 被認為是高頻寬網路，但它們的各種衍生產品都是以點對多點模型為基礎。

Bluetooth 採用跳頻展頻來抵抗干擾，並且以大約 720 kbps 的峰值速率傳送資料；ZigBee 的最大速率為 128 kbps。基本的 Bluetooth 協定要求複雜的通信協定棧，消耗多達 250 kbytes 的系統記憶體資源，而 ZigBee 控制器要求少於 32 kbytes（8 位元控制器）。ZigBee 設備可以快速連接，交換資訊、分離，然後再回到深度睡眠狀態，以便獲得長久的電池壽命。Bluetooth 模型假定了類似蜂窩電話的週期性電池充電。Bluetooth 網路增加一個新的從屬節點需要超過 3 秒的時間；ZigBee 則只需要 30 毫秒。最後，Bluetooth 受限於 7 個使用者端；ZigBee 則可以處理成千上萬個使用者端。

表 2-2 不同通訊協定間的比較

	802.11b	Bluetooth	ZigBee
傳輸距離	100m	10m	70~300m
開發複雜度	高	普通	低
可容納節點數	視硬體能力而定	8	65536
資料傳輸率	11Mbps	1Mbps	25Kbps
安全性	SSID / WEP	64/128 bit	128 bit / key define
可否搭配感測器	否	可	可
生命週期單位	小時	天	年

(資料來源：本研究自行繪製)

參、應用發展

ZigBee 發展至今已廣泛的應用於本研究的日常生活中，如：智慧型住宅的控制(圖 2-5)、安全門禁系統的控制、醫學監測、環境監控等。在 2010 年 Yu 等學者[10]發表的論文中，作者建立了一種使用 Octopus X 平台為基礎並以 Zigbee 為傳輸方式的環境感測器，實作溫度、濕度、照度、一氧化碳、二氧化碳等多種不同功能之環境監控感測器(圖 2-6)，並佈署於建築物中，再依據感測到的環境資訊調整建築物內相關的電器，更利用所開發的系統介面將感測到的環境資訊統整後供管理者查看，落實感測網路於一般民生領域之應用等。

ZigBee 技術提供了以標準為基礎的無線連結能力，使用起來既簡單又方便，應用範圍無遠弗屆。大樓的所有人若充分利用具備 ZigBee 功能的產品，就可以享有許多好處，例如加強控制、減少成本、增加便利性，還能提高設施裡外的安全防護。而 ZigBee 的感應器耗電量低，於非使用狀態時會進入睡眠模式，減省不必要的能量耗損。但 ZigBee 的設計又非常適合分秒必爭的情況，處於睡眠模式的 ZigBee 感應器會在收到訊號的 15 毫秒之內立即回應，並且即時回到網路上運作。即在整個網路上引發一連串的动作：打開大燈，通知警方或緊急救援單位，監視錄影系統會鎖定可疑的區域，各個鎖也會即時因應通知而進行運作。

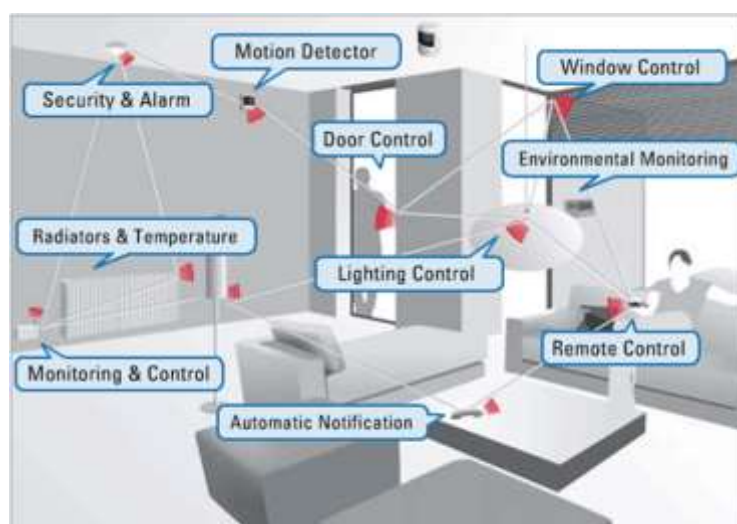


圖 2-5 ZigBee 於智慧住宅中的應用

(資料來源：ZigBee'ye Giriş, <http://okul.selyam.net/docs/index-23892.html>)



圖 2-6 使用 ZigBee 傳輸的亮度感測器

(資料來源：Yu, 2010 CALE)

肆、網路架構

一個典型的感測器網路的體系結構由感測器節點、路由器節點、網際網路(Internet)和用戶介面等組成。在這個網路中，感測器節點通過多跳中繼的方式將數據傳到路由器上，最後由路由器將所收集的整個網路的資料透過網際網路或者其他傳輸方式傳到控制中心進行集中的處理。ZigBee 傳輸協定支援的網路拓撲結構包括星狀(Star Topology)、網狀(Mesh Topology)、以及樹狀(Tree Topology)型態的網路拓撲(如圖 2-7)，每一種結構都有各自的優點且可應用在多種不同的情況下。其中星狀結構的構造最簡單，是由一個 Coordinator 連接多個 End Device 所組成，其優點為結構簡單、維護容易、低延遲；但是由於單一 Coordinator 所能服務的 End Device 數量有限，所以較不易進行網路的擴充。網狀結構是由一個 Coordinator、多個 Router 以及多個 End Device 所組成，Router 之間可彼此互相溝通與傳遞資訊，網狀結構可提高較高程度的可靠性，資訊也可通過不同的傳輸路徑進行傳遞，擁有多點跳躍、網路形成彈性、低延遲等優點，但是路由成本較高且必需搭配路由表的儲存。樹狀結構也是由多個 Router 以及多個 End Device 所組成，從結構的本質看來可說是網狀結構與星狀結構的綜合體，但與網狀結構不同的地方是樹狀結構的網路型態有如樹木一樣以 Coordinator 為中心延伸出許多不同組的枝葉，而且每一枝葉之間並不會互相溝通，樹狀結構的路由成本較低、在資料傳輸上允許多點跳躍；但其延遲時間較長，且路由重建成本較大。

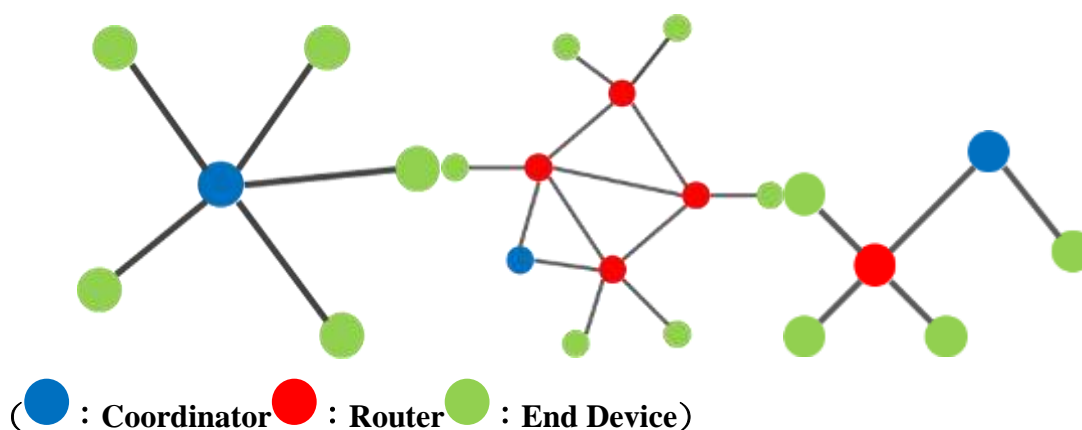


圖 2-7 星狀、網狀、樹狀拓樸結構

(資料來源：本研究自行繪製)

基於安全與便利的考量上，若使用網狀網路拓樸設計網路的範圍就可以輕鬆擴展到建物之外，增強周邊的防護。ZigBee 網路就像籃球架上的籃網每條線都彼此相連一樣，將許多連結至其他區塊的點串聯起來，這些連結會形成堅固的多次跳躍式網狀網路 (Multi-hop Mesh Network)，如此一來，單一裝置無法傳輸資料時，就有其他傳輸數據方式可供使用。在網路上增添新裝置的方式是向主裝置或個人區域網路 (PAN) 的協調元件簡單提出要求即可。網路協調元件一收到要求訊號之後，就會將新的裝置納入運作的網路之中。如果要讓裝置在原本網路周邊範圍以外運作，使用者可以添置無線訊號增幅器 (Range Extender)。

ZigBee 網路可以輕鬆擴充，進而使單一網路可容納多達六萬五千個裝置。在設施中採用大樓自動化的開發商與建築師可以充份運用 ZigBee 來建置無線監控網路，以便集中管理建物內部的照明、暖氣、冷氣、保全系統。建物開發人員與設施管理人員使用 ZigBee 產品之後，就無需佈設監控與管理各場地所需要的線路。以 ZigBee 為基礎的無線網路同時具備彈性，使設施管理人員得以快速重新設定系統，以適應個人或租戶在建物內所做的改變，包括因應公司擴建、縮編、或是想要改變現有的工作空間而進行的改變，如此就能減少裝設與重新改建的成本。

第六節 無線射頻技術

無線射頻辨識技術(Radio Frequency IDentification，簡稱 RFID)，是透過無線頻率(電磁感應、微波…等)方式與標籤進行無線資料傳輸、辨識和交換，傳輸過程中無須建立接觸式傳遞路徑。其標籤又分為被動式、主動式以及半被動式，最大的差別在於標籤是否為自主性供電，被動式標籤必須透過積體電路藉由接收 RFID 讀取器所發送的電磁波進行驅動，因無法自行發送訊號，在傳輸距離上有了相當大的限制，而被動式標籤在本研究現實生活中也時常用到，如：門禁系統、悠遊卡、甚至是身分識別卡等...運用廣泛。

壹、技術原理

RFID 是一種以 RF 無線電波辨識物件的自動辨識技術，RFID 系統最重要的優點是非接觸識別，它能穿透與、雪、霧、冰、塗料和灰塵等惡劣的環境讀取並辨識標籤，並且讀取速度極快，大多數情況下不到 100 毫秒。其主要工作原理是利用 RFID 讀取器發送無線電波訊號，當電子標籤進入讀取器的訊號範圍之中，就能藉由感應電流所獲得的能量發送存儲在晶元的產品信息或某一頻率的信號，以進行無線資料辨識及擷取的工作。RFID 組成元件主要包括讀取器、電子標籤、RFID 應用程式、以及電子標籤內或外加於讀取器的天線。當應用程式欲進行電子標籤之辨識工作時，電腦上之應用程式可透過有線或無線的方式下達控制命令給讀取器，讀取器接收到控制命令後，其內部之控制器會透過內建的 RF 收發器(Transceiver)發送某一頻率之無線電波能量，當電子標籤內的天線感應到無線電波能量時，會將此能量轉成電源，並以無線電波傳回相關識別資料給讀取器，最後再傳回電腦內以進行物件之識別與管理，RFID 的架構如圖 2-9 所示。

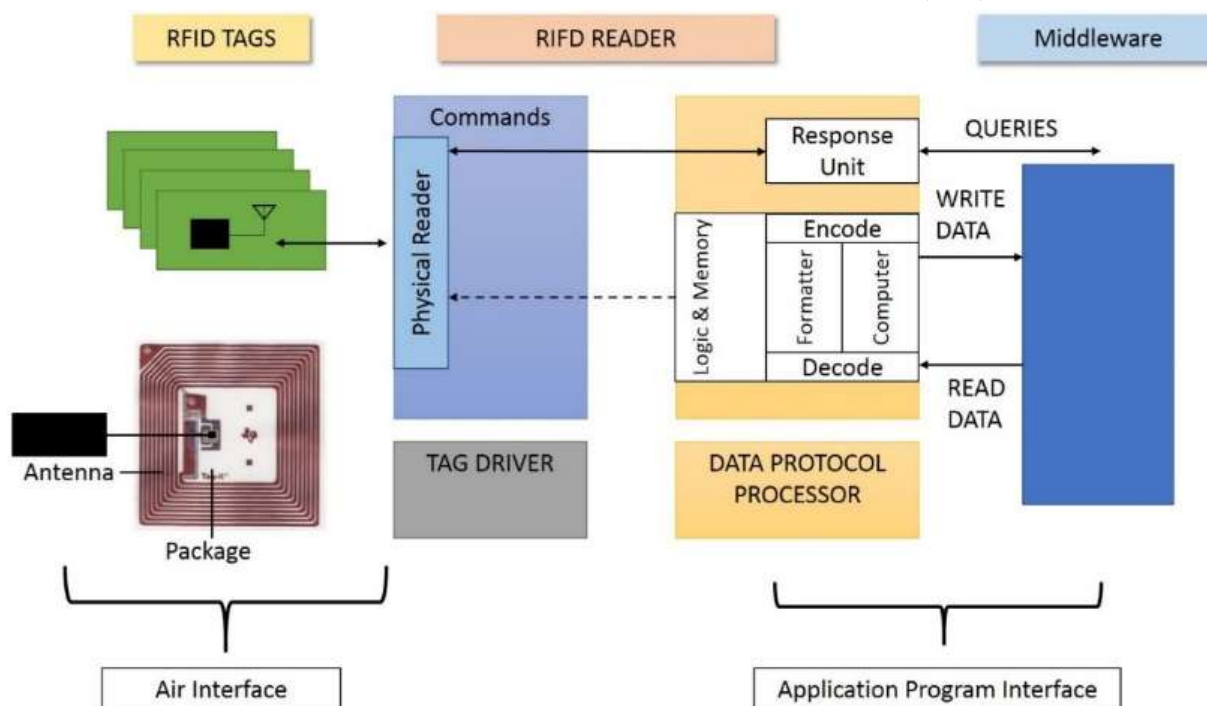


圖 2-8 RFID 架構示意圖

(資料來源：廖建同 2009，設計與建置以 RFID 為基礎的無塵室即時定位系統，本研究自重繪)

識別標籤的外形尺寸主要由天線決定，而天線又取決於工作頻率和對作用距離的要求，在室內定位的應用主要在於超高頻或微波這兩種頻帶。

貳、系統架構

RFID 整體架構是由讀取器 (Reader)、電子標籤 (Tag) 與中介軟體 (Middleware) 三種元件所組成的架構，其中讀取器與中介軟體傳輸介面可經由 RS232、RS285、TCP/IP 與 PCMCIA 等方式傳輸，在傳輸方式中目前以 TCP/IP 最廣泛的被使用。比較重要的是讀取器的架設，架設的方法能有效的減少讀取器的使用並節省成本卻不失其準確度。

參、定位技術

由於 GPS 在室內定位人有準確度的問題，所以 RFID 為基礎的室內定位技術漸漸開始受到矚目，著名的 RFID 室內定位技術主要有 LANDMARC 系統，LANDMARC(Location Identification based on Dynamic Active RFID Calibration)[13] 主要的做法是藉由額外固定位置的電子標籤，建立參考點協助運算並幫助定位，可利用

RFID 訊號強度資訊 SSI(Signal Strength Information)或發射功率(Power Level)的概念去判斷電子標籤的距離。

不過仔細研究 LANDMARC 的系統可發現，此系統的高定位精準度是建立在，以一公尺的間隔就佈署一個主動式的電子標籤作為參考標籤的建置基礎上，就成本方面而言仍是一大負擔，所以由賴武城等學者所提出 VLS [17]方法，是一套優於 LANDMARC 的室內定位系統。

VLS 主要經過虛擬訊號源採樣、Middleware 程式進行訊號強度純化、資料庫系統作為資料中心角色，最後將藉由 LANDMARC 系統中的追蹤點與參考點之訊號強度相量集合，進而推估出追蹤點相對於考點的比重值，使用虛擬點替代指引點的方式來讓定位精準度維持一定的精準度。由中介軟體的運算處理放置資料庫中，因此若有一追蹤物進入，系統將可以取出離線資料庫的訊號值進行訊號強度向量集合、比重運算、座標定位的運算，讓整個虛擬化定位的技術進一步落實降低訊號回饋元件的數量，並可以提升訊號樣本的精準度。

第七節 模組化開發與管理

模組化開發是一種在系統設計上非常重要的一環，傳統工程師在開發時都以直覺性撰寫方式去設計一套系統，導致系統很容易造成不良影響或出問題卻找不出原因來原讓整個系統更沒有安全性可言，目前模組化之開發方法是一種程式設計典範，同時也能夠增加系統靈活性、重用性與擴充功能性。

壹、工作原裡

模組化開發是一種將所有的開發方式以物件(Object)概念作為基礎，讓每一個系統看起來都像是一個一個的物體，並且將所開發好的系統各別分開測試執行，若沒有問題將會如拼圖一般將系統一一拼起來，使得系統呈現完整狀態，並且可以針對各種環境或需求來修正物件，而不需要重新開發或者大量修改，使得系統更為靈活。

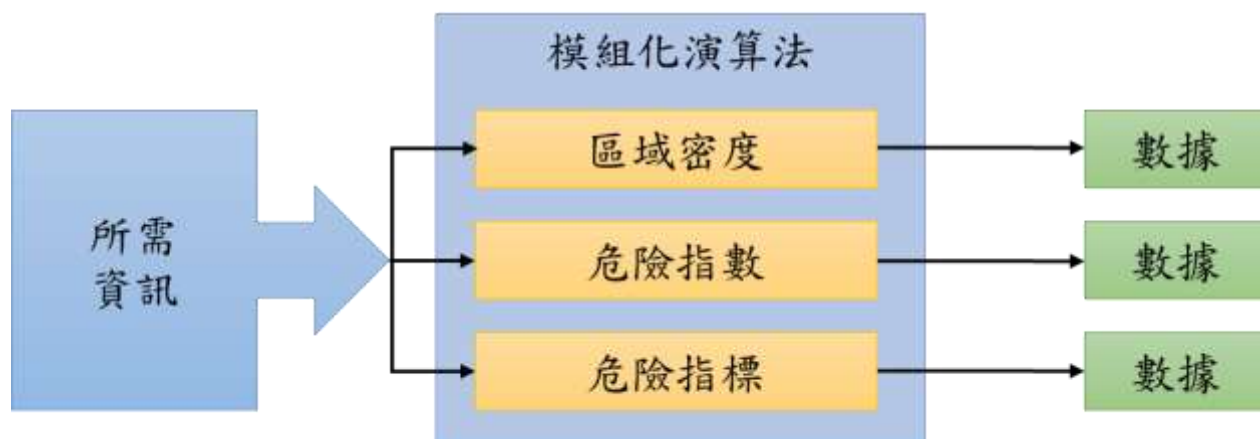


圖 2-9 演算法模組化概念圖

(資料來源；本研究自行繪製)

貳、優勢比較

在傳統系統上無法將系統逐一分離測試，可能會因為某項或某區域之系統產生了問題導致一連串的問題接二連三的發生，設計工程師也無法從何得知到底是哪個地方產生了不良影響，若要將整個系統檢查過，不僅浪費時間還可能會因為誤測或誤改了原先良性系統使其變成錯誤系統。

當系統從初期皆以模組化方式進行設計與開發，如拼拼圖方式將系統逐一拼起，使得各個子系統或子結構能獨立運作，不僅能夠提升結構完整性，且針對環境或系統所需可以更容易的擴充、修改甚至更換，比起傳統的開發方式，模組化更是一種嶄新的開發手法，當產生了錯誤，或者不可避免的問題，模組化管理能將子系統全部拆散，並且逐一測試找尋錯誤，了解問題所在並且針對單一模組作修改與維護即可，不必再將整個系統重新包裝，使得系統更能提升容錯率。

第三章 系統架構與規劃

第一節 系統架構

本數位電子地圖結合影像處理人群分流導引系統，是將無線感測網路、數位攝影機、數位電子看板與智慧型行動裝置並加入無線射頻系統做為系統輔助之逃生導引系統，為求系統可靠性與功能完整性，因此各功能面向及需求皆以模組化作為基礎開發，將系統分為五大模組，分別中央監控模組、無線感測網路模組、人流監控模組、RFID人員定位模組及資訊廣播模組並個別分工後使各模組工作項目及目標明確，已完成完整的逃生導引系統。圖 3-1 為系統架構關係圖，各模組功能描述如下：

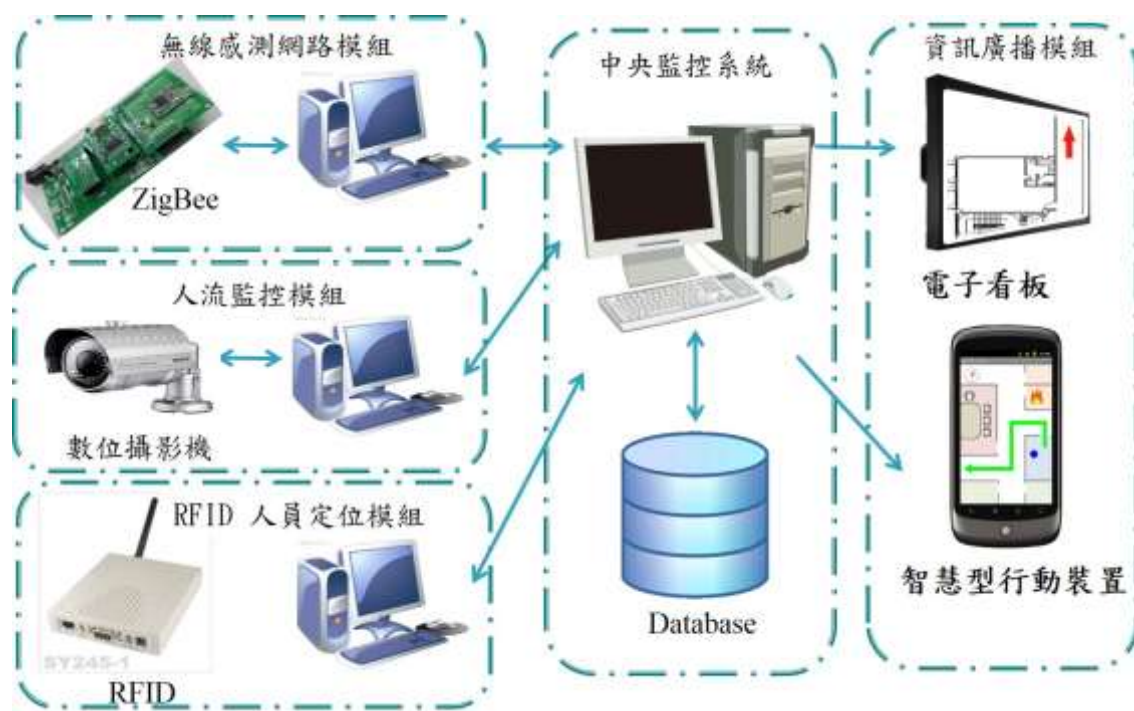


圖 3-1 系統架構圖

(資料來源：本研究自行繪製)

運用模組方式切割後，並將模組分為三大類，如圖 3-2 所示：

1. 資料蒐集：將環境感知、人員位置監控蒐集並回傳於資料庫中。
2. 中控系統：將資訊由資料庫分析，並運算整體避難路線導引。
3. 資訊廣播：由中控系統將資訊傳送至看板廣播或傳至行動應用程式，可將資訊廣播給使用者。

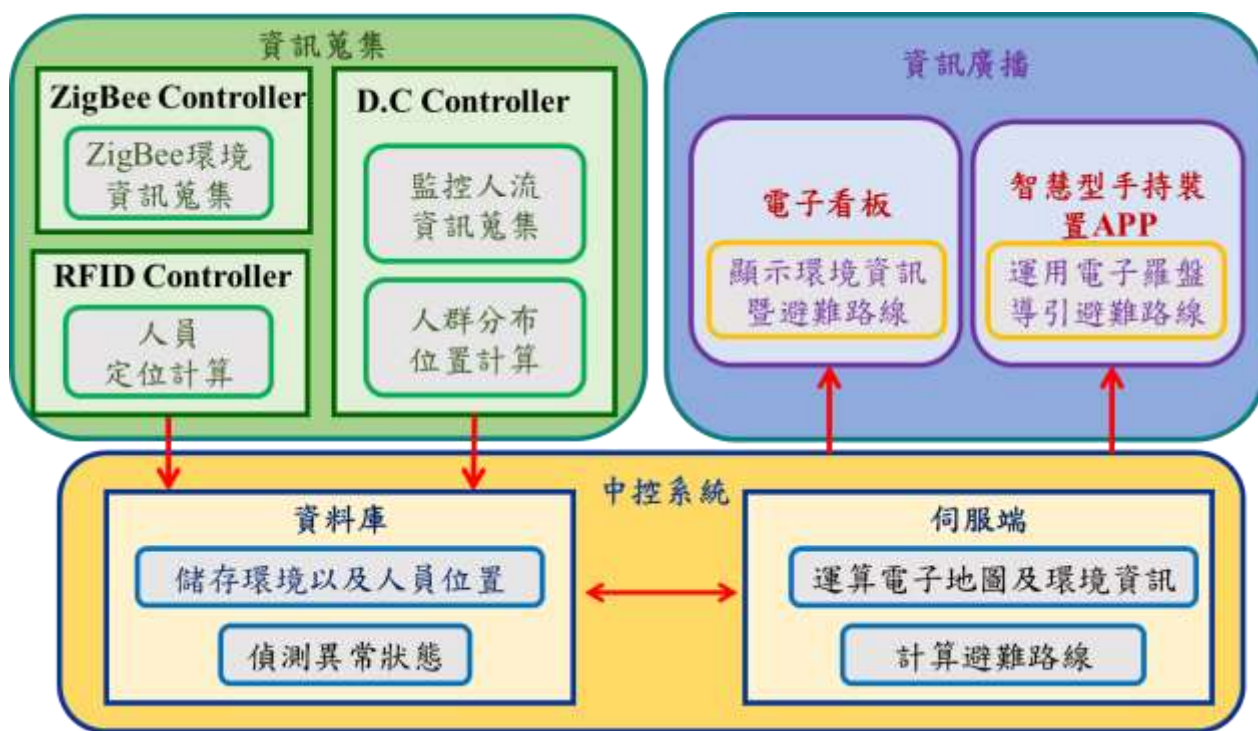


圖 3-2 整體系統流程架構圖

(資料來源：本研究自行繪製)

以下將會根據各子系統架構、規格與功能作介紹；

壹、資料蒐集

一、無線感測網路

ZigBee 無線感測網路目前已被廣泛應用於室內、外多種不同環境的資料蒐集以及傳遞上。本研究亦利用 ZigBee 無線感測網路進行環境資訊的蒐集，並藉以蒐集到的資訊判斷環境的狀態是否正常亦或是需要進行人員的緊急疏散，當環境中溫度濕度或照度感測已達到或超越環境安全值時，將會傳送警告訊息於主控端系統中告知警示，並由主控端判斷其資訊，以下對於本研究所設置之 ZigBee 無線感測網路模組特色及平台進行介紹。

功能特色：

1. 管理者可依需要監控特定區域的環境狀態。
2. 即時且不間斷的蒐集整體環境狀態。

3. 使用分階段回傳的方式以減輕資料庫的負擔。
4. 依照需求以不同頻率回傳所感測的資料，避免資料碰撞。

軟硬體平台

ZigBee 感測部分採用 TICC2530 為核心的無線通訊模組進行環境資訊的傳遞以及指令的發送，並在無線通訊模組硬體上加載照度、溫度、濕度不同功能的環境感測器以測量環境變化。而控制平台則是以 Microsoft .NET Framework 進行開發並成為一套獨立的 ZigBee 控制模組，詳細的使用平台如表 3-1 所示。

表 3- 1 ZigBee 規格表

名稱	描述
ZigBee Sensor	AO-1503 採用 TI CC2530 為核心的 ZigBee 通訊模組
控制平台	Microsoft .NET Framework

(資料來源：本研究自行繪製)

二、人流監控模組

目前已有許多公共場所裝設封閉式網路攝影機，運用其裝置來監控人群流動，並搭配人群流動演算法，即可將空間內人群的移動紀錄至資料庫中，再將其資料與逃生規劃作結合，其功能特色如下：

功能特色

1. 人群流向定位
2. 人數計算

軟硬體平台

人數計算系統利用 DCS-2210 網路攝影機與自行架設的人數計算伺服器結合而成，攝影機為此系統中扮演著獲得環境影像的重要角色，其擁有簡易的外觀設計與一應俱全硬體設備。此 DCS-2210 網路攝影機能夠利用多種程式語言以及多種影像串流格式做開發，將獲得的環境影像透過有線網路交換器傳輸至人數計算伺服器中，再由人數計算伺服器做計算。

表 3-2 網路攝影機與監控技術規格表

名稱	描述
軟體開發	Visual Studio 2013 C# 5.0
硬體設備	D-Link DCS-2210 網路攝影機 D-Link DES-3200-10 交換器 人數計算伺服器

(資料來源：本研究自行繪製)

三、無線射頻技術

無線射頻技術常用於室內定位，在本研究中運用虛擬標籤作為參考標記之 VLSL 室內定位法，其功能特色如下：

功能特色

1. 輔助定位環境人員位置或重要人員位置
2. 降低定位機制設備耗費成本
3. 動態顯示空間中 Tag 的數量
4. 改善定位的環境干擾，減少訊號跳動的誤差狀況

軟硬體平台

RFID 定位模組的開發上本研究採用 SYRiS 公司所提供的 SY245-1N 網路型 RFID 讀取器以及主動式 RFID 感應電子標籤做為定位環境設置的硬體，並且依據硬體應用自行開發符合需求之控制軟體，關於 RFID 模組的軟硬體平台如表 3-3 所示。

表 3-3 RFID 讀取器及 RFID 控制模組軟硬體平台

名稱	描述
RFID Reader	SY245-1N 網路型 RFID 讀取器
RFID Tag	SYTAG245-2C 主動式 RFID 感應電子標籤
控制平台	Xtivity Utility_v0260

(資料來源：本研究自行繪製)

貳、中控系統

中控資料庫與中控系統

中控系統及中空資料庫模負責控制系統整體狀態的切換以及資訊的傳遞，系統所蒐集到的資料皆會經由中央監控模組蒐集至資料庫中且同時藉由所蒐集到的資料對環境狀態進行判斷，以下將針對中央監控模組以及資料庫模組的功能特色以及開發使用的軟硬體平台進行介紹。

功能特色：

1. 智慧預警導引系統的中央監控中心及資訊流傳遞中心。
2. 依環境及事件特性，與 ZigBee Controller 進行資訊傳遞。
3. 依環境及事件特性，與 RFID Controller 進行資訊傳遞。
4. 事件發生時，即時收集環境資訊及人員資訊並執行逃生演算法。
5. 事件發生時，即時與部屬於環境中的電子看板溝通，並導引逃生路徑。
6. 環境安全時，提供電子看板所需要播放的廣告等資訊。

軟硬體規格

中央監控模組使用 Ubuntu 做為伺服器平台，並將管理者所使用的網站平台架設於伺服器內，而且與資料庫保持緊密聯繫隨時存取資料以保持對於整體環境的即時監控，軟硬體平台如表 3-4 所示。

表 3-4 中央監控模組及資料庫模組軟硬體平台

名稱	描述
作業系統	Ubuntu 12.04
網站框架平台	Python 2.7 Django 1.4
資料庫系統	PostgreSQL 9.1

(資料來源：本研究自行繪製)

參、資訊廣播

一、數位電子看板

數位電子看板目前已經相當廣泛的應用於我們的日常生活中，有專門傳播廣告的看板、傳播公共資訊的看板等，而本系統有別於其他的數位電子看板新增加了許多功能，以下為本研究所設計之數位電子看板介紹。

功能特色

本系統設計 2 種不同模式分別於安全情況以及需要疏散導引的情況，管理者可由中央控制模組選擇後電子看板會隨管理者之設定自動切換不同模式。自動切換模式機制讓數位電子看板可以被外部事件主動觸發及啟動。基本上包含編號、讀取/比對、轉換三個階段。

1. 給予電子看板編號：

初期使用時，必須針對數位電子看板所在資訊給予編號，並與中央監控系統為製作設定。

2. 讀取/比對模式

資訊比對、是否有狀況發生，若有將會修正模式，若否會繼續與資料庫比對是否要更新資訊或相關內容。

3. 轉換模式

當資料庫中模式有所修正時，將會轉換數位電子看板模式：

轉換為緊急模式：

數位電子看板會依照資料庫中逃生路線規畫做引導。

轉換為平常模式：

數位電子看板會讀取資料庫中是否有資訊更新，或宣導資訊修改等。

軟硬體平台

本數位電子看板系統利用 22 吋及 18 吋液晶顯示器與 APC Rock 開發版結合而成，嵌入式 Android 開發板-APC Rock 為此系統扮演著輸入與輸出的重要角色，其擁有簡易的外觀設計與一應俱全的硬體設備。

數位電子看板系統，不僅能獨立架設於各場所，也能夠與該場所已經存在之電子看板進行結合。APC Rock 開發版設備在顯示輸出端提供兩種輸出端子，分別為 VGA 輸出端與 HDMI 輸出端，此二種輸出端子能夠連接市售的顯示器並輸出畫面。其硬體實體，圖如圖 3-3 與硬體規格如表 3-5 所示。

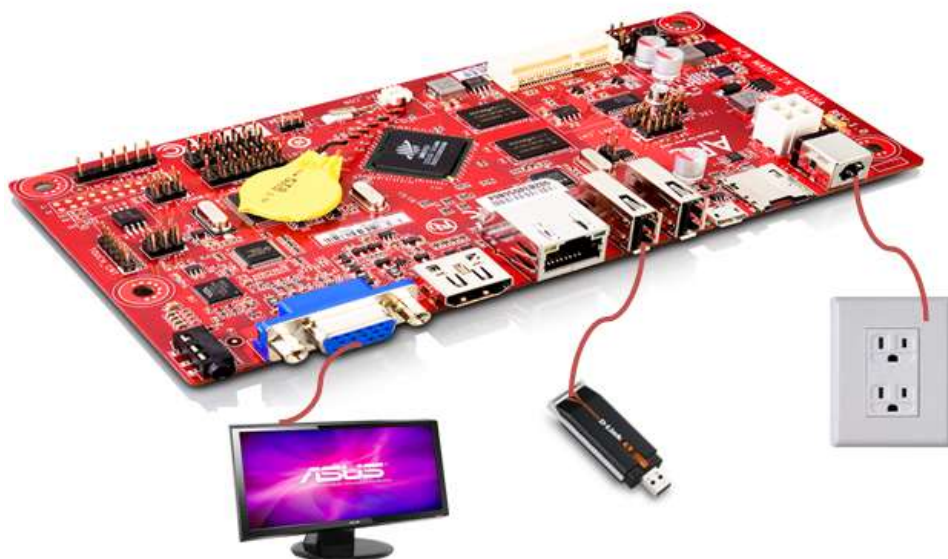


圖 3-3 數位電子看板架構示意圖

(資料來源：本研究自行繪製)

表 3-5 數位電子看板規格表

名稱	描述
數位電子看板系統開發	Eclipse 3.7 Android SDK R18
APC Rock 版本	Android 4.0
硬體設備	22 吋液晶顯示器、18 吋液晶顯示器 APC Rock D-Link DWA-125

(資料來源：本研究自行繪製)

二、智慧型行動裝置

行動手持應用程式為本系統與使用者之間連接的關鍵，利用應用程式可將系統所有資訊以及運算結果以無線行動之方式在適當時機提供給使用者，主要功能特色敘述如下：

功能特色

- 1.即時更新：當使用者觸碰系統上的各點時，能夠即時提供最新的資訊給使用者。
- 2.背景喚醒：當火災發生時，能夠發出警訊告知使用者並提供逃生路線。
- 3.個人化逃生路線：每個使用者都有各自的逃生路線，避免耽誤逃生的時間。
- 4.電子羅盤：當火災發生時，讓使用者能夠在濃霧之中也能看清方向。

第二節 圖資管理與模組化開發

壹、圖資管理

先前之研究因考量系統效率問題而將圖資直接植入系統中，導致系統更換圖資時非常不便且針對不同環境必須要重新建立，因此本研究考量到多樓層圖資導入並且系統能支持不同環境或不同樓層運算，本研究決定將圖資以 XML(可延伸標記式語言)方式匯入演算法中。

可延伸標記式語言(XML)，是一種透過標記使電腦之間可以處理各種資訊的文章，其檔案內容皆為一般文字，且傳送與攜帶上非常便利，但無法直接展示或呈現，因此在製作上只需將規格化之標籤建立完成，即可使程式或檔案能以最簡易方式匯入資訊，不僅能使系統更為活性，且在使用上更為便利，因此運用 XML 使演算法更加方便，可因應各種場合需求來匯入，其 XML 圖資匯入演算法概念圖，如圖 3-4，單一 XML 標籤意義如表 3-6 所示。

表 3-6 單一 XML 標籤意義

標籤名稱	標籤意義	範例
areaSet	區域編號	5
areaNeighbor	相鄰關聯區域	4,6,12
placeMaxPeople	區域最大容積	10
aboutExit	與出口相對距離	5
isExit	是否為出口	1

(資料來源：本研究自行繪製)

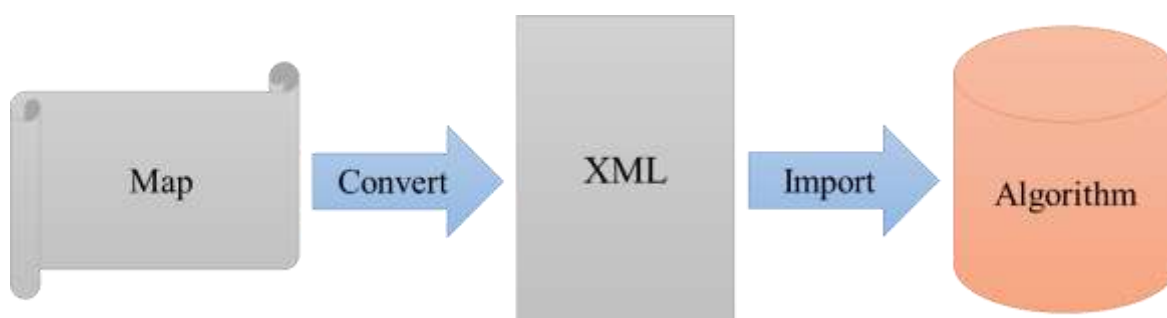


圖 3-4 以 XML 方式將圖資導入演算法概念圖

(資料來源：本研究自行繪製)

貳、演算模組化

往常演算法與系統在設計時皆會以直覺性方式設計於主系統中，雖運算速度較快，但相對來說無卻有法靈活運用的問題，不僅在維護上困難，增加新功能也非常的便利，除了需要將相對應之程式碼重新改寫，還需將許多關聯性內容都必須修正，若有新的圖資就必須要重新將圖資關聯性寫入。

因此本研究考量各種因素後，開始針對演算法的靈活度作開發，在傳統演算法中，無法各針對區域性偵錯，若演算法或系統發現錯誤，修正起來或重新撰寫都非常容易破壞原先演算法的架構，因此模組演算法大幅提升了靈活度與偵錯性，使得演算法在問題上更容易修正，附圖為傳統演算法與模組化演算法差別性，如圖 3-5。

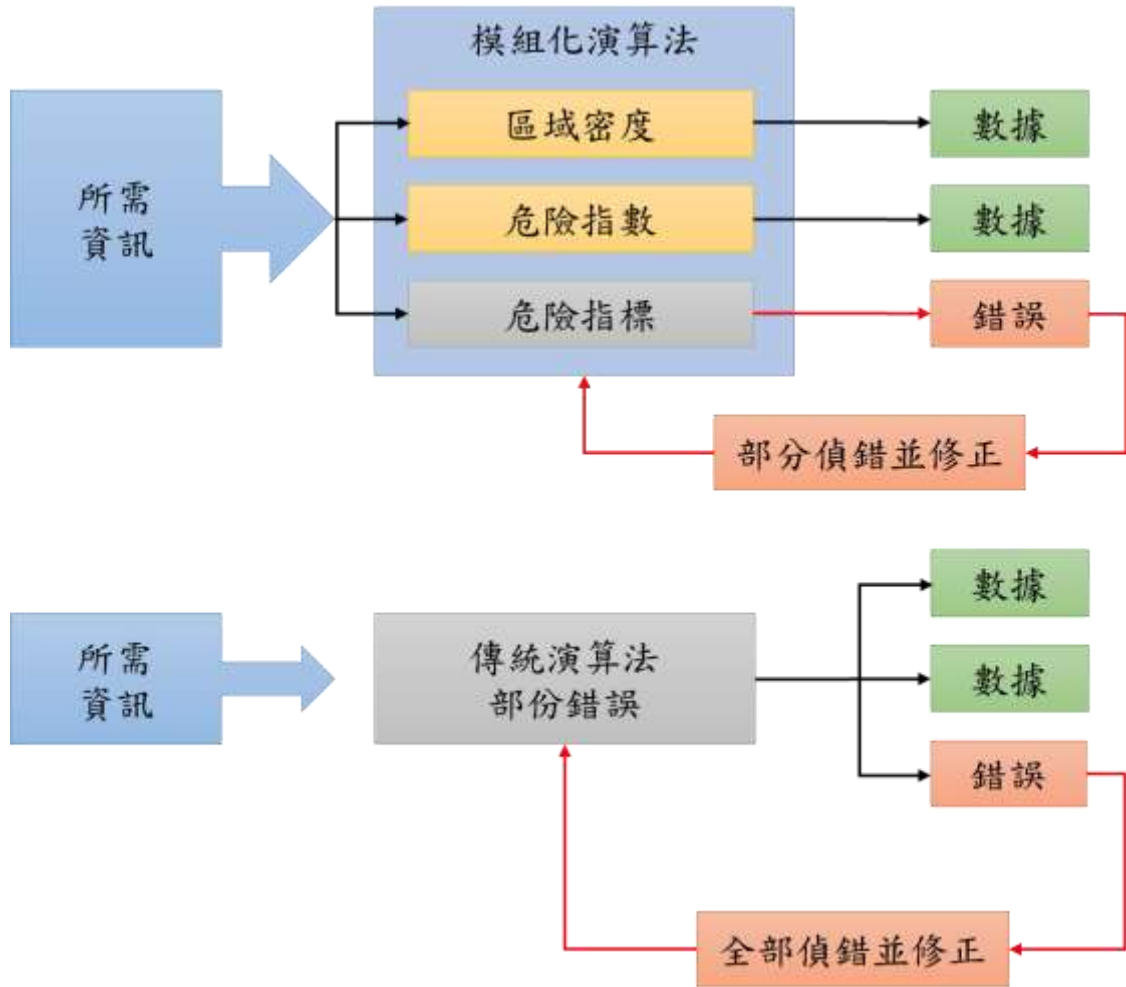


圖 3-5 傳統方法與模組化比較

(資料來源：本研究自行繪製)

第三節 逃生演算法

本研究之演算法將微觀的人群概念帶入宏觀的路徑規劃中，在考量整體路徑規劃的同時也兼顧大樓內逃生人員的心理狀態，使規劃結果可以同時顧及到大樓的整體情況以及人群的逃生情形。

逃生導引演算法分為三大部分，分別是環境參數前處理、火災發生時的逃生路線規劃，以及進行導引時持續的對整體環境做監控。

在演算法前處理部分，先對整個平面進行切割，將平面切割為適當大小距離的區域，並針對每個區域測量所能容納的人數以及有多個出口的房間計算每個門大小的比例。並且由出口往內計算每個節點與出口最近的 hop 數，並將這些資料儲存於系統當

中以供之後演算法運算使用。在平面的切割方法上，以每個房間的出口與走廊的相對關係做為切割的主要依據，以房間出口位於切割之後的區域中心為第一要素，用意是為了減少人群離開房間時在門口游移不定造成定位誤判的問題，以增加之後系統路徑規劃的準確度。在進行路徑導引時會先將各個區域給予個別的數值，依照數值高往低的順序規劃每個區域的逃生路線，依序往出口移動。以內政部建築研究所 13 樓為例，經由我們的方法轉換之後將圖 3-6 原始的平面圖轉換成圖 3-7 的連通圖。



圖 3-6 內政部建築研究所 13 樓平面圖

(資料來源：內政部建築研究所)

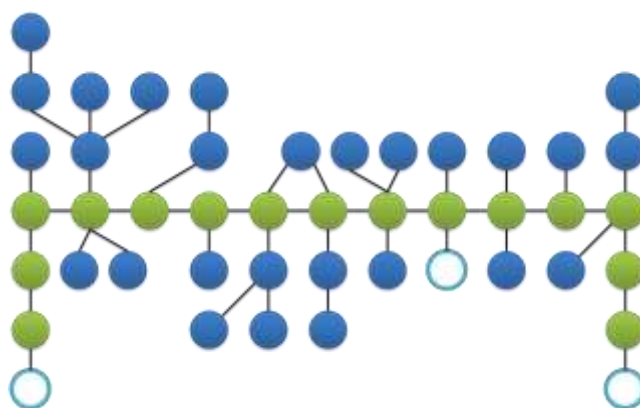


圖 3-7 轉換後之內政部建築研究所 13 樓連通圖

備註:綠色節點為走廊、藍色節點為房間，空心的節點代表出口

(資料來源：本研究自行繪製)

當系統偵測到火災發生時，首先針對平面中所有區域做人員百分比以及火源發生點的計算，目的是要確保逃生時不會在某個區域因為人數過多產生壅擠的情況而阻礙

人員的逃生速度，以及在逃生的過程中不會穿越火源以及鄰近的區域。而在計算逃生路徑的過程中，採用許多不同的環境以及人員的參數進行計算，包括亮度、人群停留時間、區域出口數、區域高度等，依照這些環境情況將人群依附往適合的逃生路線上進行逃生導引。特別是在逃生導引時，依據出口的方向將人群往不同的出口導引以進行分群，減少出口以及路徑的負荷量。路徑及出口的負荷一旦分散，便可減少人群在逃生時可能發生的阻塞之類問題，讓人群可以更順暢的往出口移動。

在本演算法之中，使用了照度、人群擁擠度、人群停留時間以及火災的發生點做為路徑規劃的判斷，以下針對這些參數做介紹。

區域密度：每個區域中人群擁擠程度的百分比。若區域中人數為總容納數的 70%，則於演算過程中將區域密度設定為 70。

事件數值：發生火災區域的數值，在此定義其為 110。

區域高度：將區域密度與事件數值兩者以較高者 80%與較低者 20%的比例結合，但是當其中某一數值超過 90 時，設為例外情形，直接以數值較高者為區域高度。

$$\text{區域高度} = \begin{cases} \text{區域密度} > \text{事件數值} : \text{區域密度} * 80\% + \text{事件數值} * 20\% \\ \text{事件數值} > \text{區域密度} : \text{事件數值} * 80\% + \text{區域密度} * 20\% \\ \text{某一方數值} > 90 : \text{取兩數值中較高值} \end{cases}$$

停留過久：定義為同一人群在某區域停留未離開超過 10 秒，為避免該區域發生了系統所不清楚的危險情況導致人員無法順利離逃，因此將該區域設定為危險區域，並將區域高度提高為 100。

區域最低：某區域並非出口，且鄰近區域的區域高度皆不比該區域低。因為使用的導引模式為數值高往數值低移動，所以會導致該區域人群無法順利往出口導引，在此提高區域數值的方式讓該區域的人群可以順利往其他區域移動並導引往出口。

演算法中為了避免人群於逃生時往同一方向移動造成路徑的擁擠，演算法會在計算完導引路線進行人員導引之前先針對各個區域做檢查，若是檢查到該區域有一個以

上的安全出口，便會將該區域裡的逃生路線進行多方向指引的動作，目的是要減少各個出口以及之後逃生路線上的的負荷，讓人群在逃生路線上的移動可以更順暢。接下來以內政部建築研究所為例，進行實際的導引模擬。

1. 本研究將內政部建築研究所 13 樓的平面圖轉換為以下的節點圖，計算每個節點與出口需要經過幾個節點，當火災發生時，給予火災發生點以及周圍的區域事件數值，分別為 110、95、85、75。

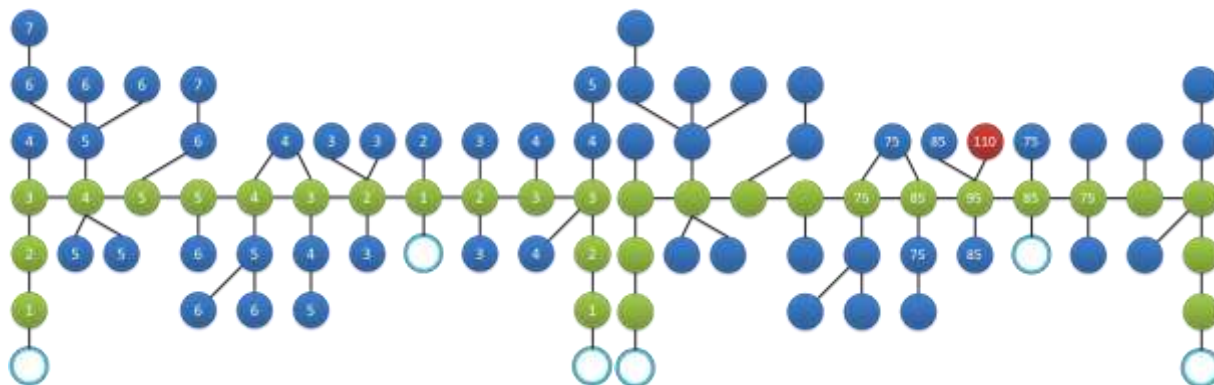


圖 3-8 情境展示：平常狀態與火源發生時

(資料來源：本研究自行繪製)

2. 計算每個區域中目前人數占該區域所能容納人數的百分比。(下圖為所假定的人群數量百分比)，再將事件數值與區域密度以比例結合，成為每個區域的區域高度。

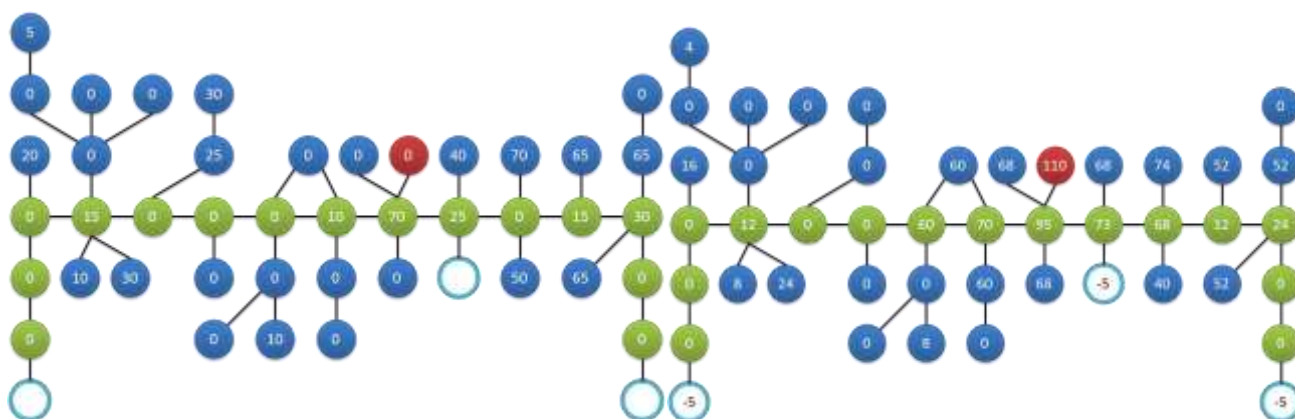


圖 3-9 情境展示：設定容納人數並轉換為區域高度

(資料來源：本研究自行繪製)

3. 進行各區域照度的檢查，若是照度因為視線不良以及人類天生對於黑暗有恐懼的因素，有可能會在逃生過程中會因為路上的障礙物受傷或是太過緊張而產生推擠、暴躁

之行為，影響整體逃生的順暢度。所以將照度過低之區域假定為較危險的區域，並提高其區域高度，檢查每個區域是否發生了區域最低的問題，並將所有發生問題的區域由距離出口遠到近的順序依序將數值提升。並重複檢查以及提升的動作直至解決所有區域最低問題。

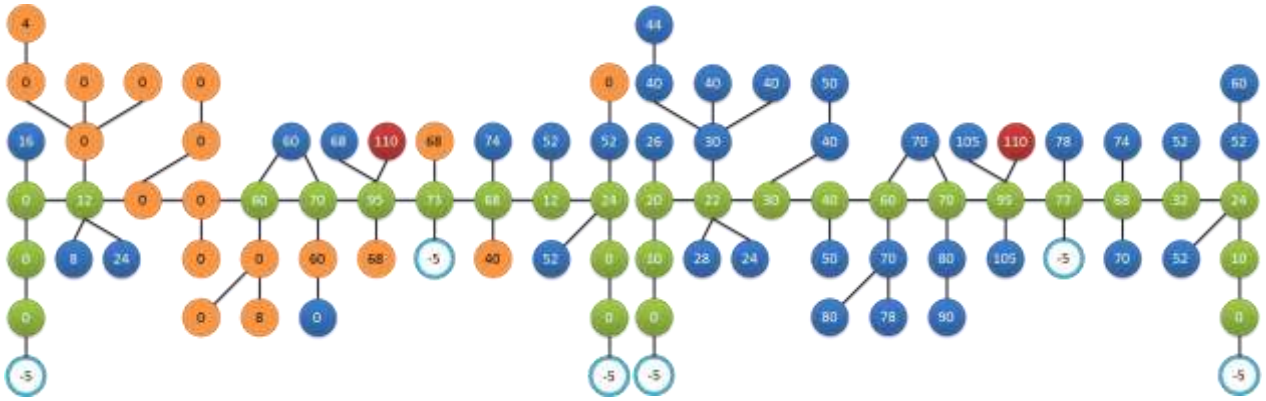
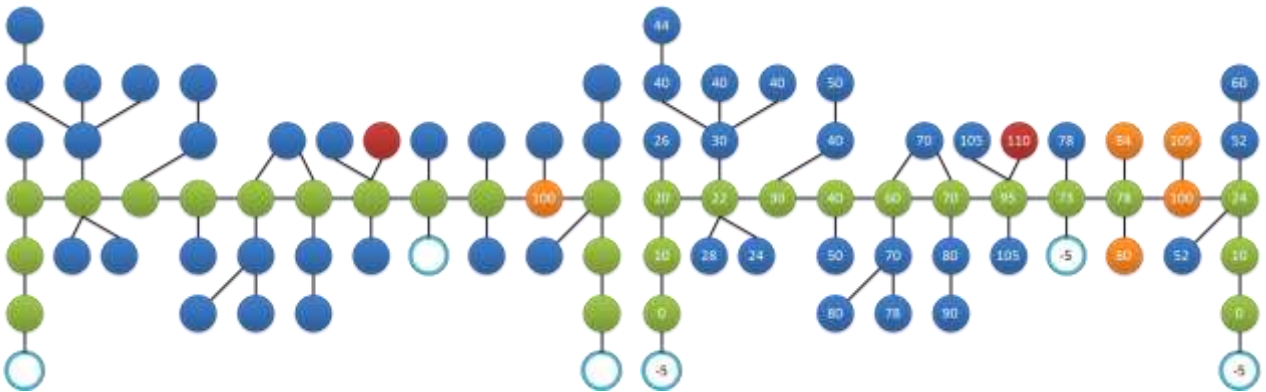


圖 3-10 將問題區域修正並解決死結問題

(資料來源：本研究自行繪製)

4. 依照各區的數值，由高至低將所有區域往出口做不同路線的逃生導引，若是人群在逃生過程中停留在某區域過久，因此將該區域假定為危險區域，並將該區域之區域高度提升為 100，接這進行相對應之路徑重新規劃並在逃生導引時避開該區域。



(a) 人群停留過久區域

(b) 重新進行相對應之路線規劃

圖 3-11 情境展示：測偵危險區域

(資料來源：本研究自行繪製)

5. 路徑導引時系統會持續進行整體環境以及人員的監控，若是發現異常狀況便會做出相對應逃生路線的修改，讓人群可以即時的避開危險並往安全的出口逃生。

第四節 人流監控技術

在本系統中運用特徵點追蹤方式來追蹤物件流動，利用 Shi-Tomasi-Kanade detector 來偵測可能落在目標物上之特徵點(corner point)，在 Kanade(KLT)的演算法中[15]，一旦特徵點被偵測出，每一個特徵點都可以在連續兩個畫面間被 Shi-Tomasi-Kanade 光流法所追蹤。

經過仔細的觀察，本研究發現落在每個個體上之特徵點會呈現出較高的時空關聯性。利用空間相關測量(spatial correlation)以及幾何關係，可以粗略分群所偵測到之特徵點是否屬於同一個目標物，另外也考量時間相關量測(temporal correlation)，也就是評估偵測到之特徵點的軌跡是否一致，從而判斷這些特徵點是否屬於同一個目標物。在本研究中先應用 C-mean 演算法將具有空間相關性的動態特徵點做粗略的分群。基於在 C-mean 群集上的目標物粗略的分割，每一群特徵點集合可能包括數個目標物。考量一般目標物(行人)幾何特徵，於每個體上，特徵點之橫向距離會比縱向距離短。建立時空最短生成樹，計算節點與節點之連接距離時，橫向距離比重需比縱向距離比重高。因此在粗略的分割群集後，首先建立個體分割所需要之空間最短生成樹(spatial shortest spanning tree)。

以特徵點為基礎之(point-based)物體偵測追蹤的方法[16]，可以解決一些在擁擠鏡頭中追蹤的問題，但是仍存在一些例外的情形，例如當兩目標物交錯經過時，目標 A 的特徵點可能錯位於目標 B，為了克服上述這個情形，並以特徵點時間訊息(移動軌跡)的投票方法，以確保群集中追蹤的特徵點之軌跡一致性(trajecory conformance)。

人流監控技術，目前針對特偵點辨識做相對應的開發技術查詢與測試，並考量背景相減法運算是否會佔用過多逃生規劃時間，若佔用時間過多不排除考慮選擇其他更好的影像辨識技術來提升逃生規劃效率。

第四章 研究成果與實地測試

第一節 研究成果

本系統由 ZigBee 無線感測網路模組、RFID 輔助人員定位模組、人群監控模組、智慧逃生演算法、數位電子看板、智慧型行動裝置及中央監控系統所組成，並依照特性將模組區分為三種不同類型作說明。

壹、資料蒐集

資料蒐集中包含：ZigBee 無線感測網路模組、RFID 輔助定位模組與人群監控模組，其成果如下：

一、ZigBee 無線感測網路模組

使用 ZigBee 進行無線傳輸時基本可分為三種模式，分別是：固定間隔一秒取樣後自動回傳、依照類比輸入數值或輸入狀態變動的物理量取樣後自動回傳、以及主控端詢問後執行取樣回傳。

本計畫經過測試及評估後選用「主控端詢問後執行取樣回傳」模式進行資料蒐集及環境狀態的監控。因為進行實驗研究及評估時，發現另 2 種模式都會因資料過於龐大，在儲存資料時造成資料庫及系統過度的負擔，所以我們選用了「主控端詢問後執行取樣回傳」模式，並自行設定取樣時間後由主控端發出詢問訊號來取得回傳的環境狀態數值，避免造成系統的過度負擔並減少發生系統崩潰的狀況。且此模式好處在於資料蒐集的過程中，使用者可以自行設定蒐集的速度或是指定蒐集特定區域的環境資訊，即時的反映出整個環境中目前的實際情況。

ZigBee 的三種資訊蒐集模式分別如下：

1. 固定間隔一秒取樣後自動回傳

a. 每次都讀 4 個通道，分批回傳

b. 每次都讀 4 個通道，一次回傳

2.依照類比輸入數值或輸入狀態變動的物理量取樣後自動回傳

3.主控端詢問後執行取樣回傳

二、RFID 輔助定位模組

此模組功能為定位出在室內各個空間內人數，給予各個空間所適合的逃生指引方向，運用 RFID 讀取器並在抓取電子標籤時，可以接收到電子標籤唯一的序列號、訊號強度等資訊，經過運算來判斷說各個電子標籤所在空間的位置。RFID 定位機制則是透過訊號的強弱，作為讀取器與電子標籤之間的距離，訊號越強，則代表讀取器與電子標籤之間的距離越近；反之訊號越弱，則代表讀取器與電子標籤之間的距離越遠，雖然外在環境的因素容易影響電子標籤的訊號強度，導致讀取器抓取到的電子標籤訊號強度浮動非常大，計算出的結果非常不可靠，但在環境影響因素排除以後，可以視為讀取器接收到的電子標籤訊號強度與讀取器和電子標籤之間的距離視為距離平方成反比之拋物線變化。

讀取器接收到的各個電子標籤訊號強度之後，我們藉由各個讀取器與電子標籤所傳送的強度來做運算，由於不同的讀取器可能會接收到同電子標籤的訊號，所以需要經過運算並分析出各個電子標籤正確位置的，不會因為不同讀取器造成電子標籤重複顯示的狀況產生，讓室內各個空間的人數能正確，以便在逃生時確認是否疏散完畢。

三、人流監控模組

在本系統中，我們將用 KLT 光流法和模糊 C-means 分群法(fuzzy C-means clustering) 簡稱 FCM ，用攝影機拍攝到的畫面來辨識人形。

首先從攝影機中讀取所拍攝之影像，並將影像匯入系統中。利用影片中時間域上的變化及相鄰幀度之間的相關性來找到上一幀度跟當前幀度之間存在的對應關係，從而計算出相鄰幀之間物體的運動資訊。從影片當中，利用時間域上的變化及相鄰幀之間的亮度遮罩，計算此物體中時域變化。當物體在影片中依時間的變化到一定的距離即可判定是人形的移動而明確的辨識出，圖如 4-1 所示。



圖 4-1 程式匯入影像實際圖

(資料來源：本研究自行繪製)

將辨識出之人數運用標計方式將拍攝到之影像以藍色假已標示出來，並將計數之數量以累計方式將其表示出並且存入資料庫中，如圖 4-2 所示。



圖 4-2 實際計數程式執行畫面

(資料來源：本研究自行繪製)

貳、中控系統

一、中央監控系統模組與資料庫模組

中央監控系統負責各模組的資訊流傳遞，並且提供系統畫面便於監控。系統介面採用視窗架構為監控人員提供畫面。除了提供動態的設計模式外，並且簡化複雜度。

中央監控系統集資料庫系統同時肩負著環境資料判斷以及進行早期預警觸發的任務，在環境資訊判斷方面，中央監控系統除了會將蒐集來的環境資訊存入資料庫外，也會在收到每一筆資訊時做環境是否異常的判斷，若蒐集到的感測資料已超越正常範圍，將運用事件主動觸發技術(trigger)通知專業管理人員，依專業人員判斷是否讓系統發出早期預警，通知人員進行避難。圖 4-3 為本系統的資料庫綱要。

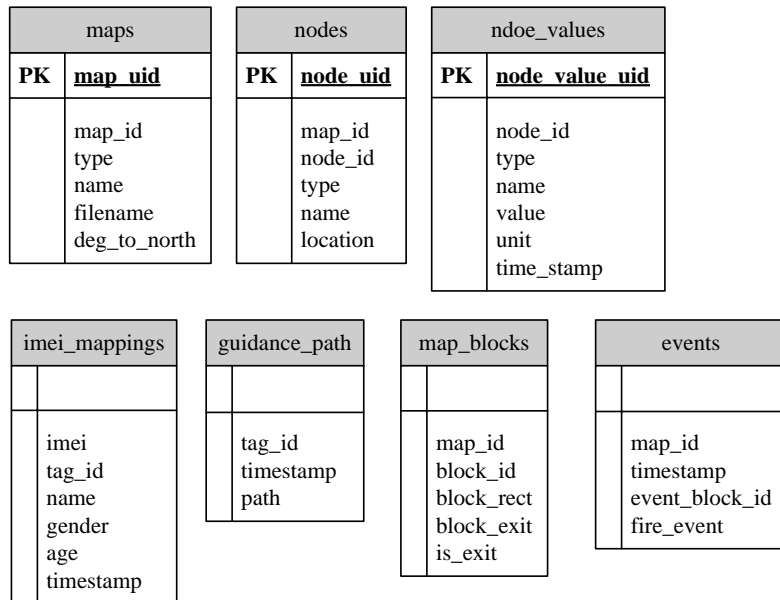


圖 4-3 智慧導引資料庫綱要(Data Schema)

(資料來源：本研究自行繪製)

二、逃生導引演算法

本計畫將 Jiayi Zhou 等學者[9]所研發之 MSCG 演算法做了相對應的改進及修正。在演算輸出的部分將原本指引給單一使用者的個人化路徑指示方式改為可以指引給多使用者的群體指引方式，以符合本計畫電子看板指引方式的需求。而在導引運算參數的輸入部分，延續去年所使用的演算方式，同樣考慮人群密度過高所可能造成的擁擠問題，以及環境照度不足可能導致逃生困難的發生、危險區域的計算…等，以微觀的

人群逃生便利性帶入宏觀的整體逃生規劃中，以求出適合避難者逃生並可提高逃生效率的最佳逃生路線，導引避難者掌握黃金避難時間往出口移動。

三、逃生導引演算法模組化

本研究將導引演算法如同子系統般重新規劃，將所有運算全部拆成不同副程式並將所有副程式統一封裝至主程式中，此方法在編寫上有許多要注意的問題，但考量本系統可能需要擴充計算與系統靈活性問題，本方法不僅能將原先演算法更加靈活且大幅提升擴充性問題，可藉由 XML 資訊交換技術配合使得演算法更能接受不同場域的考驗，讓系統更為強韌，並透過多層次的演算法則，在演算過程中出了問題並不需要重頭開始重新規劃，只需要從出問題的模塊中下手即可，由此一來也大幅提升了安全性問題。圖 4-4 為模組化概念圖。

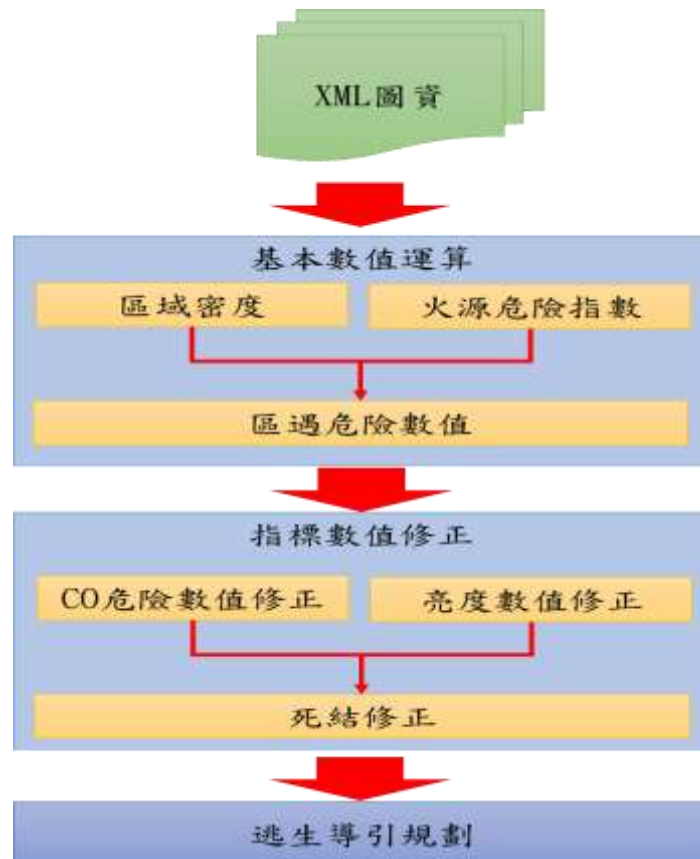


圖 4-4 模組化管理概念圖

(資料來源：本研究自行繪製)

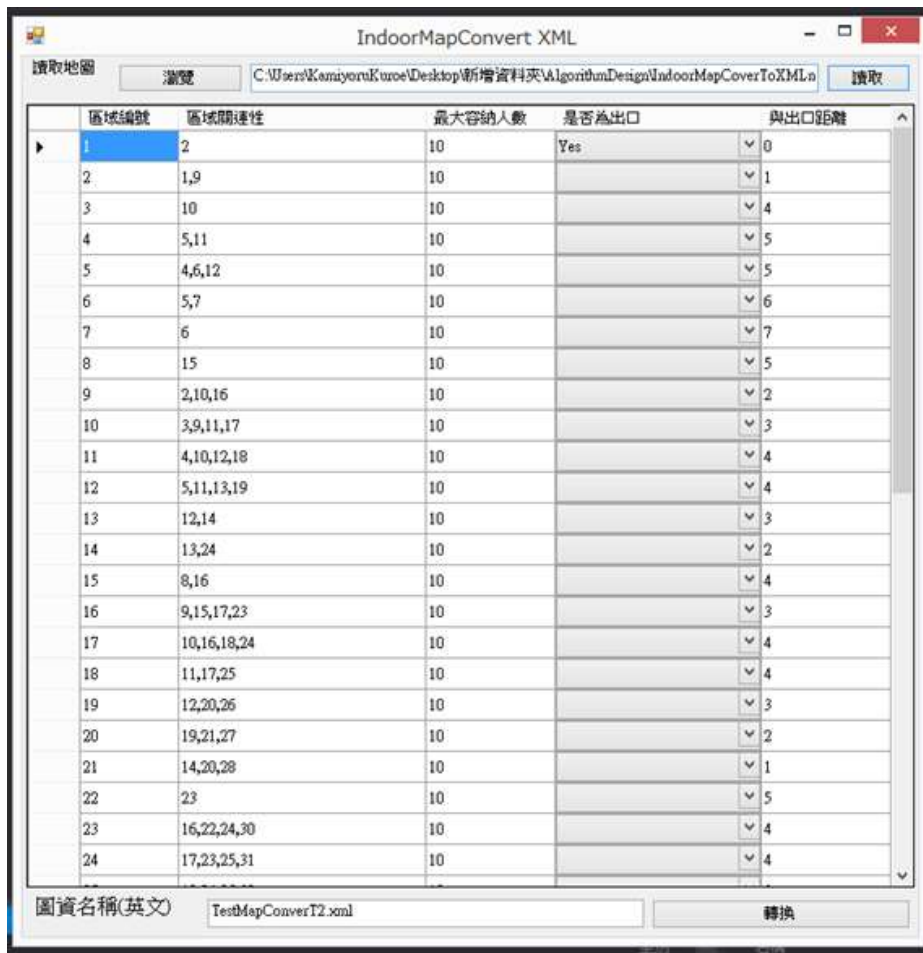


圖 4-5 XML 圖資轉換器

(資料來源：本研究自行繪製)

參、資訊傳播

一、數位電子看板

本數位電子看板系統分為廣告模組與逃生模組，在初次執行時，系統會要求管理者手動輸入數位電子看板之編號，輸入後，系統將其編號儲存至記憶體中，使各個數位電子看板與資料庫作比對後能夠知道本身之位置，再次啟動系統時，如果數位電子看板之編號已被輸入則將不會再提示輸入。當系統啟動時，首先將會檢查記憶體中之數位電子看板編號是否已被輸入，如果尚未被輸入則提示管理者輸入，反之則依照資料庫中的狀態模式顯示其模式。

電子看板的執行分為兩種模式，廣告模式與逃生模式，不管系統處於哪種模式下，都會一直向資料庫端詢問目前的模式狀態並且進行數位電子看板端與資料庫端之間的比對，若雙方的狀態模式相同則不進行模式轉換，反之若不相同則進行模式轉換。

當系統在廣告模式時，則數位電子看板之畫面將會顯示廣告及跑馬燈，當火災發生時，系統為逃生模式時，每個數位電子看板依照本身的位置顯示其逃生路線指引使用者逃生。

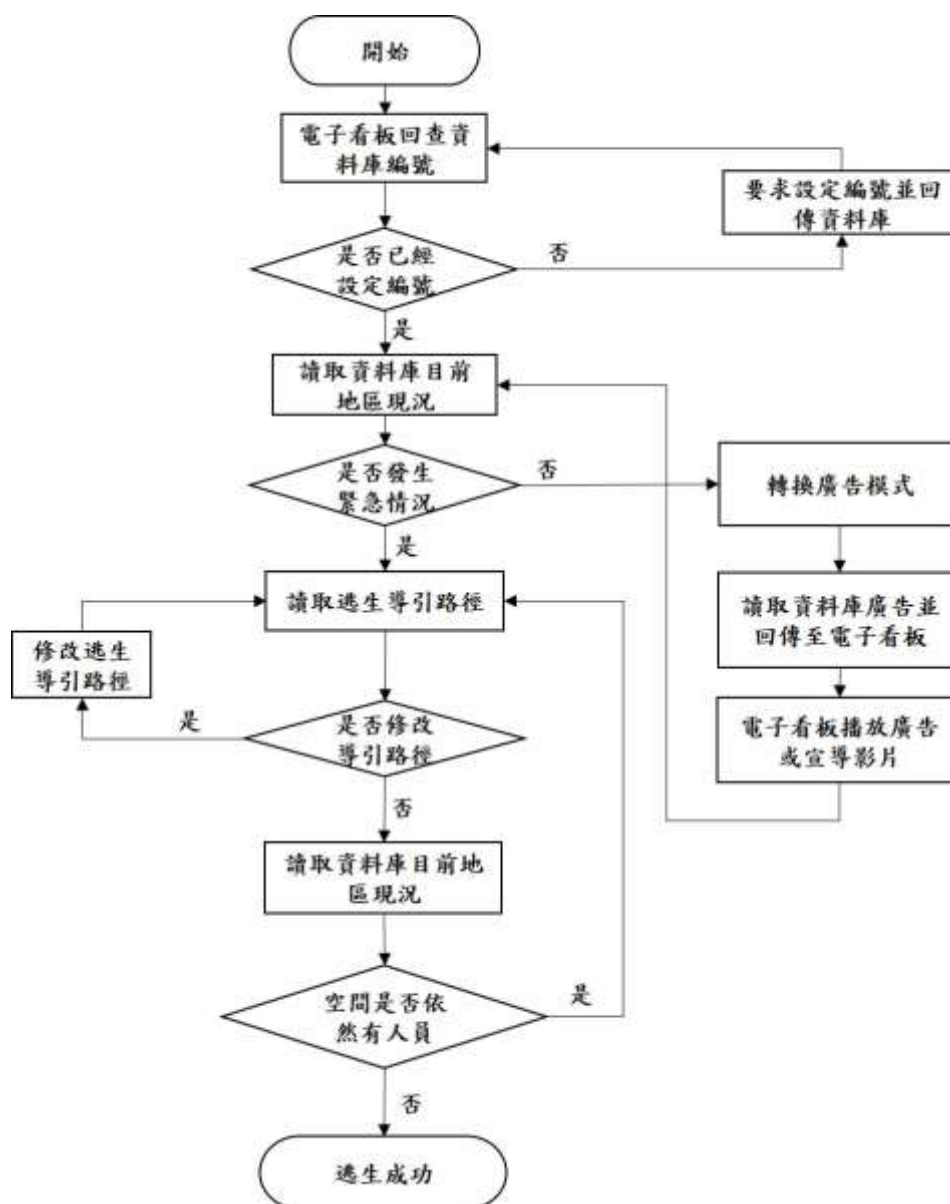


圖 4-6 數位電子看板運作與執行流程圖

(資料來源：本研究自行繪製)

二、智慧型行動裝置

本研究在 APP 中整合了 ZigBee 無線感測網路與 GSM 機制，能將蒐集到的資訊，在各種行動裝置上忠實的呈現環境資訊給使用者，在平常使用者運用本 APP 系統能導覽公共場所宣導或者促銷活動，並加入系統資訊讓使用者了解到環境狀況。

另外，本研究所開發的手持應用程式與其他應用程式不同處在於並非隨時隨地皆

可使用，使用者必須於手持裝置上安裝應用程式並且身處架設有本系統之場所才能互相對應，環境硬體設施與本應用程式對使用者而言是缺一不可，因此如何讓未安裝應用程式者也能得到資訊並下載安裝便是本研究要考慮的項目之一。在此方面有目前幾種可行做法，一是借助大樓無線網路，當使用者連線使用大樓內部無線網路時，系統便可提給予提示訊息告知使用者下載並安裝本應用程式；也可借助電信業者的區域信息功能，與電信業者合作，當人員進到可使用本系統的區域時，便由電信業者代為發送提示訊息，提醒使用者下載安裝本系統。如此一來，當系統發出緊急預警訊息時，使用者才可確實接收到警示訊息，並即時進行避難逃生。

第二節 實地場所測試規劃

本研究目前規劃與板橋大遠百作實地場所佈建測試與驗證，目前規劃於大遠百八樓樓層部分區域建置，並運用攝影機作為區域偵測並請大遠百該樓層部份工作人員協助配合攜帶 RFID 電子標籤作為導引人員協助人員逃離。

目前大遠百已將圖資給予本研究作為學術應用，將圖資轉化為 XML 並且匯入系統中作為測試判斷，目前正積極與大遠百協助希望大遠百能夠提供相關歷史監視器影片作為實地人群分流測試使用，但因本校與大遠百必須按照規定流程作業，簽訂保密協議書與相關作業流程，目前正在積極規劃中。

第五章 結論與建議

第一節 結論

本系統整合建築研究所前兩年完成之「結合行動通訊之智慧型主動預警及避難導引系統研究」與「電子火災逃生指示地圖與避難引導系統研究」之研究成果，並進行原逃生指示與避難引導系統之改良，同時研發數位攝影機之人群辨識機制並將所獲得之空間內人群資訊整合至系統中，並完成演算法擴充性問題之修正，有效提升系統之執行彈性與擴充性。

壹、人流監控模組

本研究針對系統所應用的環境進行多次觀察，發現開放式的公共環境僅有少數人會配戴識別證(電子標籤)，因此運用電子標籤作為人員識別與定位並非是一個優良選擇，若環境中大多數人員並無配戴電子標籤，將使得原系統無法順利運作，因此本研究運用數位攝影機進行空間區域人數計數，將原系統中之 RFID 室內定位機制轉變為輔助性質之子系統。

人流監控技術是利用了 KLT 分流法和模糊 C-means 分群法來處理人形辨識。本研究在不同場域中進行多次的人形辨識測試，並且針對辨識誤差進行相關參數之調整，能提高辨識率。系統中可利用攝影機所拍攝的畫面，計算出該畫面之人數，也能夠針對一定時間內有多少人從此處經過作計數。同時，人流監控系統將所辨識之人數即時回傳至伺服主機，並提供給逃生演算法進行逃生路線之運算。

貳、演算法模組化與圖資資訊化

本研究針對原設計之舊版逃生演算法進行改良，除提高逃生演算法的靈活度外，也將逃生演算法之計算公式以物件概念進行多層次運算之設計，使得各種參數之運算可各自獨立運作，並且將舊版逃生演算法擴充為物件導向(Object-Oriented)之設計，未來只需加入額外之”考量公式物件”後即可針對逃生演算法進行功能之擴充與修正，並且，逃生演算法運算若有錯誤，只需要修正錯誤物件而不需要修重新編譯演算法。

除此之外，在舊版演算法中將圖資資訊直接植入在演算流程中，雖然能夠減少匯入圖資資訊讀取之時間，但當空間環境改變時必須要將演算法中之圖資資訊完全取代並且重新編譯才能夠再次演算，修正之流程相當繁瑣且不方便，因此，本研究將圖資轉換為 XML(eXtended Markup Language)之地圖格式，運用 XML 標籤(Tag)資訊方式讀取圖資資訊，有效因應環境改變時圖資可即時同步，不僅可以提升演算法對於多環境的考驗，也能夠避免修正時可能產生的不必要的錯誤。

參、數位看板與智慧型行動裝置整合

智慧型手機與數位電子看板皆運用 Android 系統作為嵌入式系統，智慧型行動裝置可運用 Android 系統背景喚醒機制(GCM)讓手機的 App 可以被外部事件主動觸發及啟動，因此當系統運算察覺環境可能發生緊急危難事件時，將運用 GCM 方式推播到各個目前位於環境中的人員，並給予告知環境中發生緊急危難地區與目前環境資訊，並且提醒人員注意數位電子看板緊急逃生指示逃生。

由本研究所開發之數位電子看板，在平時能將環境與周遭資訊顯示於數位電子看板上，使該區域人員能從看板中了解環境狀況，而在緊急逃生狀況下可切換為逃生路線之引導與指示。本看板在運作時分為兩個模式：

1.廣播模式

可將環境資訊提供給人員參考，監控人員可由中控系統動態更換數位看板上之相關資訊，如：廣告、宣導、宣傳影片等，使得數位看板能針對環境需求作相對應之廣播。

2.緊急逃生模式

當緊急事件發生時，數位看板會強制轉換為緊急逃生模式，使人員能夠清楚明確目前適當逃生方向。

運用智慧型行動裝置推播目前環境狀況，使人員了解環境中緊急事件之發生，提醒人員依照數位電子看板指示進行避難，使避難人員能夠清楚並明確了解目前最佳之逃生方向，同時可運用多個數位電子看板進行避難導引，將避難人員導引至安全出口。

第二節 建議

本研究在結合影像技術進行人流監控之智慧型避難引導系統中，提出下列具體建議。

建議一

賡續辦理智慧型避難引導系統相關研討推廣活動：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：財團法人台灣建築中心、中華民國消防設備師公會全國聯合會

透過成果發表會之方式，將智慧型避難導引系統開發之成果推廣至建築師或消防設備師(士)公會等團體，提供各界參採應用；亦可將本研究之影像辨識技術結合智慧型火災避難導引系統之相關成果，運用於使用單位之消防自衛編組避難演練，以強化人員防火避難行動之能力。

建議二

賡續辦理「智慧型火災避難引導系統結合聲音及指示設備之應用研究」：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：中華民國全國建築師公會、中華民國消防設備師公會全國聯合會

於火災現場避難人員之周遭環境，處於漆黑且方向指示與路徑標示皆不明之狀況，更增加避難者的恐懼，進而嚴重影響避難之進行。建議可繼續發展智慧型避難引導系統並結合聲響與視覺相關之技術，配合環境場域不同之變化，強化避難路徑上之指引與指標功能；配合逃生演算法指示避難人員避難方向，更能迅速且有效導引人員之避難。

建議三

推動「智慧型火災避難引導系統與實證研究」研究：中長期建議

主辦機關:內政部建築研究所

協辦機關:內政部消防署、中華民國全國建築師公會、中華民國消防設備師公會全國聯合會

本研究「智慧型避難引導系統結合影像技術之應用研究」是繼「結合行動通訊之智慧型主動預警及避難導引系統」與「電子火災逃生指示地圖與避難引導系統研究」研究案，逐年累積之研究成果，同時並不斷突破與創新所建置之「智慧型火災避難導引系統」雛形，本研究是應用 KLT 光流法和模糊 C-means 分群法(fuzzy C-means clustering)，簡稱 FCM)，可讀取從攝影機中所拍攝之影像，並將影像匯入系統中。利用影片中時間域上的變化及相鄰幀度之間的相關性找到彼此之間存在的對應關係，從而計算出相鄰幀之間物體的運動資訊。從影像之數位資訊中，利用時間域上的變化及相鄰幀之間的亮度遮罩，計算此物體中時域變化。當物體在影片中隨時間的變化到一定的距離即可判定是人形的移動，而明確地辨識出攝影機拍攝到的畫面為人形，進而獲得人群之數量資訊，雖然已進行相關系統之測試，但距離實際應用尚缺相關之實證研究，來測試智慧型系統與既有消防設備或是原避難計畫，有無適配問題，藉由實證研究更能找到解決方案，使此一「智慧型火災避難導引系統」能持續複製並擴大創新應用的成果，當建築物發生火災時，透過本智慧型導引系統可提供即時且動態的逃生路徑，確保並降低罹難傷亡率，使其環境更具安全性，生活更具智慧化。

建議四

申辦智慧型防火避難引導系統相關專利: 中長期建議

主辦機關:內政部建築研究所

協辦機關:中華大學

將本研究所發展之無線感測網路、無線射頻辨識系統、中央控制系統、逃生路徑演算法，數位電子看板系統以及人流監控技術等各子系統之整合成果，整理成具有新穎性、進步性、產業利用性等之智慧財，並研議新型專利申請書，向智慧財產局申請，共同推動研究成果。

參考資料

附錄一 採購評選會議紀錄審查意見及回應表

委員	審查委員意見	廠商綜合回應
林委員大惠	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本研究開發智慧型預警，逃生避難導引 況，目前已進入第 3 年，過去研究成果良好，有其應用價值。 2. 開發較具體與技術應適當加入火災的因素，如影像辨識，應思考火場煙霧情況，如何利用影像技術去除煙霧影響？ 3. 考慮研究成果落實於未來應用，研究過程針對未來實況所需對應的實務技術加以分析，如 Zigbee 是否可以結合目前消防相關感應設備及受主機的連結性…等。 	<ol style="list-style-type: none"> 1.火場煙霧情況，將會納入研究中考量，並在驗證時，評估煙霧對影像技術的影響。 2. ZigBee 所偵測到資訊可提供 R 型總機進行資訊整合，但考量系統的封閉性與安全性，此課題可提供未來研究之建議參考。 3.預期成果之文字部分，將予補正。 4.人員受到室內裝飾或隔屏等物遮蔽的情況，確有可能發生，本研究將納入此考量。 5.因避難弱勢者避難需求較為特殊與複雜，又本研究尚屬雛型開發階段，尚未將避難弱勢者納入研究中。
吳委員俊瑩	<ol style="list-style-type: none"> 1. 預期成果建議通俗化，對於系統技術最後呈現可否達到操作簡單，使用方便的情形。 2. 影像辨識系統對人流計算或監控，可能人員受到室內裝飾或隔屏等物之遮蔽而失準，應考量如何掌握人數。 3. 身心障礙者如何可使用此類裝置，建議研究內容將避難弱勢者納入考量。 	<ol style="list-style-type: none"> 6.在服務建議書中並未運用問卷資料項目，此項目名稱乃為程式開發測試之費用，文字部分將予補正。 7.關於研究成果之專利部分，於契約書內容中已有規範。 8.關於研究中可能涉及之專利部分，於所需之設備將避免使用已被專利之產品；研究內容亦已以公開之文獻為基礎，避免受制於專利。
李委員善銘	<ol style="list-style-type: none"> 1. 計畫書 p.20 提到問卷資料，請問其內容及問卷對象為何？ 2. 系統驗證計畫如何做及在什麼條件下做?請敘明。 3. 因本案評分表中有一項為「創意獲自由回顧」項目，試問本案之創意為何？ 4. 請考量避難弱勢者要如何處理?請敘明。 	<ol style="list-style-type: none"> 9.本研究之創意部分，將透過影像提供給救災人員使用，以利救災人員順利進行救災工作。 10.研究成果之推廣應用，將於研究報告中詳細說明。 11.系統驗證進行，希望將前兩年的成果與今年的成果相互結合，並運用較大型之空間做測試，目前實證之案例，將選用本校圖書館場域。若爾後覓得

	<p>5. 建請本系統應考量多與現況消防設備結合，以提高應用成效。</p>	<p>更適合之場域，可再作研商。如果可以，希望貴所能協助尋找相關場所使本研究能夠做完整測試。</p>
<p>張委員尚文</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 宜有專章收集國內外相關專利資料，以防止未來政策推動受制於民間擁有專利之廠商。 2. 本案如有智財專利產生，哪些歸建研所，哪些歸研究團隊均宜研究前釐清，以免未來爭議。 3. 行動裝置系統之 RFID 及 Zigbee 是「自己開發之硬體」or「既有產品之應用」？未來如建研所要推廣是否會有專利問題？請特別注意。 	<p>12.由於既有之避難指示系統，無法滿足火災中動態的變化，因此本研究開發智慧型避難系統，可以達成即時的避難資訊之提供。在兩者同時俱有時，可加強平時的逃生演練，使熟悉智慧型導引系統，進行避難。</p>
<p>蔡召集人綽芳</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本案是否有具體案例之實證研究，所選用的案例為何？又其適用性分析或實地模擬內容如何，請敘明。 2. 建議補充說明研究成果如何推廣應用。 3. 所建議之避難路徑若與建築物既有建築之避難指示系統有所差異時，如何整合或如何顯示告知指示避難之抉擇，避免逃生避難者之困惑。 	

附錄二 議價會議審查意見及回應一覽表

項次	審查委員意見	廠商回應
1	本研究開發智慧型預警，逃生避難導引 況，目前已進入第 3 年，過去研究成果良好，有其應用價值。	感謝委員的肯定。
2	開發較具體與技術應適當加入火災的因素，如影像辨識，應思考火場煙霧情況，如何利用影像技術去消除煙霧影響？	火場煙霧情況，將會納入研究中考量，並在驗證時，評估煙霧對影像技術的影響。
3	考慮研究成果落實於未來應用，研究過程針對未來實況所需對應的實務技術加以分析，如 Zigbee 是否可以結合目前消防相關感應設備及受主機的連結性…等。	ZigBee 所偵測到資訊可提供 R 型總機進行資訊整合，但考量系統的封閉性與安全性，此課題可提供未來研究之建議參考。
4	預期成果建議通俗化，對於系統技術最後呈現可否達到操作簡單，使用方便的情形。	預期成果之文字部分，將予補正。
5	影像辨識系統對人流計算或監控，可能人員受到室內裝飾或隔屏等物之遮蔽而失準，應考量如何掌握人數。	人員受到室內裝飾或隔屏等物遮蔽的情況，確有可能發生，本研究將納入此考量。
6	身心障礙者如何可使用此類裝置，建議研究內容將避難弱勢者納入考量。	考量本計畫仍在雛型系統階段，研究範圍暫不納入避難弱勢者，避免研究變數複雜，研究成果難以聚焦。
7	計畫書 p. 20 提到問卷資料，請問其內容及問卷對象為何？	在服務建議書中並未運用問卷資料項目，此項目名稱乃為程式開發測試之費用，文字部分將予補正。
8	系統驗證計畫如何做及在什麼條件下做？請敘明。	系統驗證進行，希望將前兩年的成果與今年的成果相互結合，並運用較大型之空間做測試，目前實證之案例，預計將選用本校圖書館場域，以驗證系統之可行性。
9	因本案評分表中有一項為「創意獲自由回顧」項目，試問本案之創意為何？	本研究之創意部分，將透過影像提供給救災人員使用，以利救災人員順利進行救災工作。
10	請考量避難弱勢者要如何處理？請敘明。	因避難弱勢者避難需求較為特殊與複雜，又本研究尚屬雛型開發階段，故尚未將避難弱勢者納入研究中。

11	建請本系統應考量多與現況消防設備結合，以提高應用成效	提供系統之參考資訊於現有消防設備進行判斷。
12	宜有專章收集國內外相關專利資料，以防止未來政策推動受制於民間擁有專利之廠商。	關於研究中可能涉及之專利部分，於所需之設備將避免使用已被專利之產品；研究內容亦以已公開之文獻為基礎，避免受制於專利。
13	本案如有智財專利產生，哪些歸建研所，哪些歸研究團隊均宜研究前釐清，以免未來爭議。	關於研究成果之專利部分，於契約書內容中已有規範。
14	行動裝置系統之RFID及Zigbee是「自己開發之硬體」or「既有產品之應用」？未來如建研所要推廣是否會有專利問題？請特別注意。	RFID及Zigbee均使用市場現有之產品進行研究與應用，並不涉及專利問題。
15	本案是否有具體案例之實證研究，所選用的案例為何？又其適用性分析或實地模擬內容如何，請敘明。	目前實證之案例，預計將選用本校圖書館場域。若爾後覓得更適合之場域，可再作研商。如果可以，希望貴所能協助尋找相關場所使本研究能夠做完整測試。
16	建議補充說明研究成果如何推廣應用。	於研究成果之文字部分，將予補充說明，並可藉由加強平時的逃生演練，使熟悉智慧型導引系統，有效地進行避難。
17	所建議之避難路徑若與建築物既有建築之避難指示系統有所差異時，如何整合或如何顯示告知指示避難之抉擇，避免逃生避難者之困惑。	由於既有之避難指示系統，無法滿足火災中動態的變化，因此本研究開發智慧型避難系統，可以達成即時的避難資訊之提供。

附錄三 歷次工作會議記錄

內政部建築研究所委託辦理「智慧型避難引導系統結合影像技術之應用研究」研究案第一次工作會議記錄

壹、會議時間：103 年 03 月 06(星期四) 下午 3 時 00 分

貳、會議地點：內政部建築研究所討論室(台北縣新店市北新路 3 段 200 號 13 樓)

參、主持人：游坤明教授 記錄：徐煥博

肆、出席人員：

一、建築研究所：蔡緯芳組長、雷明遠研究員

二、研究團隊：鄭紹材教授、簡紹庭、徐煥博

伍、研究單位報告：

一、研究進度

(一) 本計畫研究進度與規劃說明

(二) 本計畫與其目標

1. 相關研究規劃與資料蒐集成果。

2. 相關研究資料分析報告與系統規劃

(三) 投稿狀況

(四) 未來詳細工作規劃報告

陸、討論議題：

一、整合兩年成果與結合數位攝影機之困難及問題

(一)、人流動態系統之相關技術分析

(二)、場所架設位置與重覆監控之解決辦法

二、專利申請討論。

柒、綜合討論建議：

一、雷明遠研究員：

1. 應先分析人流技術應先作分析。如：目前有幾種方式在實現。

2. 專家座談會議應為二次。

3. 今年是否也會與去年一樣有實體的系統雛型能提出

4. 要如何驗證本系統。

5. DC controller 兩邊的人數辨識可能需要進一步討論

二、蔡綽芳組長：

1. 可否針對特徵點說明。
2. 請針對國內外人流技術的應用。
3. 人流監控演算法與逃生演算法是否已經有成熟技術

三、游坤明教授：

1. 只要攝影機回傳資料格式不會太特別，應該都能夠辨識。
2. 如果現場 DC controller 中有包含 RFID Tag 時總人數該如何解決。
3. 如果攜帶 RFID Tag 可以運用行動裝置觀看相關資訊。

四、鄭紹材教授：

1. 會場中會攜帶 RFID Tag 大多為工作人員。
2. 目前專利審查進度在校內審查中，可以使用申請號查驗進度。

捌、結論：

一、人流監控之系統，應先針對國內外技術作分類探討與整理後在思考如何建置或該用何種技術建置。

二、應思考今年系統完成建置後該如何驗證

玖、散會（下午17時00分）

內政部建築研究所委託辦理「智慧型避難引導系統結合影像技術之應用研究」研究案第二次工作會議記錄

壹、會議時間：103 年 04 月 21(星期一) 上午 10 時 30 分

貳、會議地點：大坪林聯合開發大樓 13 樓討論室(一)(台北縣新店市北新路 3 段 200 號 13 樓)

參、主持人：游坤明教授

記錄：簡紹庭

肆、出席人員：

一、建築研究所：蔡綽芳組長、雷明遠研究員

二、研究團隊：鄭紹材教授、簡紹庭、徐煥博

伍、研究單位報告：

一、報告目前規劃與進度

二、測試攝影機運作

三、攝影機影像分析

陸、討論議題：

一、未來現場驗證方式

二、整合前兩年度研究計畫之主題

柒、綜合討論建議：

一、雷明遠研究員：

1. 建議應針對人流分析的兩種方式分析各特點與為何選擇其中一種方式作為研究方向。

2. 擬與板橋大遠百合作，借用其場地進行驗證，請研究團隊與大遠百公司討論時準備簡報說明。

二、蔡綽芳組長：

1. 是否有人數密度之考量？

三、游坤明教授：

1. 所選用的估計方式為計算環境中大約的人數，但此估計方式之誤差值並不會過大，皆在接受範圍之內。

2. 場地勘查後，希望能夠請大遠百提供已有的攝影機畫面之影像。

四、鄭紹材教授：

1. 大遠百所提供之攝影機畫面應以固定式之鏡頭較佳。

捌、結論：

- 一、近期將會決定何時前往板橋大遠百之場地勘查。

玖、散會（上午12時00分）

內政部建築研究所委託辦理「智慧型避難引導系統結合影像技術之應用研究」研究案第三次工作會議記錄

壹、會議時間：103年05月28(星期三)下午2時00分

貳、會議地點：板橋遠東百貨公司(大遠百)討論室

參、主持人：游坤明教授 記錄：簡紹庭

肆、出席人員：

一、建築研究所：蔡綽芳組長、雷明遠研究員

二、研究團隊：鄭紹材教授、簡紹庭、徐煥博

三、板橋大遠百沈榮華經理及相關同仁

伍、研究團隊報告：

一、針對前兩年與今年的研究內容報告

二、徵詢板橋大遠百團隊參與智慧型避難引導系統驗證場域之意願

陸、綜合討論與建議：

一、目前多數的避難引導系統研究，皆以電腦進行相關引導系統之模擬，鮮少進行實際場所之佈建驗證，因此本研究希望能將前二年研究成果作實際之整合與佈建，並結合監視器系統實現人員監控之分流技術，希望由板橋大遠百提供相關場域執行實際之佈建測試，以驗證本系統之完整性與實用性，並提供給板橋大遠百作為消防規劃之參考。

二、場域佈建需進行相關之前置規劃作業，希望大遠百能提供相關樓層之圖資(以JPG或BMP為主)與該樓層監視器拍攝後儲存之歷史影像作為佈建前系統測試與分析。

三、大遠百對於本研究相當高的興趣，將會呈報上級並給予支持。

柒、散會(下午16時00分)

內政部建築研究所委託辦理「智慧型避難引導系統結合影像技術之應用研究」研究案第四次工作會議記錄

- 一、時間：103 年 9 月 29 日（星期一）下午 4 時
- 二、地點：大坪林聯合開發大樓 13 樓討論室（一）（新北市新店區北新路 3 段 200 號 13 樓）
- 三、主席：游坤明教授 記錄：紀詩詩
- 四、出席人員：蔡綽芳組長、雷明遠博士、游坤明教授、鄭紹材教授、游景翔、徐煥博
- 五、主席致詞：(略)
- 六、業務單位報告：(略)
- 七、研究案主持人簡報：(略)
- 八、出(列)席人員發言要點（依發言順序）：

雷博士明遠：

1. 資工專業術語請註解(ex:二值化、xml...)。
2. 計畫書請寫專業術語。
3. 請補充資工部分之功能。
4. 可利用防災系統去分析百貨公司來客數所集中和分散之分布。
5. 101-104 年度計畫內容，請整理表格。(已完成如下表)

年度 子系統	101 年	102 年	103 年
ZigBee 感測系統	溫度監控 濕度監控	加入照度監控	提升精準度
RFID 感測系統	人員定位	提升精準度	輔助人流監控
中央監控系統	蒐集資訊 監控環境	環境監控 電子告示更換	環境監控與導引系統整合規劃
逃生演算法	人員逃生路徑	提升導引分群	導引模組化管理 CO 判斷加入
智慧型行動裝置	個人導引與資訊提供		行動裝置與數位看板整合
數位電子看板		廣告提供與場域導引	行動裝置與數位看板整合
人流監控系統			人群辨識與場域分析
聲音導引系統			
LED 導引系統			

蔡組長綽芳：

1. 將於 10/9 送出文件。

鄭教授紹材：

1. 增加技術盤點和專利技術。

游教授坤明：

1. 圖資利用 xml 模組化來匯入，直接做演算法。
2. 需要廠商支援，系統建構較快完成。
3. 已和連振昌老師談辨識技術部分，考慮由他們提供技術部分。

九、會議結論：

1. 大遠百單樓層地圖圖資已由大遠百劉主任提供，保密協定已進入學校法律顧問修正程序。
2. 修正後資料 2 天內完成。
3. 建研所方詢問招標問題。

十、散會(下午 17 時)

附錄四 期中報告會議紀錄與審查意見回查表

內政部建築研究所 103 年委託研究「火警自動警報設備系統功能查驗方法之研究」、「智慧型避難引導系統結合影像技術之應用研究」及補助案「建築物防火避難安全推廣精進計畫」等 3 案期中審查會議紀錄

壹、時間：103 年 7 月 8 日（星期二）下午 2 時 30 分

二、地點：本所簡報室

三、主席：蔡組長綽芳

記錄：雷明遠

四、出席人員：詳簽到簿

五、主席致詞：(略)

六、業務單位報告：(略)

七、研究案主持人簡報：(略)

八、出(列)席人員發言要點（依發言順序）：

(一)「智慧型避難引導系統結合影像技術之應用研究」案

馮主任秘書俊益

1. 本計畫延續去年之計畫成果，且根據去年之建議，已修正執行方向及目的，符合實務上之規劃與可行性。
2. 在此系統建置架構下，所需要配合之措施或環境條件為何，如果有，希望能在期末中一併列出？
3. 利用大遠百實地建置查驗該系統之可行性為何？

陳教授俊勳

1. 危險指標應以煙霧為主，所以應以煙流為主而非以火焰為主，感測器部分應增加煙偵測。
2. 本研究是否繼續應用 RFID 作為人員監控，專家座談會已提到 RFID 定位成效不彰，應重新考慮是否繼續。

3. 該系統 APP 並非所有人都能夠下載，而電子看板較能夠運用，但應考量是影像傳播較為有效果還是音效傳播較佳，或者看板可以運用音效配合？
4. 逃生演算是否能夠讓人有足夠時先反映，如果人流計算與逃生演算需要花過長時間，本系統應重新考量方法。

張教授玉山

1. 每一年都有相關成果進度呈現，三年中雖都有碰到新問題，但也都有積極改進。
2. RFID 定位可作為人流計算，但又運用監視器偵測人流計算，是否以監視器人流計算以輔助 RFID 定位計算？如果這兩者運算人數上有落差，是否有對應處理方法？
3. 建議可將建置過程中所碰到發生問題，納入報告中討論。
4. 請多考慮將來推廣的問題，讓消費者更能接受本系統 APP 的下載問題。

江教授崇誠

1. 影像識別技術，已有做出簡單測試，是否會受限攝影機功能、規格...等，如果在運算上還需要增加多少時間，且遠近偵測中是否有誤差，請一併考慮。
2. 本研究並未提及逃生演算法與人流計算演算法所需花費之時間，應將說明。
3. 火災影響中，煙流擴散狀態可能會導致避難行為有所落差，應如何從影像識別中偵測連動？

消防署

台北市政府消防局

雷研究員明遠

1. 建議廣泛蒐集應用影像技術進行人流監控分析之案例，並依應用分類，使用技術予以說明。
2. 說明大型場地實測之規畫進度及後續進行內容概要
3. 建議將各子系統運算程序、花費時間計時避難分析(Timed Egress analysis)的時序，承一列明，檢視應用系統對於 R_{SET} 必要安全避難時間之效益。

蔡組長綽芳

1. 本案中是否將煙流問題導入演算法中?
2. 火場中之煙霧是否會阻礙到監視器運作而影響辨識能力?

張教授志勇

1. 請說明本系統若試運行，其適合的環境及限制為何？該搭配那些裝置及施工？
2. 請說明採用本系統可能產生的危機及可能的解決方案。
3. 請說明本系統試運行之配套方案，並說明運行前的工作準備項目及所需系統以外之設備。

回應

1. RFID 建構經費相當高，而且在公共場所的開放空間中大部分的人皆無配戴 RFID Tag，所以本研究計畫才會提出運用影像辨識技術進行人流之計算，RFID 之定位僅為輔助性質，而且目前已有相當多的公共場所已經建置攝影機，只要截取錄影紀錄之內容即可進行人流分析。
2. 在本研究中所建置之 WSN 環境中之感測器包含偵測 CO 之感測器，而煙流之擴散可以依 CO 感測器所獲得之 CO 濃度計算獲得，在逃生演算法中將會加入煙流之因素，讓逃生演算法更趨完善。

3. 逃生演算法運算時間之長短是逃生演算法可否實際運用之關鍵，因此本研究一直非常重視且關注系統運算之時間長短，若人流之計算時間過長，本研究會修正演算法之運算方式，以求在可接受的時間內完成系統之運算。
4. APP 與樓層之電子圖資可為各自獨立之關係。
5. 目前本研究希望大遠百能夠提供某特定樓層之圖資、攝影機位置和角度、該樓層平面配置及錄影檔案，才能做更有效率之模擬測試。
6. 本系統運行之適合的環境及限制為何將在期末報告中做完整的說明。

九、會議結論：

十、散會(下午 5 時 5 分)

期中審查意見與處理回查表

委員	審查委員意見	廠商綜合回應
馮主任秘書俊益	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本計畫延續去年之計畫成果，且根據去年之建議，已修正執行方向及目的，符合實務上之規劃與可行性。 2. 在此系統建置架構下，所需要配合之措施或環境條件為何，如果有，希望能在期末中一併列出？ 3. 利用大遠百實地建置查驗該系統之可行性為何？ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. RFID 建構經費相當高，而且在公共場所的開放空間中大部分的人皆無配戴 RFID Tag，所以本研究計畫才會提出運用影像辨識技術進行人流之計算，RFID 之定位僅為輔助性質，而且目前已有相當多的公共場所已經建置攝影機，只要截取錄影紀錄之內容即可進行人流分析。 2. 在本研究中所建置之 WSN 環境中之感測器包含偵測 CO 之感測器，而煙流之擴散可以依 CO 感測器所獲得之 CO 濃度計算獲得，在逃生演算法中將會加入煙流之因素，讓逃生演算法更趨完善。
陳教授俊勳	<ol style="list-style-type: none"> 1. 危險指標應以煙霧為主，所以應以煙流為主而非以火焰為主，感測器部分應增加煙偵測。 2. 本研究是否繼續應用 RFID 作為人員監控，專家座談會已提到 RFID 定位成效不彰，應重新考慮是否繼續。 3. 該系統 APP 並非所有人都能夠下載，而電子看板較能夠運用，但應考量是影像傳播較為有效果還是音效傳播較佳，或者看板可以運用音效配合？ 4. 逃生演算是否能夠讓人有足夠時先反映，如果人流計算與逃生演算需要花過長時間，本系統應重新考量方法。 	<ol style="list-style-type: none"> 3. 逃生演算法運算時間之長短是逃生演算法可否實際運用之關鍵，因此本研究一直非常重視且關注系統運算之時間長短，若人流之計算時間過長，本研究會修正演算法之運算方式，以求在可接受的時間內完成系統之運算。 4. APP 與樓層之電子圖資可為各自獨立之關係。 5. 目前本研究希望大遠百能夠提供某特定樓層之圖資、攝影機位置和角度、該樓層平面配置及錄影檔案，才能做更有效率之模擬測試。
張教授玉山	<ol style="list-style-type: none"> 1. 每一年都有相關成果進度呈現，三年中雖都有碰到新問題，但也都有積極改進。 2. RFID 定位可作為人流計算，但又運用監視器偵測人流計算，是否以監視器人流計算以輔助 RFID 定位計算？如果這兩者運算人數上有落差，是否有對應處理方法？ 3. 建議可將建置過程中所碰到發生問題，納入報告中討論。 	<ol style="list-style-type: none"> 6. 本系統運行之適合的環境及限制為何將在期末報告中做完整的說明。

	4. 請多考慮將來推廣的問題，讓消費者更能接受本系統 APP 的下載問題。	
江教授崇誠	<ol style="list-style-type: none"> 1. 影像識別技術，已有做出簡單測試，是否會受限攝影機功能、規格…等，如果在運算上還需要增加多少時間，且遠近偵測中是否有誤差，請一併考慮。 2. 本研究並未提及逃生演算法與人流計算演算法所需花費之時間，應將說明。 3. 火災影響中，煙流擴散狀態可能會導致避難行為有所落差，應如何從影像識別中偵測連動？ 	
消防署	<ol style="list-style-type: none"> 1. 無表示意見 	
台北市政府消防局	<ol style="list-style-type: none"> 1. 無表示意見 	
雷研究員明遠	<ol style="list-style-type: none"> 1. 建議廣泛蒐集應用影像技術進行人流監控分析之案例，並依應用分類，使用技術予以說明。 2. 說明大型場地實測之規畫進度及後續進行內容概要 3. 建議將各子系統運算程序、花費時間計時避難分析(Timed Egress analysis) 的時序，承一列明，檢視應用系統對於 RSET 必要安全避難時間之效益。 	
蔡組長綽芳	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本案中是否將煙流問題導入演算法中？ 2. 火場中之煙霧是否會阻礙到監視器運作而影響辨識能力？ 	
張教授志勇	<ol style="list-style-type: none"> 1. 請說明本系統若試運行，其適合的環境及限制為何？該搭配那些裝置及施工？ 2. 請說明採用本系統可能產生的危機及可能的解決方案。 	

	3. 請說明本系統試運行之配套方案，並說明運行前的工作準備項目及所需系統以外之設備。	
--	--	--

附錄五 已發表之論文

2014 7th International Conference on Ubi-Media Computing and Workshops

Emergency Evacuation Base on Intelligent Digital Signage Systems

Huan-Po Hsu¹, Kun-Ming Yu¹, Shao-Ting Chine¹,Shao-Tsai Cheng², Ming-Yuan Lei³, Nancy Tsai³¹Department of Computer Science and Information Engineering, Chung Hua University²Department of Construction Management, Chung Hua University³Architecture and Building Research Institute, Ministry of the Interior^{1,2}Hsinchu, Taiwan³New Taipei City, Taiwan

kaniyorukuroe@pdlab.csie.chu.edu.tw, yu@chu.edu.tw, blingromance@gmail.com,

shaotsai@chu.edu.tw, alee@abri.gov.tw, nancy@abri.gov.tw

Abstract—As buildings become taller and more complex, establishing clear evacuation routes becomes very important in the event of a fire or other emergency. In this paper, Wireless Sensor Networks (WSN), Radio Frequency Identification (RFID) and real time escape route guidance are integrated to accomplish a real-time fire evacuation system to guide along an evacuation route. When the emergency event occurs, the system provides evacuation route guidance to people for them to be able to avoid danger. Moreover, in the proposed system, an intelligent evacuation route is provided by indicating in digital signage the best evacuation route as well as pertinent information to improve the chances of survival for users. The proposed system also supplies real time environmental information to fire fighters assuring better efficiency in their rescue operations.

Keywords—Wireless Sensor Network; RFID; Evacuation Plan; Digital Signage

I. INTRODUCTIONS

There have been 1620 fires fewer in Taiwan in 2011 than in 2007 according to the statistics of the National Fire Agency. However, the number of people who have died in the fires has not decreased in an equal proportion: environments occupied by people are becoming more complex and guidance is not always explicit. Therefore, in this study, a ZigBee wireless sensor network, RFID indoor localization technology and real time evacuation guidance were integrated to set up real-time fire evacuation in order to guide people along evacuation routes. Also, in the study, an intelligent digital signage, provided via the central control system, was used to display the evacuation guidance to guide users in the building in case of fire leading to quick escapes and reducing casualties.

This paper is organized as follows: In section 2, related work on wireless sensor networks, indoor locations as well as emergency evacuation are presented. The system architecture is briefly described in section 3. Section 4 discusses the implementation of the proposed system. Conclusion and discussion are given in Section 5.

II. RELATED WORKS

Zigbee is a specification for a suite of high-level communication protocols. It is based on an IEEE 802.15 standard. Zigbee's protocol layer can be divided into the Physical layer (PHY), Media Access Control (MAC), Network layer (NWK), and Application layer (APL). Also, Zigbee can be divided into the Zigbee Coordinator, Zigbee Router, and Zigbee End Device. It supports the network topologies' with Star, Tree, and Mesh. It has been widely used in environmental monitoring, safety control, electronic equipment automation, medical care, housing and other applications. It is one of the short distance wireless communication technologies in wireless sensor networks commonly recognized.

In providing guidance for users on an indoors route, getting to an exact location, is a problem. Many methods using different techniques have been proposed in recent years. Radio Frequency Identification (RFID) is one of the popular techniques to study [2, 3, 4]. It usually consists of an RFID Reader and an RFID Tag. Since GPS is still problematic for indoor positioning accuracy, the RFID-based indoor positioning technology has gradually begun receiving more attention. The best known RFID indoor positioning technology is the LANDMARC[5] system. The main approach of LANDMARC is using fixed positions with electronic tags to create reference points in assisting operators. Either the RFID Signal Strength Information (RSSI) or the power level can be used to judge the distance from an RFID Tag. Each reader receives multiple electronic tags and distinguishes them according to each tag's unique serial number, discerning them according to their signal, and then calculating the distance using the reference point within the range of each unknown electronic position of the label/tag. However, the precision of the LANDMARC system declines sharply when the distance between reference tags is larger than one meter and, furthermore, setting up the system is quite costly. Lee et al. proposed VSLS [6] to overcome the drawbacks of LANDMARC. In VSLS, the authors used

virtual source sampling and purification procedures to enhance the accuracy and reduce the deployment cost.

It has been studied extensively in emergency evacuation [7-10]. However, many of these studies focus on the shortest evacuation paths. Zhou et. al. [11] present the multiple streaming crowd guidance (MSCG). According to the MSCG algorithm people are navigated separately/individually according to the distance and capacity of exits. Wu et. al. [10] propose a personal guidance system using smartphones; users register on entering a building and automatically receive environmental information as well as emergency evacuation messages when a fire breaks out. Also, personal evacuation guidance is installed in a user's smartphone to help them escape from the fire. However, the size of the panel of the smartphone is inadequate and may be unclear indoors.

At present, public spaces (shopping centers, for example) are relying on fixed signage indicating the direction of exits. Most of them lack clear route guidance and there is no way to confirm whether an escape direction is correct. It's easily lead people to make wrong judgments at the time of fire, and may enter danger area when emergency. Many shopping centers, however, do have digital signage displaying commercial ads and entertainment. Digital signage operates in real time, changes dynamically, and has multi-media characteristics [12]. The propagation characteristics of multimedia digital signage have other applications as well. Lots of electronic signage products and various types of communication control systems are available in the market since digital signages are flexible, fully customizable support services, audio sound and light effects to attract the attention of consumers, and can save cost and time in production and distribution.

III. SYSTEM ARCHITECTURE

In this paper, an intelligent fire evacuation Map and evacuation guidance system are proposed based on a demo site built for the study. Wireless sensor networks (WSNs) consisting of nodes were used for monitoring physical environmental conditions such as temperature, humidity, light, etc., and RFID was used as an indoor location sensing system. The system continuously monitored the environmental conditions and marked/identified the origin of the fire. Moreover, the system immediately drew/designed/set up a real-time fire evacuation map to guide along an evacuation route and notified the people in the building about the fire while using digital signage to display the evacuation route. In the proposed system, Zigbee wireless transmission function sensors and RFID detection points with apperception of the environment were provided and these were also integrated with environmental information and digital signage devices for a complete evacuation guidance system. Moreover, the proposed system not only provided guidance regarding escape routes during the evacuation of people, but also appropriately dispersed the people to prevent overcrowding. Furthermore, the digital signage provided posting and publishing messages in real time. It also provided other digital signage applications in a safe and secure environment. In order to achieve system reliability and functional integrity, modularity was adopted as a technique in developing the system. There were four function modules in this system: 1. ZigBee Sensor and

Controller Module. 2. RFID Location System Module. 3. Central Monitoring system and Database System Module. 4. Intelligence Digital Signage System Module. The architecture of the system is shown in Figure 1.



Figure 1. Figure 1 System architecture

1. ZigBee Sensor and Controller Module

This module was responsible for monitoring environmental information by using WSN to collect environmental data, such as temperature, humidity and illumination, to determine whether it was a normal or emergency state. A TICC2530 chipset was used to set up the ZigBee sensor communication module, to carry out environmental information delivery and send commands. Illumination, temperature, and humidity sensors were loaded on the hardware of the wireless communication module to measure environmental changes. Moreover, the module was set to the frequency of environmental information collection in accordance with the various needs of a particular area; the environment data were transmitted in real time to reflect the current situation. Three transmission modes were chosen in ZigBee: 1. Fixed sampling interval time and automatically return data after sampling. 2. The channel detecting analog input values or input changes automatically returning data after sampling. 3. The host issuing the instructions and returning the sensor measured data. It was found that Mode 1 and Mode 2 caused data collision in the data collection procedure and the database could not digest the huge amount of returning data. Therefore, Mode 3 was chosen as the transmission mode.

In the work, the overall system impact on different data collection rates was also studied for hardware, software as well as databases in the module. When the environmental ZigBee wireless sensor network was deployed, the sensing range covering all regions and each sensor measurement range did not overlap with each other, which got the best results. This deployment approach immediately identified the fire and generated an early warning. However, this deployment approach caused excessive hardware costs, not matching the benefits. In this study, the second best way was chosen. The sensors were deployed in regional centers as well as sensitive regions (kitchen, bath room, etc.)

2. RFID-based Location Module

This module was mainly for determining the number of people in each room and then computing the evacuation route according to the evacuation algorithm. In this module, the RFID reader received the signal from all electronic tags and determined the location of each tag by using the unique serial number and the strength of the signal. VSL [6] methodology was used to calculate the location of each tag in a room. An RFID reader was placed in the ceiling, via TCP/IP, in the IoT Research Center of Chung Hua University to transmit the tag signals. A signal received by the reader was stored in a backend database to proceed to the positioning computation. The structure of the RFID-based Location Module is depicted in fig. 2.



Figure 2. Structure of the RFID-based Location Module

3. Central Monitoring System and Database Module

The central monitoring system was responsible for controlling the information flowing through each module, and provided easy monitoring user interface. The Central Monitoring System used the Windows Framework to provide the monitoring UI for the manager. In addition, it also helped security personnel to monitor environmental information, determined personnel status and provide fire early warning information. The Central Monitoring System supported three modes: 1. Environmental information under normal state, 2. Environmental information during fire, 3. Management Interface.

The database module was responsible for analyzing the data obtained from the ZigBee sensors and RFID readers. These data determined whether the system status needed to be changed. When the value of data collected from the sensors was beyond the normal range, the system notified the professional staff and set off the fire alarm. The operating system platform and database specifications of the Central Monitoring System and Database module are shown in Table 1.

Table 1. Platform and database specifications

Name	Description
Operating system	Windows 7
Website Framework Platform	Microsoft Visual Studio 2012 C#
Database Systems	PostgreSQL 9.1 MySQL 5.2 CE

4. Intelligent Digital Signage Module

The Intelligent Digital Signage System Module received the information from the Central Monitoring System and Database module and published on digital signage. The digital signage system used 22-inch and 18-inch LCD monitors combined with an APC Rock developer latest edition. The embedded Android APC Rock Development Board played an important role in the system having a simple design and readily available hardware. It had the following functions: 1. Through VGA or HDMI it sent video output to the monitor. 2. Through a wired network or USB Wireless LAN Card it connected to the Internet. Information was received from the database and sent to the monitor using the USB Wireless LAN Card. The architecture and specifications of the Intelligent Digital Signage Module are given in Table 2 and Figure 3.

Table 2. The specification of Intelligence Digital Signage Module

Name	Description
Digital Signage	Eclipse 3.7
System Development	Android SDK R18
APC Rock version	Android 4.0
Hardware	22-inch LCD monitor, 18 inch LCD Monitor APC Rock D-Link DWA-125



Figure 3. The APC Rock with Android development board

IV. IMPLEMENTATION OF THE PROPOSED SYSTEM INDOOR FIRE ESCAPE MAP WITH IMMEDIATE EVACUATION GUIDANCE SYSTEM

The proposed system was built on a closed wireless network domain to avoid complicated setup procedures like having to reconfigure the network, for example. Two management modes were used in the system: *advertising mode* and *evacuation mode*. The control flow of the proposed system is described below and shown in fig. 4 as well.

(A) Initialization of digital signage

1. When the digital signage was initialized, the system asked operator to manually enter the ID of the digital signage and the signage stored the ID in the internal memory of the embedded Android OS.
2. After completing the input, the system was officially launched and started to read and compare the status.

(B) Reading mode

1. The system switched between different modes according to the configuration database managers after receiving the current status from the Central Monitoring System and Database Module.
2. When the status of the digital signage was the same as that of the Central Monitoring System, the mode did not change; otherwise, it changed.

(C) Display mode

1. When the mode changed, the digital signage displayed a message.
2. When the status was *advertising mode* then the digital signage displayed ads, or otherwise, it displayed the evacuation information (*evacuation mode*).

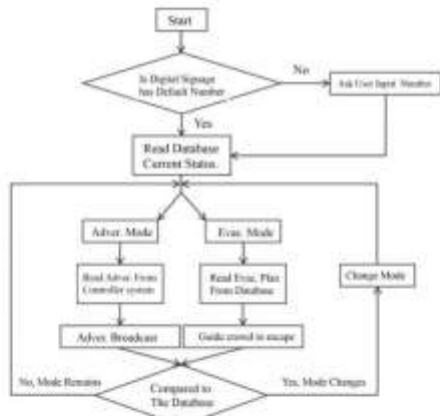


Figure 4. Control flow of the proposed system

Advertising mode: In advertising mode, digital signage received the dissemination of information from the Central Monitoring System. The control flow of advertising mode is shown in fig. 5 and a snapshot of advertising mode shown in digital signage in given in fig. 6.

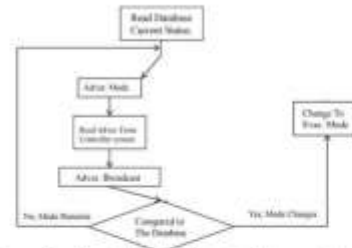


Figure 5. Control flow of advertising mode



Figure 6. Snapshot of advertising mode shown in digital signage

Evacuation Mode: In this mode, the digital signage displayed the guidance and direction for evacuation from the Central Monitoring System. It also showed the emergency messages to provide real time environmental information for users. The control flow of the evacuation mode is shown in fig. 7 and 3 snapshots of the evacuation mode in digital signage are given in fig. 8, fig. 9 and fig. 10. The system continuously monitored the environmental information from the ZigBee Sensor, Controller Module and RFID-based Location Module. When evacuation routes were updated, based on a change in the environmental data., the digital signage immediately updated the direction of evacuation.

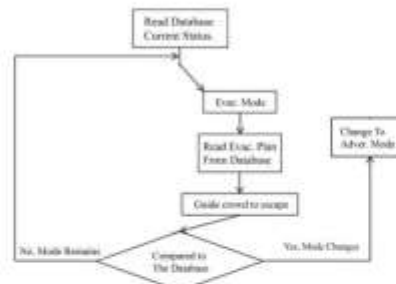


Figure 7. Control flow of evacuation mode



Figure 8. Snapshot of evacuation mode shown in digital signage



Figure 9. Snapshot of evacuation mode shown in digital signage



Figure 10. Snapshot of evacuation mode shown in digital signage

V. CONCLUSION AND DISCUSSION

In case of an emergency, efficiently providing an evacuation route becomes quite important. Efficient guidance equipment is key for personnel survival. In this study, an emergency evacuation system was implemented with a wireless sensor network, RFID positioning technology, and digital signage. In addition, the construction of a ZigBee sensor network covering the whole area with the smallest number of sensors was also studied. Moreover, personnel location information was also applied to detect unexpected accidents and re-route the evacuation path. In future, the evacuation system can be linked to fire-fighting equipment based on real time environmental information to enhance the efficiency of rescue.

ACKNOWLEDGEMENTS

This paper was supported by Architecture and Building Research Institute, Ministry of the Interior (research no. 102301070000G0026 and 103301070000G0031).

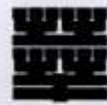
REFERENCES

- [1] United States Census Bureau, <http://www.census.gov/>
- [2] Yuh-Ming Cheng, "Using ZigBee and Room-Based Location Technology to Constructing an Indoor Location Based Service Platform," *IIH-MSP'09*, pp. 803-806, 2009.
- [3] G. Jin, X. Lu, and M. S. Park, "An indoor localization mechanism using active RFID tag," *IEEE International Conference on Sensor Networks, Ubiquitous, and Trustworthy Computing*, pp. 4, 2006.
- [4] R. Tesoriero, J. Gallud, M. Lozano, and V. Penichet, "Using active and passive RFID technology to support indoor location-aware systems," *Consumer Electronics, IEEE Transactions on*, vol. 54, pp. 578-583, 2008.
- [5] L. M. Ni, Y. Liu, and A. P. Patil, "LANDMARC: Indoor Location Sensing Using Active RFID," *Proceedings of the First IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom'03)*, pp. 407-415, 2003.
- [6] Kun-Ming Yu - Wu-Cheng Lai, "Indoor Location of the RFID System with Pattern Matching Technology", *Symposium on Applications of Information, Management and Communication Technology*, 2008
- [7] Q. Li, M. DeRoss, D. Ras, "Distributed algorithms for guiding navigation across a sensor network," *Proceedings of Ninth Annual International Conference on Mobile Computing and Networking*, September, pp. 313-326, 2003.
- [8] S. Pu, S. Zlatanova, "Evacuation route calculation of inner buildings." In P. van Oosterom, S. Zlatanova, and E. M. Fendel, editors, *Geo-Information for Disaster Management*, pp. 1143-1161, 2005.
- [9] Peng Wang, Peter B. Luh, Shi-Chung Chang, Jin Sun, "Modeling and optimization of crowd guidance for building emergency evacuation", *Automation Science and Engineering*, pp. 328-334, 2008.
- [10] Chung-Chao Wu, Kun-Ming Yu, Shao-Ting Chien, Shao-Tsai Cheng, Yuan-Shao Huang, Ming-Yuan Lei, Jian-Hong Lin, "An Intelligent Active Alert Application on Handheld Devices for Emergency Evacuation Guidance," *The 5th International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN 2013)*, pp. 7-11, 2013.
- [11] Jiayi Zhou, Chung-Chao Wu, Kun-Ming Yu, Ying Tsao, Ming-Yuan Lei, Chien-Jung Chen, Shao-Tsai Cheng, Yuan-Shao Huang(2012). "Crowd Guidance for Emergency Fire Evacuation Based on Wireless Sensor Networks", *The 5th IET International Conference on Ubi-media Computing (U-Media 2012)*, pp. 303-309, 2012.
- [12] Cheng-Yan Yu, "Location-Aware Mobile Digital Signage System Based on Dynamic Advertisement Recommendation Algorithm", *Chung Hua University*, 2010.
- [13] Y.-C. Tseng, M.-S. Pan, and Y.-Y. Tsai, "A Distributed Emergency Navigation Algorithm for Wireless Sensor Networks", *IEEE Computers*, 39(7):55-62, July 2006.
- [14] Kun-Ming Yu, Jian-Yuan Liou, Bo-Han Yeh, Chang Wu Yu, Ching-Cheng Tien, Chih-Hu Wang, Ping-Yu Wang, "CALE: A Context-aware Living Environment Based on Zigbee Sensor Network", 2010 *IEEE*, page: 243 - 246
- [15] Lee, M.G., K.M. Yu, and W.C. Lai. "Implement a RFID-Based Indoor Location Sensing System Using Virtual Signal Mechanism". 2010. *IEEE*.

建築學報投稿



臺灣建築學會
建築學報編審會函



游坤明、鄭紹材、雷明遠、徐煥博、吳崇碩、簡紹庭 先生/小姐鈞鑑：

您的論文『(論文編號：T1030056) 應用行動通訊之智慧型主動預警及避難
導引系統』，依學報審查辦法，經審查委員及編審委員一致之意見為：

同意刊載於建築學報增刊(技術專刊)

正確刊載期數將會於日後統整篇數後再發通知函告知，謝謝您對學報的支持，
日後也請繼續支持學報。

敬祝
健康安泰

臺灣建築學會
建築學報主編 姚昭智 敬上



2014 年 9 月 30 日

回件聯絡處：11052 台北市信義區基隆路二段 51 號 13 樓之 2 臺灣建築學會 建築學報收
TEL：(02)27350338#10 FAX：(02)27396917 學報助理：黃秀筑 Email:jou.arch@gmail.com

應用行動通訊之智慧型主動預警及避難導引系統

關鍵字：緊急逃生導引、位置感知、無線感測網路、無線射頻辨識系統

摘要

近年來全台火災發生次數呈現線性遞減，但是於火場中不幸罹難的人數卻沒有隨著火災場次等量減少，不時有因為火場逃生指示不明確無法給予避難者足夠資訊而造成逃生困難導致罹難的案例發生。有鑑於此，如何在火災發生時透過有效的系統給予避難者足夠的避難資訊成為消防滅災的重要工作之一。本研究係針對大型建築物(例：辦公大樓)以資通訊技術結合環境偵測以及逃生引導演算技術，發展一套行動式手持逃生引導系統。此系統將持續蒐集建築物內部之環境數據，並經由環境資訊判斷建築物之狀態是否正常，可在建築物發生火災初期主動提醒人員進行避難，並且透過逃生導引系統導引使用者往安全逃生出口方向，達到有效給予避難者正確逃生方向指示，本研究所提出之系統架構以及結合行動App 之逃生引導概念可供國內建築物防火防災研究後續發展參考。

An Intelligent Active Alert and Evacuation Guidance System using Mobile Communication Technology

KEYWORDS : Emergency Evacuation Guidance, Location Sensitive, Wireless Sensor Network, RFID

ABSTRACT

According to National Fire Agency, Ministry of the Interior, fire accident are reduce for every year but the number of people dead in the fire did not decrease in an equal proportion. There are many people dead because not enough information for emergency evacuation. Therefore, how to provide enough information for people is a primary target of emergency evacuation. This project is focus on provide evacuation information with emergency guidance and designed a guidance application using mobile communication technology by environment detection and emergency guidance algorithm. The system can provide evacuation information and warning user to evacuation with guidance application. In future, our research perhaps be a referral of other emergency evacuation works.

一、前言

根據內政部消防署統計，民國96 年發生3392 場火災，共造成120 人罹難；至民國100 年火災發生場次已減少為1772 場次，但卻仍造成97 人罹難，統計資料顯示雖然火災發生場次逐年減少，但是罹難人數卻沒有隨著火災場次的減少而等比下降，如圖1 所示。追究其主要原因可能為建築物內部設計越趨高層化與複雜化，致使人員進行避難時無法完全掌握環境狀況與避難資訊，而導致避難困難，造成逃生避難時間延長，使人員暴露於危險之中。

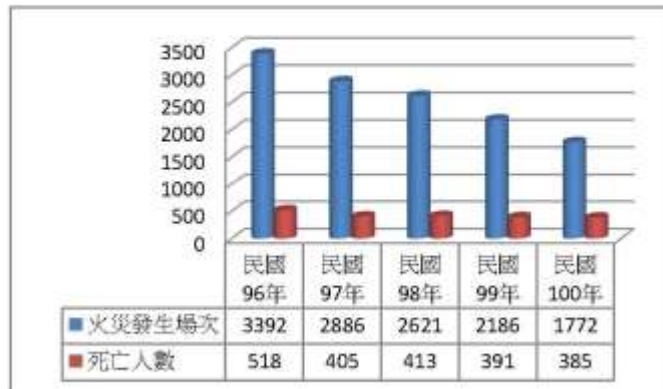


圖 1. 近年來火災場次與傷亡人數關係圖

當火災發生時，由於火場濃煙密布、光線昏暗、警鈴大作，火場一片混亂，易造成避難者心理壓力以及惶恐不安，在慌亂的情況下假如又缺乏適當的引導資訊，容易做出錯誤判斷，現今建築物內所裝設之避難導引指示燈，近年來雖在硬體設備上不斷有改進，但卻還是存在資訊提供不足以及無法靈活變化的缺點。目前的固定式逃生指示燈僅能依照環境平面提供固定的方向標示，但若是所標示的逃生出口無法順利逃生，固定式逃生指示燈並無法依照情況即時修正，容易導致避難者依循指示燈到到達出口後才發現無法逃生，阻礙人員逃生。有鑑於此，本研究主要目的在研發一套避難逃生導引系統，可以有效的提供火場中的避難者週遭相關資訊並且依據環境狀態計算出適當的逃生路線，以無線傳輸方式傳送使用者所攜帶的手持行動裝置上，引導使用者往正確方向避難。以減少逃生避難時花費不必要的尋路時間，使避難人員可以迅速、安全的逃離災害現場。

針對建築物內部防災逃生引導之研究，研究內容包括室內逃生導引演算、建築物逃生指引路線規劃、逃生指引看板有效擺放位置等(Pu & Zlatanova, et al, 2005; Fang, et al, 2008; Chung, et al, 2009)，而本研究主要在於結合人員室內定位、環境偵測系統、逃生導引演算法，並提出有別以往固定式逃生指示牌的概念，改以手持式行動裝置進行人員逃生引導，並為此開發一套手持行動 App 系統，將系統所運算完之避難路線以 App 傳達給使用者，進行個人逃生引導。

二、文獻回顧

為達到人員避難導引以及環境資訊偵測之目的，已有相關研究提出不同機制之室內定位技術以及環境偵測技術，在 2004 年 L. M. Ni 等學者提出了著名的 LANDMARC 室內定位演算法 (Ni, et al, 2004)，該方法以 RFID 無線射頻技術做為室內定位的基礎設施，並以相當數量的定位參考點做為定位時的參考憑據，而在 2006 年 G. Y. Jin 等人針對 LANDMARC 方法上可能發生的問題做了相當的補強以及改進 (Jin, et al, 2006)，Lee, 等人也在 2010 年基於 LANDMARC 修改後提出了 Virtual Signal Location System (VSLS) 的方法 (Lee, et al, 2010)，該方法於佈署環境中增加了虛擬的定位參考點，以虛擬參考點增強了原 LANDMARC 的佈署密度，並以數值均化以及 On-Line 與 Off-Line 的概念降低定位計算時的錯誤，有效的增強了定位的精準度。另外環境偵測技術目前市場上以 ZigBee 無線感測網路為相當熱門的一個討論議題，其優點在於低複雜度、快

速、可靠、且支援多種網路拓模結構，且以無線方式架設可依使用者需求適應於多種複雜環境，近年來也有許多針對此方面的研究以及應用(CHOI, 2009; Sang & Song, 2010)，在 2010 年 Kun-Ming Yu(Yu, et al, 2010)等人針對 ZigBee 無線感測網路的應用建置了一個原型系統，該研究於環境中佈署以 ZigBee 為傳輸的環境感測器，用以感測環境中溫度、濕度、照度等資訊，並將測得之環境資訊以無線方式回傳到資料庫以做其他室內控制之應用。

另外在人群逃生導引演算法方面，Yu-Chee Tseng 等人(Tseng, et al, 2006)提出了一套基於無線感測網路的分散式緊急導引演算法，利用高低落差的概念將環境中發生火災的區域予以劃分，進行人群導引時以避開危險區域迅速往安全出口挑選路徑移動，將人員以區域為單位往出口導引；而在 2012 年 Jiayi Zhou 等人也提出了一套人員避難疏散演算法(Zhou, et al, 2012)，該演算法除了同時涵蓋宏觀以及微觀的逃生路徑演算概念外，還提出了將人群分群導引以減輕逃生路徑負擔的概念，能在短時間內有效疏散避難人群，因此，本文之人員避難逃生演算法將以此演算法為基礎。

三、系統架構

本文所之系統架構分為五大區塊，分別為 RFID 人員定位系統、ZigBee 環境偵測系統、資料庫系統、中控伺服器、以及手持行動 App 系統，系統架構如圖 2 所示。

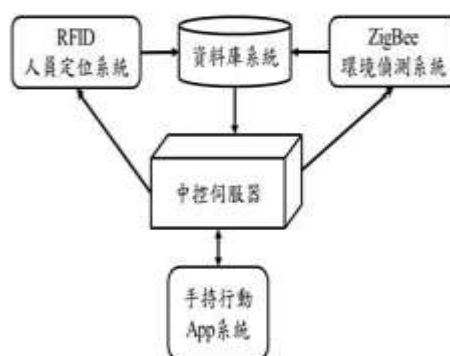


圖 2、系統架構圖

RFID 人員定位系統運用 RFID 接收器接收 RFID 主動式電子標籤訊號強度資訊，運用 VSLSL[] 虛擬定位技術，並將人員位置資訊儲存至資料庫系統中，計算空間中人員數量與位置；ZigBee 環境偵測系統則是運用 ZigBee 溫度、濕度與照度三合一感測器蒐集環境資訊，並將其所蒐集之溫度、濕度與照度資訊儲存於資料庫系統，使逃生導引演算法能運用所蒐集之環境資訊進行逃生路徑之規劃；中控系統為分析環境資訊與逃生導引演算法運作之重要區塊，當環境是否發生火災之判斷以及逃生路徑之規劃等，皆必須透過中控伺服器進行運作；手持行動 APP 系統則是負責將中控伺服器之推播資訊傳送給使用者手持裝置之 APP 程式，讓使用者隨時能獲得即時之環境資訊。

五大區塊以中控伺服器為中樞進行整個系統的整合，當系統啟動時會由 RFID 人員定位系統以及 ZigBee 環境偵測系統不間斷的進行人員定位以及環境資料之蒐集，並將蒐集的資料存入資料

庫中。若是發生了緊急的火災狀況，中控伺服器依照所感測的環境資訊判斷，啟動逃生路徑演算法逃生路徑規劃，而逃生路徑演算法根據資料庫中之各種即時資料(如:人員定位資訊、環境資訊等)，運算出適當的逃生路徑後經由無線的方式將逃生導引路線傳輸給各個使用者，並同時使用 GCM (Google Cloud Message) 機制，運用背景推播方式將逃生路徑資訊傳送到使用者的手持行動裝置中，喚醒手持行動裝置中之 App 程式開始進行逃生疏散的引導，詳細系統流程如圖 3 所示。a 圖為系統偵測火災並通知人員逃生之流程圖，b 圖為系統整體運作並持續更新路線規劃之流程圖。

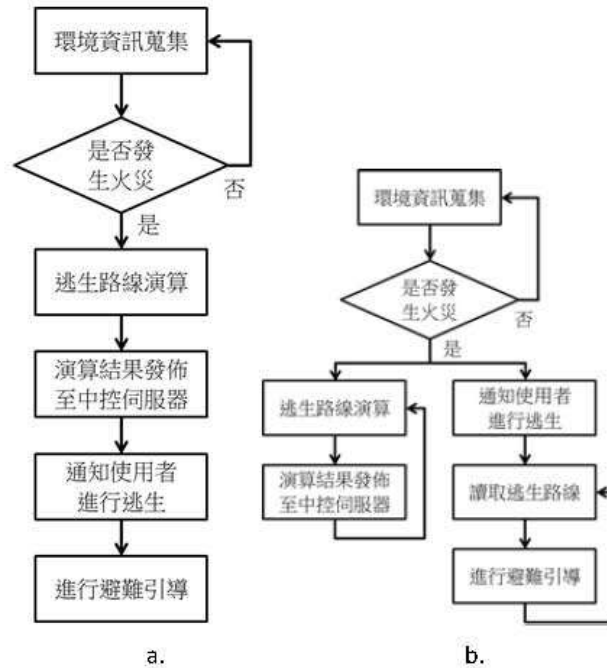


圖 3、系統流程圖

四、逃生導引演算法

本文所使用之逃生導引路徑演算方式基於環境資料以及人於分布位置的不同，可依火場狀態的改變即時修改引導路線。在路徑規劃的基本概念中，將各個區域以不同的數值代表自身高度，並以「水流由高往低流動」的概念，將以火源發生點設為最高處，而逃生出口為最低處，以高自低流動方式將環境中所有避難者導引往出口進行逃生避難。且為了避免演算過程中流動方向錯誤，將環境中所有區域數值做一個基本的範圍限制，並且固定將火源處最高值設定為 110 而將逃生出口的最低值設定為 -5。而環境中其餘區域的數值變動範圍鎖定在 0~105 之間，以使路徑演算可正常流動。

以下為本篇演算法中所使用到的一些基本參數定義：

CR_i：區域 i 之人群容納百分比

FE_i：區域 i 之發生危急事件的事件數值

DV_i：區域 i 之危險數值

DE：無法順利往出口導引之情況

α ：進行 DV 計算時數值的比重

β ：為一大於零的常數

γ ：發生 DE 狀況時，用以提高節點數值之大於零正數

A. 前處理

在逃生演算法運作前並須先執行環境圖資料之前處理，本階段將環境圖資轉換為節點圖資，並按照空間與走道相連之情況來規劃節點連線，在前處理部份分為以下幾個步驟。

Step1.

將環境平面圖依照房間、走廊、出口切割為不同的區域如圖 4。為考慮疏散時計算以及方向導引上的便利性，將同一條走廊切割為多個不同的區域。且考慮到之後人羣在房間與走廊之間以及區域邊界上移動時容易造成系統誤判，以鄰近房間門位於切割後的區域中心為方式進行走廊的多個區域劃分，減少人員定為時可能造成的誤差，增強系統容錯能力以利之後演算法運算及逃生方向指引。

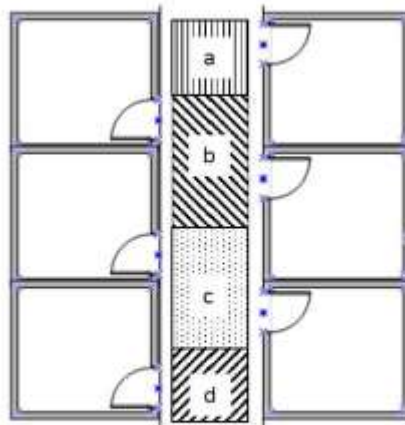


圖 4、本文所使用之切割方法將走廊切割為 a、b、c、d 四個區域

Step2.

將切割後的區域以一連串節點相連之節點圖，並在其中以節點代表空間區域(房間、走廊)，以節點與節點之間的連線代表不同區域之間的連接(門)，如圖 5 所示

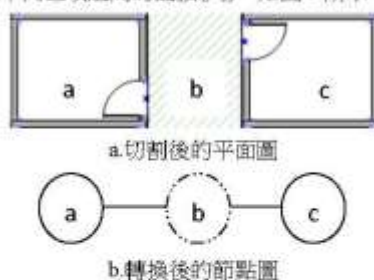


圖 5、由平面圖 a 轉換為對應節點圖 b

(實線圓圈代表房間、虛線圓圈代表走廊、中間連線代表兩者之間相連的門)

Step3.

依據所繪製成的節點圖，以逃生出口為起點計算各個區域與出口之間的最短邏輯距離。以再之後路徑演算時運用。

B. 導引路線運算

系統於環境發生異常狀態時會進入路線火災模式並藉由逃生導引演算法計算出符合各個使用者的避難路線。逃生路線演算方式首先會依照環境中各區域人群容納百分比、火源發生點、以及各區域亮度是否符合逃生需要三大條件進行各區域 DV 數值的演算，以求出各區域之高度，並在之後依據各區域不同數值之高低由內而外依序進行 DE 情況的檢查以及狀況排除，最後再依據各區域人數以及出口數進行人員分群，並將逃生路徑以手持裝置傳遞給使用者以進行避難。

Step1.

將各區域中的人群數量與該區域所能容納之數量進行運算，所得之數值 CP_i 即為 i 區域之人群數量百分比，如 公式 (1)。

$$CP_i = \left(\frac{\text{區域 } i \text{ 的人群數量}}{\text{區域 } i \text{ 可容納人群數量}} \right) \% \quad \text{公式 (1)}$$

並以發生火災的節點為中心，將其相鄰邏輯距離 3 步以內之節點由近到遠依序給予 95、85、75 的事件數值分配，而火災發生節點本身則給予 110 的數值(公式 (2))。

$$FE_i = \begin{cases} 110, & \text{if 節點發生火災} \\ 95, & \text{if 距離火災發生點 } hop = 1 \\ 85, & \text{if 距離火災發生點 } hop = 2 \\ 75, & \text{if 距離火災發生點 } hop = 3 \\ 0, & \text{其他狀況} \end{cases} \quad \text{公式 (2)}$$

將上述 CP_i、FE_i 兩種數值以對應的比率結合，會得到一個新的數值 DV_i，由節點距離火源遠近以及人群擁擠程度所組成，DV_i 的數值代表了該區域逃生的困難程度，若數值越高代表要經過該區域逃生越困難，DV_i 值之設定如公式 (3)。

$$DV_i = \begin{cases} -5, & \text{if 為出口且沒有發生火災} \\ \text{高值}, & \text{if 其中一個數值大於 } 90 \\ \text{高值} * \alpha + \text{低值} * (1 - \alpha), & \text{else} \end{cases} \quad \text{公式 (3)}$$

同時我們的演算法中也考量到環境光亮程度對於避難者心理因素的影響，因人類天生有趨向光亮而恐懼黑暗的天性，在漆黑的環境中容易產生緊張、恐慌、甚至不理性的行為發生，為盡量避免逃生過程中人避難者過於恐慌而無法理性的依循避難指示有秩序逃生，演算法中定義了逃生所需基本照度值 LUX_{min}，若是節點的環境亮度 LUX_i 小於基本照度，該區域可能因為照度不足導致避難者經過時產生恐懼增加逃生困難度，所以我們增加該區域之 DV 數值，如公式(4)所示。

$$DV_i \begin{cases} DV_i + \beta, & \text{if } LUX_i < LUX_{min} \\ DV_i, & \text{else} \end{cases} \quad \text{公式 (4)}$$

Step2.

完成了各個區域 DV 的計算後，有可能因為各區域人數分配不平均而發生無法順利生成逃生路徑的情況，如圖 6 其中三個節點都並非出口且虛線節點數值最低無法順利往出口導引，我們稱此狀況為 DE。

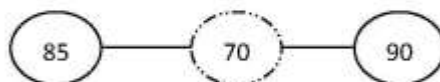


圖 6、虛線節點無法順利往出口導引

為了檢測以及排除可能發生的 DE 狀況，依據先前所計算各個區域與出口的邏輯距離，由距離最近至近依序進行各個節點的檢查。當檢測到節點發生 DE 狀況，為了讓所有節點都能往出口導引，我們依據公式(5)將該節點數值做提升，以利排除 DE 之狀況。

$$DV_i = \begin{cases} DV_i, & \text{if } DV_i \text{ is not DE} \\ DV_i + \beta, & \text{if } DV_i \text{ is DE} \end{cases} \quad \text{公式 (5)}$$

Step3.

完成上述演算後，各節點皆擁有一代表自身高度之數值，依據各節點數值由高往低進行連線便可生成由各節點連往出口之一條或多條逃生路線。如遇到一節點出現多條路徑必須擇一進行優先導引時，依據 DV_i 數值高低以及與出口邏輯距離的遠近優先挑選數值較低以及距離出口較近者，因較高的 DV_i 數值代表著之後的路徑逃生困難性與不確定性較高，可能在之後的逃生過程中發生不利避難者逃生的意外狀況。

Step4.

依據上述演算所產生出的各區域逃生平面圖中，依序對各區域進行逃生出口數量以及避難者人數的檢查，若發現一區域擁有一個以上逃生方向，且區域中人數超過一人便啟動演算法中的人員分群機制。

人員分群機制主要是用以預防人群在逃生時對於單一出口或通道因人數過多造成互相推擠、踩踏等意外，可以將同一區域內人群分別往不同逃生路線引導逃生，減輕逃生通道及出口的負擔。在進行區域的人員分群前，首先必須確定該區域可行之逃生路線數量是否超過一條，以及區域內避難者數量有否超過一人，若符合以上條件將進行該區域的人員分群引導，不符合的話則以 B-3 所產生之區域逃生路線進行逃生引導。確認符合上述條件後，依照區域中人群分佈情形以及出口所在位置與出口大小依照以下的方法進行分群。步驟流程如圖 7。

1. 比較區域所有出口大小比例
2. 找出區域中大小比例最小之出口
3. 將區域中所有人以該出口為起點進行距離的計算以及排序
4. 將符合該出口大小比例且距離較近之人群往該出口導引
5. 尋找區域中大小比例第二小之出口
6. 重複 2-6 步驟，直至比例最大之出口
7. 將區域中剩下未導引之所有人群往比例最大之出口做導引

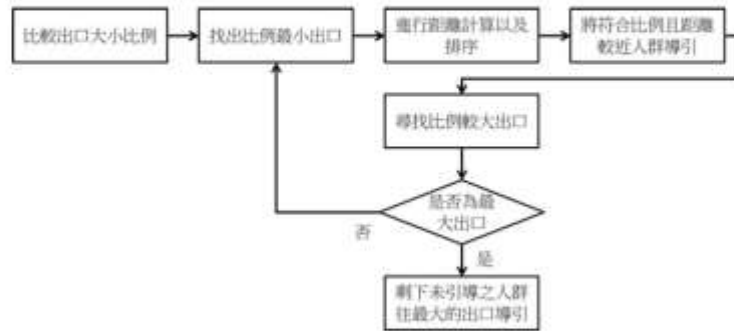


圖 7、人員分群導引流程圖

在進行逃生路徑規劃過程中若有週遭空間之危險指數過高而導致無法順利流動的狀況發生，我們將此狀況稱為死結(Deadlock)，若有死結問題產生逃生演算法必須優先處理走道與出口動向之危險指數，將走道危險指數重新規劃，並由起火點周遭增加危險指數之數值至可以順利流動狀態，如圖 8 與圖 9 所示。

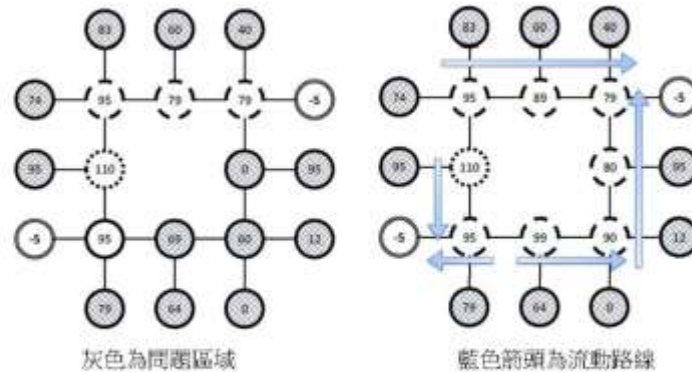


圖 8、死結問題前處理-走道

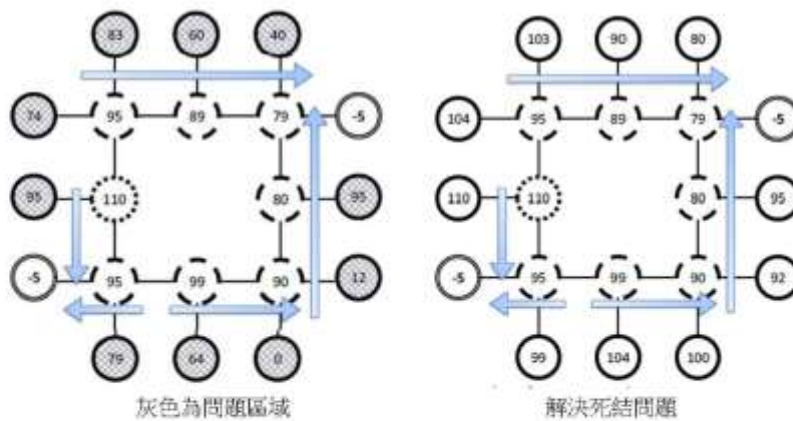


圖 9、死結問題後處理-空間與走道關係

五、手持行動 App 子系統

本文之手持行動 App 子系統主要用於將導引路線之運算結果即時呈現給各個避難者，依據避難者所在的位置以及方向的不同給予不同避難指引。在使用者初次使用本系統前，必須先將手持行動裝置之硬體識別碼與定位標籤進行綁定，使系統可以依據綁定的資料對應每位使用者所在位置以及所持有的硬體設備，使在資料傳輸時可將正確資訊傳遞給需要的使用者。我們所設計的 App 系統分為兩種模式，分別是一般模式以及火災模式；於平常沒有發生火災的情況時 App 系統以一般模式待命，此時使用者可以查詢系統所蒐集到的環境資料以及自己所在位置。一旦環境中發生了火災，App 系統會主動發出警示訊息通知使用者且提醒使用者開啟 App 進入火災模式並開始逃生引導，手持行動 App 系統架構如圖 8 所示。

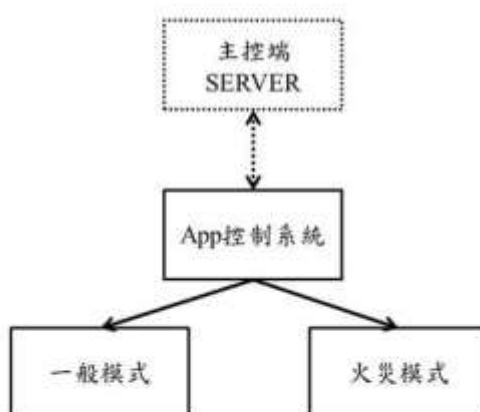


圖 10、App 子系統架構圖

手持行動 App 部分由 App 控制系統經由讀取主控系統所發出的危險警示進行不同模式的判斷以及切換。若在一般正常的情况下，控制系統會將 App 系統導引至一般模式；若是主控系統發出了危險警示的訊號，控制系統會將 App 系統切換至火災模式並且提醒使用者進行避難。以下將針對兩種不同模式進行介紹。

A. 一般模式

當使用者第一次使用時，必須先將手持裝置之硬體識別碼與身上配戴的定位裝置進行綁定，之後系統便可將使用者需要的資訊依照綁定結果傳遞給正確的手持設備。在一般模式的使用情況下，使用者可依需求開啟或關閉 App 程式，開啟 App 程式可用以查看使用者周圍的平面圖以及環境狀態(例：溫度、濕度、亮度...)讓使用者隨時了解目前的環境資訊；但是於環境安全無虞情況下，使用者並不需要對環境狀態做持續的關注，使用者可將 App 關閉，使手持裝置上不會看到 App 運行畫面並可以進行其他操作，但此時 App 其實會隱藏於背景程式中，等待使用者再次啟動或是發生火災時由中控伺服器主動喚醒，並即時進行逃生路徑指示。

B. 火災模式

系統偵測到環境發生火災時，中控伺服器會主動發出警示訊息通知使用者開啟 App 進行逃生，

此時 App 系統會切換為火災模式，此模式下系統不再顯示環境資訊以及使用者位置，取而代之的是以顯眼方式標示出逃生方向的避難指示箭頭。進行逃生時系統會以箭頭指示使用者避難方向，並結合電子羅盤技術，計算手持裝置與建築物以及地磁之夾角自動旋轉導引箭頭，使箭頭可依照使用者方向自動轉向，避免給予錯誤的方向指引。且在逃生過程中為讓使用者了解與出口的距離，穩定避難者情緒，系統會依照與出口的遠近改變指示箭頭的顏色，距離起火點較近時會顯示為紅色，當避難者漸漸往出口移動時，箭頭會由紅色轉換為黃色，若是到達出口處則會轉換為綠色，告知使用者已接近逃生出口。此改變箭頭顏色的設計主要是告知避難者已遠離火源並達到穩定避難者情緒的功能，避免避難者在逃生過程中因為對於環境狀況無法掌握而心生慌張，減少產生不理性行為的產生，避免影響自己以及其他避難者逃生進度。

六、驗證測試與討論

為了驗證本文所提出之逃生導引演算法與系統架構之效率與可行性，本文以某大學內實習旅館 7 樓空間進行實驗測試案例，在環境中部署有多個環境感測器以及 RFID 人員定位裝置，以 2.45G 之無線射頻電子標籤(RFID Tag)做為訂為參考點及身分識別標籤，並以 Visual Studio 2010 C# 做為開發語言及開發環境，以 2.4GHz 的 ZigBee 無線感測網路搭載溫度、濕度、亮度、一氧化氫、二氧化碳感測器構成資料蒐集系統，以 Ubuntu12 做為中控伺服器的平台，並以搭載有 1.5GHz、1GB RAM 及 4.7 吋 LCD 螢幕的 HTC OneX 作為實驗用行動裝置，進行實際運作上系統可行性實驗。實驗場域之平面圖以及環境感測器與 RFID 人員定位裝置如圖 9、10、11 所示。

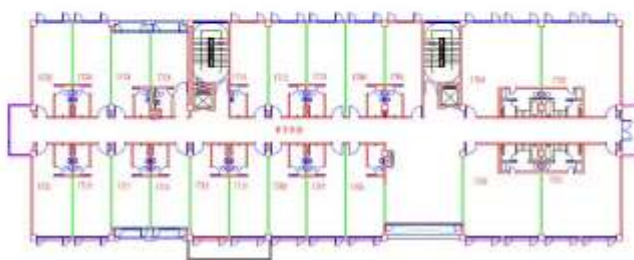


圖 11、實驗場域之平面圖



圖 12、ZigBee 無線感測器



圖 13 · RFID 定位裝置

本文所提出之架構驗證分為三部分分別進行，分別為一般模式下系統運行狀況，發生火災時系統自動警示、火災模式下系統運行狀況。在一般模式下，使用者可以依照需求開啟 App 並點選想查看的感測器數值資訊，畫面上也會顯示出使用者目前所在位置以及周圍環境的平面圖，一般模式下系統運行狀況之電腦畫面如圖 12 所呈現。

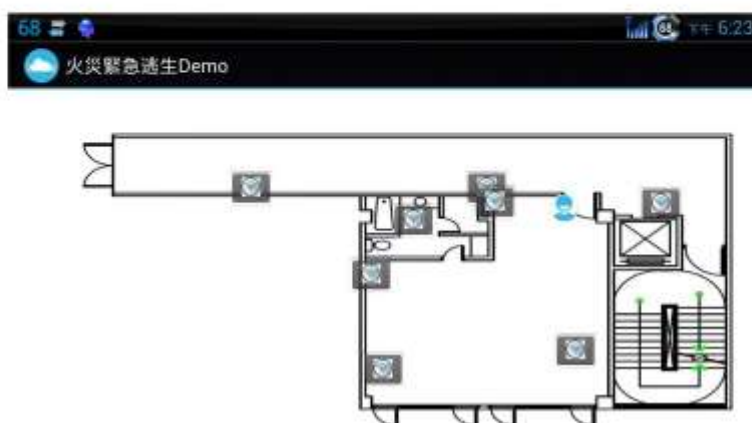


圖 14 · 一般模式下系統運行狀況

一旦環境中發生了火災，中控伺服器會主動發出警示訊息至各使用者身上的手持設備，以警示訊息的方式主動提醒使用者發生火災，應該及時進行避難行為，手機螢幕所呈現之警示訊息畫面如圖 13 所示。當使用者進行避難逃生時，App 系統會以箭頭符號標示出使用者的逃生方向，並結合電子羅盤自動旋轉，使箭頭保持在正確的方向，且為了使避難者對於目前對於出口距離有所概念，會依照距離出口的遠近程度變化箭頭顏色，離出口較遠顯示為紅色，再者為黃色，若是已經接近出口則顯示為綠色。正確指引使用者避難方向，並快速逃離災害發生現場，APP 所呈現之的逃生方向之箭頭標示畫面如圖 14 所示。

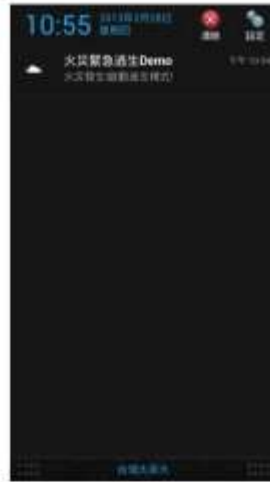


圖 15、系統警示使用者進行避難行為

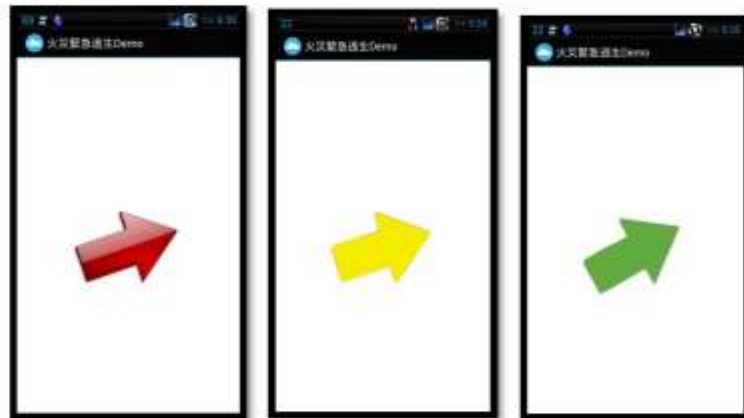


圖 16、逃生指引箭頭顏色依照距離出口遠近改變

結論與建議

依據上述實驗結果，證實本文所提出之行動式手持逃生引導系統為一可實際運行之有效系統，並且於人員逃生過程中本系統確實可以有效的指出逃生方向引導人員進行避難。本文相關結論與建議如下：

- (1) 本文所提出之演算法及逃生導引系統架構經實際建置並驗證測試後，確定為一可行且具實用價值之避難導引系統。可在災害發生時於短時間內啟動並有效導引避難者進行疏散。
- (2) 本文成果較適合於大型建築物導引人員避難逃生，若實際應用上可於辦公大樓擇適當地點建構本系統。
- (3) 本文所提出之整合型系統架構與創新思維之導引方式，以有別於以往之層面提出增強建築物防火防災安全性方法，可供國內相關防火防災研究之參考。
- (4) 本文所提之 RFID 人員定位系統可結合目前常見之門禁刷卡以及人員差勤系統，與目前現有制度整合，增加系統上線便利性。

致謝

本文為內政部建築研究所委託研究案之部份成果，承蒙內政部建築研究所計畫補助(計畫編號 10130107000G0020)，特此申謝。

參考文獻

- Gi Heung CHOI, Gi Sang CHOI, Joo Hyoung Jang (2009), A Framework for Wireless Sensor Network in Web-based Monitoring and Control of Indoor Air Quality (IAQ) in Subway Stations. *Computer Science and Information Technology (ICCSIT)*, pp. 378--382.
- Cheng Jen-Hsiang, Tseng Yu-Chee, Kuo Lun-Chia, Chiang Jen-Chieh, Lin Wan-Jung (2012), LEGS: A Load-balancing Emergency Guiding System Based on Wireless Sensor Networks. *PERCOM Workshops*, pp.486-488.
- Z. Fang, J.P. Yuan, Y.C. Wang, S.M. Lo (2008), Survey of Pedestrian Movement and Development of a Crowd Dynamics Model. *Fire Safety Journal*, vol.43, issue 6, pp. 459-465.
- G. Y. Jin, X. Y. Lu, and M. S. Park (2006). An Indoor Localization Mechanism Using Active RFID Tag. *IEEE International Conference on Sensor Networks, Ubiquitous, and Trustworthy Computing*, vol.1.
- Lee, M.G., K.M. Yu, and W.C. Lai (2010). Implement a RFID-Based Indoor Location Sensing System Using Virtual Signal Mechanism. *Parallel and Distributed Processing with Applications (ISPA)*, p.168-174.
- Lionel M. Ni, Yunhao Liu, Yiu Cho Lau, Abhishek P. Patil (2004), LANDMARC: Indoor Location Sensing Using Active RFID. *Wireless networks*, 10(6): p. 701-710.
- S. Pu, S. Zlatanova (2005). Evacuation Route Calculation of Inner Buildings. In P. van Oosterom, S. Zlatanova, and E. M. Fendel, editors, *Geo-Information for Disaster Management*, pp: 1143-1161.
- Sang Guoming, Song Liwei (2010), The Design and Implementation of a Farmland Monitoring Wireless Sensor Network. *Second Pacific-Asia Conference on Circuits, Communications and System (PACCS)*, vol.1, pp.355-358.
- Y.-C. Tseng, M.-S. Pan, and Y.-Y. Tsai (2006). A Distributed Emergency Navigation Algorithm for Wireless Sensor Networks. *IEEE Computers*, 39(7):55-62.
- K. M. Yu, J. Y. Liou, B. H. Yeh, C. W. Yu, C. C. Tien, C. H. Wang, and P. Y. Wang (2010). CALE: A Context-Aware Living Environment Based on Zigbee Sensor Network. *Mobile Ad-hoc and Sensor Networks (MSN)*, pp. 243-246.
- Jiayi Zhou, Chung-Chao Wu, Kun-Ming Yu, Ying Tsao, Ming-Yuan Lei, Chien-Jung Chen, Shao-Tsai Cheng, Yuan-Shao Huang (2010). Crowd Guidance for Emergency Fire Evacuation Based on Wireless Sensor Networks. *The 5th IET International Conference on Ubi-media Computing (U-Media 2012)*, pp. 303-309.

參考書目

英文文獻

1. IHS Technology, <https://technology.ihs.com/>
2. Magiclén , <http://magiclén.org>
3. IDC <http://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS24442013>
4. Google GCM ,<http://developer.android.com/google/gcm/index.html>
5. O'Connor,D.J., "Integrating Human Behavior Factors Into DESIGN," Fire Protection Engineering, Fall, 2005.
6. Proulx, G., "Occupant behavior and evacuation" NRCC-44983, Proceeding of the 9th International Fire Protection Symposium, May 25-26, 2001.
7. Ramachandrn, G., "Human Behavior in Fire-A Review of Reserch in the United Kingdom," Fire Technology, May 1990.
8. Tseng, Y.C., M.S. Pan, and Y.Y. Tsai, A distributed emergency navigation algorithm for wireless sensor networks. IEEE Computers, 2006. 39(7): p. 55-62.
9. Jiayi Zhou, Chung-Chuo Wu, Kun-Ming Yu, Ying Tsao, Ming-Yuan Lei,Chien-Jung Chen, Shao-Tsai Cheng, Yuan-Shao Huang(2012). "Crowd Guidance for Emergency Fire Evacuation Based on Wireless Sensor Networks," The 5th IET International Conference on Ubi-media Computing (U-Media 2012), pp. 303- 309. (EI).
10. Kun-Ming Yu, Jian-Yuan Liou, Bo-Han Yeh, Chang Wu Yu, Ching-Cheng Tien, Chih-Hu Wang, and Ping-Yu Wang, "CALE: A Context-aware Living Environment Based on Zigbee Sensor Network," The Sixth International Conference on Mobile Ad-hoc and Sensor Networks (MSN 2010), pp. 243-246, 2010 (Hangzhou, China, December 20 - 22, 2010) (EI)
11. E. Harwood, DIGITAL CCTV - A Security Professional's Guide, Butterworth-Heinemann, Elsevier Inc, 2008
12. G. J. Brostow and R. Cipolla, "Unsupervised Bayesian detection of independent motion in crowds," in Proc. of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2006, vol. 1, pp. 594-601.
13. Simon Gibson, Jon Cook, Toby Howard, Roger Hubbold, Dan Oram , "Accurate Camera Calibration for Off-line, Video-Based Augmented Reality", Mixed and Augmented Reality, 2002. ISMAR 2002. Proceedings. International Symposium on,P.P. 37-46
14. Xiaowen Kang, Xishan Sun, Shi Wang, Yaqiang Liu, Yan Xia, Rong Zhou, Zhaoxia Wu, Yongjie Jin , "A Fast Accuracy Crystal Identification Method Based on Fuzzy C-Means (FCM) Clustering Algorithm for MicroPET", BioMedical Engineering and Informatics, 2008. BMEI 2008. International Conference on (Volume:1) , p.p. 779-782
15. Cheng-Chang Lien, Shin-Ji Lin, Cheng-Yang Ma, and Yu-Wei Li," Surf-Badge-Based Target Tracking," ICISVC 2013 : International Conference on Image, Signal and Vision Computing, Tokyo, Japan, May 30-31, pp. 1309-1315.
16. Shin-Ji Lin, Cheng-Chang Lien, Wei-Hsin Kan and Hsiao-Hu Tan,"Feature-Point-Based Target Tracking in the Crowd", APSIPA Annual Summit and Conference, December 14 - 17, 2010,

中文文獻

17. 內政部建築研究所, <http://www.abri.gov.tw/utcPageBox/CHIMAINHP.aspx?ddsPageID=CHIM>
18. 維 基 百 科 ,
<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%96%89%E8%B7%AF%E9%9B%BB%E8%A6%96>
19. Vpon, 2013 台灣行動廣告市場年終報告
20. 沈子勝, 火災中人類避難相關理論分析研究, 警學叢刊, 第 26 卷(第 6 期): p p. 第 69-97 頁.
1996.
21. 室崎益輝, 建築防災安全, 日本東京: 鹿島出版社. pp. 40-44.,1993.
22. 丁育群, 高層建築防火設施規劃設計之研究, 博士論文, 中國文化大學實業計劃研究所, 1987.
23. 鄧子正、曾偉文、沈子勝,「建築物火災避難弱者避難影響因子及人因數據調查之研究」, 內政部建築研究所委託研究報告, 2010。
24. 余承諺, 民國 99 年,「設計一個以廣告推薦演算法播放之具位置感知的移動式數位廣告看板系統」中華大學研究所碩士論文
25. 張芬瑜, 「數位顯訊器之產業結構與競爭動態分析」, 臺灣大學國際企業學研究所碩士論文, 2005.
26. 陸佩芝, 民國 98 年,「數位電子看板廣告呈現方式與播放環境對廣告效果之影響」, 中山大學傳播管理研究所碩士論文.
27. 陳昭如、施懿軒、唐文華, 基於顏色與鏢物移動邊緣的改良型例子綠波追蹤系統, p p 515-524. ITAOI 2014