

應用 APP 定位系統於山難防治之研究

朱盈虹*、鄭辰仰**、林詠章***

摘 要

政府積極投入登山步道的建構工作，各地區登山步道之人口數日漸增加，山難迷途事件更需慎防，且為了搶救迷途的登山者，常耗費許多人力與物力來進行搜救。雖然登山步道的建設日趨完整，使得登山難度減低，但仍未有統一的辨識系統供登山者辨識，易造成因不熟悉登山路線而發生迷途事件，若搜救單位未能及時找到受困者，往往造成悲劇發生。

本研究主要探討如何應用 APP 技術結合步道與路標系統，提供一個有效的山區步道定位系統，並就目前行動裝置上所具備的各項新科技，分別探討 GPS、NFC、QR CODE、iBeacon 等技術應用於定位系統之優缺點，最後再針對電源消耗的部份進行分析與研究；並規劃出適合登山環境所使用的 APP，依據不同的使用對象與用途，設計出不同應用程式之功能，希望能協助登山愛好者作為登山行程規劃的依據。透過 APP 的山區導覽，了解各項山區資訊，並提供管理單位於山難發生時當作搜救的參考，縮短救援時間，以提高搜救的成功率。

關鍵字

步道、路標、定位、APP、登山、GPS、NFC、QR CODE、iBeacon、Power Consumption

*中興大學資管系碩士生

**台北科技大學工業工程與管理系副教授

***中興大學資管系教授

應用 APP 定位系統於山難防治之研究

朱盈虹、鄭辰仰、林詠章

一、前言

根據雪山國家公園入園統計，發現台灣登山人口日益增加，許多山友們為了征服百嶽紛紛投入登山活動，但登山活動中不免存在著諸多的風險，可能因為天候、路徑不清等等因素，導致山難發生，然而發生山難時，往往需耗費龐大的社會資源及人力資源，為降低資源消耗，開發一個整合登山步道的 APP 定位系統更為重要。

隨著智慧型手機及各行動裝置的盛行，每個人都擁有一至二個行動裝置，使用者透過 App Play 商店下載付費或免付費之 APP，並結合登山資訊、步道介紹、周邊景點、水源氣候地型介紹等，提供足夠的資訊供使用者使用，同時相關權責單位也可透過此 APP 來有效管理入山之登山客及發佈緊急救難措施。

本研究整理了相關文獻，提供路標與 APP 的結合，登山步道的介紹，相關單位的管控，當山難真的不幸發生時，能第一時間了解罹難者最後的位置，選擇對的路徑，有效掌握資訊，減少搜救時間及避免資源浪費。

本研究於第二章探討相關文獻及應用方式，第三章說明本研究建置的 APP 所規劃之流程及使用方式，第四章則為實驗測試與比較，第五章為總結。

二、文獻探討

(一) 行動裝置定義

行動裝置(Mobile Device)又可稱為流動裝置、手持裝置、移動終端等[3]，通常具有一個能夠觸控的顯示螢幕，結合其他開發的 APP 因應各種不同需求，能得到各種需要的資訊。行動裝置發展日趨成熟，不單只有接聽電話的功能，許多日常生活都可經由行動裝置來協助，例如瀏覽網頁、定位導航等功能。適當的應用程式可以讓行動載具更加便利使用，同時也改變了人們接收資訊的來源，不再只有紙本的方式，而是能透過行動裝置在戶外達到查詢資訊。

在戶外的情況下，基本的定位方式就是透過衛星 GPS 來進行導航定位，但在山區的環境，容易受限於地形環境因素，造成 GPS 無法達到原本的定位準確度，甚至無法定位，此外，GPS 耗電量大，電力的考量也是 GPS 應用於登山活動的關鍵因素。以下除了介紹 GPS 外，也整理了其他的定位方式，希望透過 APP 的使用，應用於不同環境，彌補單靠 GPS 而無法正確定位的缺點。

(二) APP 定義

APP 原為 Application 的簡稱，即程式工程師為某系統所開發之應用程式[2]。隨著行動裝置盛行，許多 APP 依據使用者不同的需求，於行動裝置上被開發出來。本研究建置的 APP，主要是協助登山客在登山環境中所會遇到的問題及位置記錄，並有效協助相關單位的搜救。

(三) 全球定位系統 (Global Positioning System, GPS)

提到定位技術，普遍都會直接聯想到 GPS 定位，目前行動裝置中多已具備此功能，GPS 也是目前使用最廣泛之定位技術，且相關技術與應用是日趨成熟。

GPS 為美國國防部所研發的定位系統，能夠為地球表面大部分的地區提供準確的定位，至少需要 3 顆衛星來進行定位，迅速確認用戶所處的位置與海拔高度，其中所能接收到的衛星數量愈多，定位出來之位置就愈準確[4]。GPS 在應用上有不受任何天氣的影響、全球覆蓋率高（高達 98%）、三維精度高(定點、定速、定時)、高效率、功能多且應用廣泛、可移動定位等優點

GPS 定位服務雖有上述優點，但容易受到地形影響[6]，例如在山區的複雜環境中，如在樹木遮蔽過多的地方，或者在山谷中，GPS 常無法達到原本既有的準確度，甚至於無法使用。

隨著行動裝置與 APP 的崛起，APP 定位系統已普遍被社會大眾所接受，相關的應用也如雨後春筍般湧出，例如，為了推廣自行車業，財團法人自行車暨健康科技工業研究發展中心利用 APP 與 GPS 技術，開發出了「自行車旅遊服務平台」[7]；並進一步整合自行車業者、導覽與商業活動，形成以 GPS 為主的服務平台。不僅成為自行車愛好者的入口網站，也讓業者透過平台提供服務。

(四) QR CODE

QR CODE 為一個正方形的圖案，角落有三個較小的正方形圖案幫助定位，只要使用照相機手機，不論以何種角度掃描，搭配掃描 QR CODE 的軟體，都可讀取 QR CODE 中的資料。

表 2-1、QR CODE 資料儲存容量[8]

數字	7089 字元
字母	4296 字元
二進位數	最多 2953 位元組
中文漢字	最多 984 字元(採用 UTF-8)
中文漢字	最多 1800 字元(採用 BIG5)

QR CODE 應用於導覽系統的實例也很多，例如，機票上使用 QR CODE 發展出有導覽功能的機票[9]，並搭配電子地圖，可顯示機場位置並提供通關資訊，協助機場的遊客。這個自動化的導覽服務，主要利用智慧型手機、無線網路、與 QR CODE 以及後端的設備，結合規

劃，提供完整的導覽功能，目的是為幫助遊客能更加容易使用機場的各項設施。只要具有照相鏡頭的行動裝置，都能使用此系統，例如 PDA、智慧型手機等。遊客透過行動裝置來掃描 QR CODE 以進入導覽平台操作此系統，只須點選相關選項，就能立即提供路線與機場位置，也能秀出機場的通關資訊與商家的訊息。透過此機場的導覽系統，能有效解決在機場的旅客所會遭遇到的問題，節省尋找登機門的時間，並結合免稅商店與一些優惠；更重要的是，減少了地圖紙張的浪費。

2013 年時，有學者提出了一個名為 Labelee 的室內定位導航系統[10]，經由掃描特定地點上的標籤，通過 QR code 來進行讀取資料，這技術在現在的智慧型手機上越來越普遍。在這系統中，使用的標籤包含了 QR code，其中包含目前的位置，以帶領使用者抵達目的地，並依據大樓環境的複雜程度來放置這些具 QR code 的標籤。使用者只須在進入大樓後掃描這些標籤，就能找到目的地的正確路徑；另外，系統也能讓使用者選擇自己想去的地方，幫助使用者找到最近的電梯，或提供抵達其他樓層的最短路徑。

這系統能適用於具有相機鏡頭的智慧型手機或其他行動裝置，能應用於其它在 GPS 不能正確使用的戶外環境。另外，在硬體需求上也不需要其他裝置，建構的成本很低，所以適用的環境相當多，例如：公園、遊樂園、展覽會、博物館或其他旅遊景點。

QR code 為能夠快速地傳遞訊息而設計，但影響資訊讀取的因素較多，例如相機的品質、拍攝的角度與環境的亮度。利用 QR code 來做室內定位的優點為 QR code 製作的成本低，以及 QR code 適用於大部分具有鏡頭的行動裝置。

(五) 近場通訊(Near Field Communication, NFC)介紹

近場通訊，是一項基於非接觸式射頻識別 (RFID) 的技術，為短距離的高頻無線通訊技術，能夠允許電子設備在十公分內的距離建立傳輸通道來交換資料。

1. NFC 運作方式

- (1) 主動模式 (Active Mode)：資料傳輸由發起者控制。
- (2) 被動模式 (Passive Mode)：接收發起者的電磁波，利用線圈感應來產生電力，並將資料傳給發起者。

2. NFC 操作模式

- (1) 點對點模式 (Peer-to-Peer Mode)：在此模式中，兩個具有 NFC 的裝置必須相當靠近，當兩者的裝置接觸時，就能馬上建立起連結傳輸資料，進行資料交換。
- (2) 卡片模擬模式(Card Emulated Mode)：如同智慧型晶片卡一般運作，可以當作各類加值卡使用。

(3) 讀取與寫入模式 (Reader/Writer Mode): 具有 NFC 裝置能夠讀取標籤內容以及寫入資料。

3. NFC 標籤類型[11]

- (1) Type1: 依據 ISO/IEC 14443A 所制定, 具有讀取與重新寫入功能, 使用者可以設定該標籤為唯讀。容量大小為 96 bytes 到 2 Kbytes。
- (2) Type2: 依據 ISO/IEC 14443A 所制定, 標籤可供讀取與重新寫入, 使用者也可以將標籤設定成唯讀。容量大小為 48 bytes 到 2 Kbyte。
- (3) Type3: 依據 Japanese Industrial Standard (JIS) X 6319-4 所制定, 又可稱為 FeliCa, 該標籤在出廠時先設定為讀取和可寫入, 或唯讀。容量大小為可變動, 理論上最大能夠有 1Mbyte 的容量。
- (4) Type4: 完全相容於 ISO/IEC 14443 系列, 該標籤在出廠時先設定為讀取和可寫入, 或唯讀。容量大小為可變動, 最大能夠提供 32 Kbytes。

2012 年, 利用近場通訊來記錄目前位置並進一步導航被提出。主動式標籤 (Active Tag) 因為本身需要電力消耗, 所以建構成本會較高; 而被動式標籤 (Passive Tag) 本身不需要電力也能運行, 所以用於室內導航大多是使用被動式標籤[12]。在研究當中, 作者應用於校園環境中來實行, 透過具有 NFC 功能的行動裝置, 使用者要進入大學前只要先掃描 NFC Tag, 大樓內所有的訊息都會自動下載到使用者的行動裝置中, 包含大樓的室內地圖; 也能知道自己目前的位置, 及目的地的位置, 並提供最短路徑的導航供使用者參考。此外, 系統也能夠搜尋附近的餐廳、停車場、廁所等等訊息, 並有多國語言的介面可供切換。而為了能夠更方便建置, 系統都是使用開放資源與免費軟體。例如, 使用 Android SDK 來做客戶端介面, 利用 Apache 來做伺服器。

此使用 NFC 的系統, 已在校園環境中經過測試與充分的評估驗證, 將 NFC Tag 散佈在大樓的指定位置供使用者掃描, 來確保位置的準確性。結合使用 NFC 技術的優點為: 使用被動式標籤使定位的成本降低、系統回應時間快速, 減少等待時間、使用方式簡單, 減少使用者的不便、提供準確的位置與方向資訊。

表 2-2、QR CODE 與 NFC 差異整理

功能	QR CODE	RFID/NFC 標籤
讀寫	僅可讀取, 且資料不可更新	可隨時讀取並寫入新的資料
耐用性	易受環境影響, 當條碼毀損時可能無法讀取	不易受環境影響, 在嚴酷的環境下仍可讀取資料
讀取速度	慢	快
建置成本	低	較高
容量大小	小	最大 1Mbyte

(六) iBeacon

為 Apple 基於 Bluetooth Low Energy(BLE) 所研發的室內定位系統，除了 iOS 設備外，也能夠相容於其他支援 BLE 的 Android 的行動裝置[13]。iBeacon 主要是透過預先部屬藍牙發射器傳遞訊號，當手機 APP 接受到資訊，便能顯示對應的資訊。舉例來說，當進入 iBeacon 的訊號範圍後，只要有開啟藍牙功能，並有安裝對應的 APP，就能收到相關的推播訊息[14]。而實際上在國際消費電子展(CES) 也有使用 iBeacon 來進行活動的例子，只需要安裝專屬的 APP，開啟藍牙，便能打開展區地圖來進行定位，讓使用者在整個展場裡進行尋寶遊戲，透過 iBeacon 的技術，於各展場的據點來蒐集勳章、領取活動獎品[15]。另外，2014 年於台北舉行的 Computex 也跟上這個潮流，採用了這樣的技術來進行定位，幫助使用者在廣大的展場中能得知方向[17]。

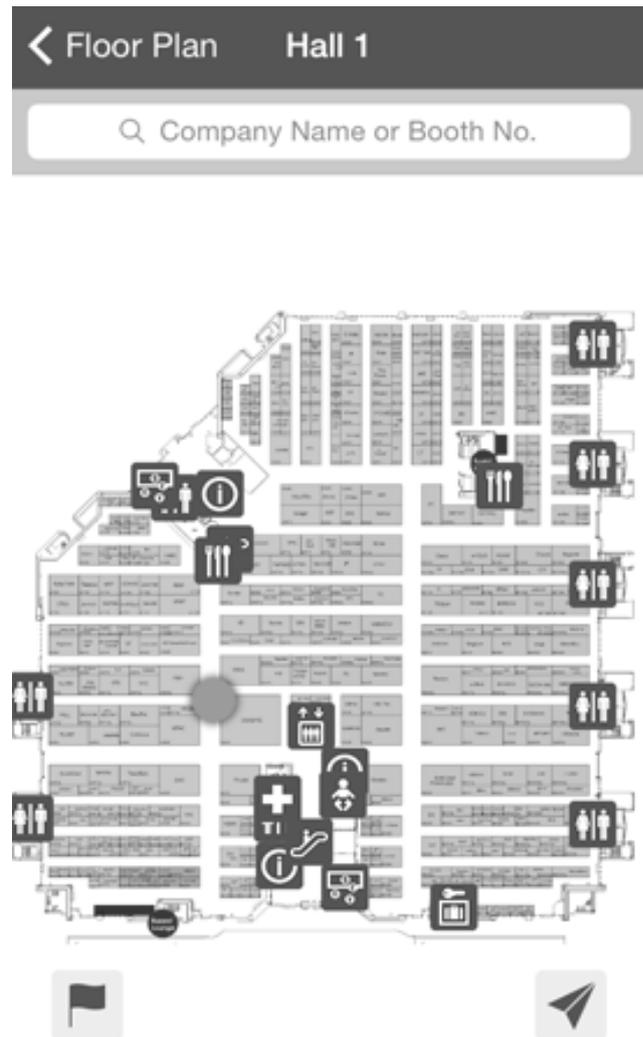


圖 2-1、利用手機結合藍牙進行定位[16]

表 2-3、各項技術之差異整理

GPS	QR CODE	NFC/RFID	iBeacon
能夠持續定位，但訊號易受遮蔽物影響	需掃描標籤才能得知目前位置，不須額外電力	需掃描標籤才能得知目前位置，不須額外電力	進入訊號範圍就能傳輸資料，但需額外部署藍牙發射器，並需電力供應

除定位技術外，路標的標示應用也是改善登山迷途事件的方法。建立良好的步道指標將有助於減少迷途山難事件的發生[17]，並能夠讓使用者更容易辨識方向，避免陷入迷失方向的困境；而對於不熟悉方向判定的使用者，只要把握路標的辨識方式，也能順利抵達目的地。

所以本篇提出了使用行動裝置原有硬體設備，結合路標掃描辨識的方式來進行定位，以期幫助使用者辨識路徑、了解登山時程、避免迷失方向，進一步規劃登山路徑。

(七) 耗電量分析

由於登山時並無法隨時進行充電，但為了了解到登山者的位置，所以需要不斷的透過 GPS 進行偵測，但由於 GPS 非常的耗電，所以如果不斷的透過 GPS 進行定位時，會大量的減少手機的待命時間，GPS 在不斷的使用下，在室外約可以使用 7.1 小時，而在室內的部份約可以使用 11.6 小時[18][19]。

Sensor	Approx. Battery Life (hrs)	Average Power Consumption (mW)
Video Camera	3.5	1258
IEEE 802.11	6.7	661
GPS (outdoors)	7.1	623
GPS (indoors)	11.6	383
Microphone	13.6	329
Bluetooth	21.0	221
Accelerometer	45.9	96
All Sensors Off	170.6	26

Table 2: Approximate battery life of cell phone sensors for a Nokia N95

三、系統規劃

(一) 系統目標

依據文獻探討可以了解到相關技術的應用範圍，但實際上在山區步道上仍較少相對應的 APP 出現。為了能提供最有效的協助，本研究則規劃出在行動裝置上所需要的功能，使用標籤搭配路標的方式來幫助使用者，建立一個統一路標應用的方法，讓使用者能夠透過此 APP 來了解自己的登山行程，並且與登山同好一起分享自己的登山經驗；而相關管理單位也能夠使用此 APP 來做登山管理，了解使用者的路徑，並在山難發生時提供一個救難的訊息，縮短救難時間，與減少人力資源的耗費。此外，也希望能透過此 APP 取代入山證的方式，節省人力與其他資源的耗費。

本系統規劃為兩大部分：使用者介面、管理者使用介面，如圖 3-1 所示。



圖 3-1、系統功能圖示意圖

1. 使用者介面使用功能

- (1) 路徑規劃：使用者可以透過此功能，在登山前先進行路徑的規劃，選擇要行經的路線，以及了解其他人於登山時所花費的時間。
- (2) 入山證申請：利用 APP 申請入山證，可以輸入基本資料，包含入山日期、隨行成員以及路線規劃，可於入山時出示證明，以加速審核的流程。
- (3) 路標紀錄：在登山的路程中，可以讀取路標上的 NFC 標籤，將當前的時間寫進 APP 裡，也可以顯示該路標的導覽。同時也能將本身訊息寫入標籤當中，預防山難發生時，做為搜救規劃的依據。
- (4) 歷史路徑：在本功能中，使用者可以看到過往登山的路線及每個路程所花費的時間，包含總路程，以及每個路標間所耗費的時間。
- (5) 上傳分享：將自己行走過的歷史路徑整理後上傳至網路，提供其他使用者做為規劃路程的參考。



圖 3-2、申請入山證書面示意圖

2. 管理者介面使用功能

- (1) 讀取入山證：在使用者入山時，可利用 NFC 或者 QR CODE 來讀取使用者的行動裝置，顯示出相關訊息，並將訊息存入伺服器當中。
- (2) 查詢路線：在山難發生時，管理者可以透過本功能來了解使用者所行走的路線圖，分為兩種取得路線的方式：
 - a. 入山證：在本功能中，可以存取使用者於入山前所規劃的行程。
 - b. 網路：當使用者使用此 APP 服務時，可透過 3G、4G 電信網路，定期將目前位置上傳至伺服器當中，而管理者可以透過本功能存取伺服器上的資料，了解使用者行走的路線。
- (3) 讀取路標：由於在山區中，網路訊號可能不甚穩定，無法時時刻刻連接到網路，所以可以透過本系統於離線時，透過系統功能來讀取使用者於各路標的記錄，進而由系統分析並了解抵達的時間，判斷可能行走的範圍，提高搜救成功率。

為了能夠有效地進行路標與 APP 的結合規劃，首先須建立具有標籤(如 NFC、QR CODE)路標的環境或部署訊號發射器(如 iBeacon)。管理單位可在入口處部署讀取器，供使用者寫入自己原本的規劃行程，藉此預防山難發生時，搜救單位能有所依據了解使用者的規劃，以進

行有效率的搜救；而在步道上的其他路標也需設置相關標籤，供使用者讀取，讀取時會將自己抵達的時間寫入此路標上的標籤，供救難單位在搜救時參考，判斷搜救的範圍。另外，使用者也能將此標籤上的資訊顯示於 APP 上，了解此路標的位置，以及記錄自己抵達的時間，使用者也可以於讀取時得到該路標附近的介紹，作為登山步道的使用導覽。

(二) 系統使用流程

1. 登山使用者流程

進行登山活動前，使用者可使用此 APP 進行路線行程的規劃，也能查詢其他使用者的路線規劃藉以參考，最後再將最佳的路線進行儲存。進入入山證申請的功能畫面進行填寫，內容包含申請者的基本資料、入山日期、路線規劃及同行人員，填寫完畢之後再送出資料。使用者可於入山時出示 APP 的畫面進行驗證，並以掃描標籤或訊號傳輸的方式來進行資料的傳遞，利用 APP 來取代過往入山證的出示，加速審核的流程，減少資源的耗費與時間上的等待。

進行登山活動時，可在路程中沿途讀取所遇到路標的標籤，將抵達的時間寫入標籤當中，供日後進行救難活動時的參考。APP 也可於接觸路標標籤時顯示出該路標的導覽資訊，幫助使用者了解環境。同時也會將抵達的地點與時間寫入此 APP 中，日後可讓使用者於歷史路徑的功能中進行讀取，也可與其他朋友進行分享。除此之外，於登山活動中可定時檢查是否存在網路連線，如存在網路連線則可上傳目前路線資料給山區的管理者，幫助救難活動的進行。

結束登山活動之後，使用者可進入歷史路徑的功能當中，來了解自己登山活動的路程，包含了所走的路線，以及每段路標間所花費的時間，幫助日後登山活動的規劃。使用者也可於上傳分享的功能中，上傳自己的路線圖，提供其他運用此 APP 的使用者參考。

2. 管理者流程

當使用者出示 APP 的入山證明時，管理者可以使用具 NFC 或者 QR CODE 的裝置讀取使用者的行動裝置，並在管理者的 APP 上顯示入山證明的資訊，包含申請者的基本資料、登山日期以及規劃路線圖，並將上述資料存入管理者的裝置當中，於搜救行動時可供參考。

而當山難發生時，管理者首先可利用 APP 查詢使用者的資訊及登山路線圖，由於使用者於登山途中會利用 APP 讀取路標上的標籤，所以管理者能夠藉此來了解使用者抵達路標的時間，如果發現使用者有尚未記錄到的路標，管理者可回到上個路標進行搜救，且依據使用者抵達的時間與目前時間來做比較，掌握使用者的行走範圍。除了使用路標外，管理者也可依據定時回傳的資料來進行搜救，來了解使用者的所在地，提高搜救的成功機率，把握最佳救援的黃金時間。

四、實驗測試與比較：耗電量分析與比較

坊間常見的登山軟體為了鎖定使用者的位置，所以皆透過 GPS 進行位置偵測，為了提高手機的待命時間，通常會加長使用 GPS 偵測的時間，如每 10 或 15 分鐘進行偵測，而本節我們透過坊間常見的登山軟體進行測試，分析數據如下：

表 4-1、坊間常見的登山軟體分析

軟體軟稱	MyMapHK
測試模式	救援傳輸
Android Version	4.4.4
手機廠牌	HTC 820
螢幕已開啟時間	1 小時 4 分 2 秒
CPU 使用時間	8 分 32 秒
GPS	35 分 2 秒
receiver data	100kb
send data	52.48kb
總耗電量	14%

根據不斷的反覆測試，在不斷使用 GPS 的情況下，大約只可以使用 4~5 小時，手機就會有電源耗盡的情況發生。而我們製作的此軟體，則可以不必依賴 GPS 進行定位，只需在固定的時間內如 1 或 2 小時進行資訊與位置的更新即可，下列是數據分析比較說明。根據測試，GPS 約使用 120 秒左右會耗損 1% 的電量，而每次傳輸約會使用 10~15 秒進行偵測，而系統設定約每 10 分鐘進行一次傳輸，所以評估約每 80 分鐘耗損 1% 的電量。從上述的方式推斷，本篇由於是每 1 或 2 小時進行資訊與位置的更新，所以在樂觀的分析上可以有效的提升待命時間約 5~6 倍。

五、結論

本研究主要探討各項定位技術下所規劃出路標定位 APP 的功能，隨著行動裝置的盛行與資訊的普及化，讓登山活動更加容易。此 APP 主要藉由路標上的訊號傳遞進行記錄，供使用者了解自己的登山情況，也能夠藉由該 APP 與其他同好進行分享；而一旦發生山難時，可提供相關管理單位搜救的資訊，縮短救援的時間。本規劃研究的貢獻如下：

(一) 行程規劃與經驗分享

利用現有的地圖，規劃好登山路線行程，並與其他使用者相互交流經驗，掌握山區目前的情況及其他注意事項，了解其他使用者所歷經的時間，才能訂定出合理的行程。

(二) 救難處理

協助救難單位了解使用者的登山情況、經過的路線及時間，才能有效分配救難資源，縮短救難時間，以提升救難行動的成功率。

(三) 取代入山證

此 APP 結合入山證的申請，可於入山時出示證明，以 NFC 或 QR CODE 的方式進行資料傳輸，加速審核的流程，減少人力的耗費。由於目前大部分都是透過 GOOGLE MAP 作為主要定位導航的地圖，尚未有專屬 APP 規劃的電子登山步道地圖。為了能提供更加準確的定位導航效果，希望可以發展出台灣各步道的電子地圖，並結合本篇所提出的標籤掃描規劃，使登山活動更加安全、有趣。

總體而言，本篇研究探討了各項定位技術下的情況，並規劃出結合步道的 APP 使用功能，利用這些技術的訊號傳遞來做到定位及導覽規劃的需求，使用者能夠了解路程中所花的時間，並與其他愛好者分享交流；另外，管理者也能夠透過此 APP 來取得相關資訊，在山難等事件中提供適當的幫助。

(四) 減少 GPS 偵測的次數，進而提高手機的待命時間

根據前述「耗電量分析」一節中的說明，可以看出在手機上的電源耗損，GPS 可以排名前三名，而且在室外進行使用時，耗電量更是超過 Wifi，而本篇文章由於可以將 GPS 使用次數降到最低，所以可以進而提高手機的待命時間，減少出門在外電源不足的問題。

六、參考文獻

1. 蔡及文，登山資訊普及化，全國登山研討會，2012。
2. 廖成文，楊宗憲，陳正鎔，餐飲 APP 消費行為研究，萬能商學學報，P213 - 223，2013。
3. Wiki (行動裝置)，
<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%A7%BB%E5%8A%A8%E8%AE%BE%E5%A4%87>，
2014/10/7。
4. Wiki (全球定位系統)，
<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%85%A8%E7%90%83%E5%AE%9A%E4%BD%8D%E7%B3%BB%E7%BB%9F>，2014/10/7。
5. 陳俊壕，結合 GPS 與藍芽技術應用於照護系統，國立高雄應用科技大學 2010。
6. 李俊宏、鄒侑達、林易泉，RFID 行動校園定位導覽服務系統，第六屆離島資訊技術與應用研討會，2007。

7. 瑞佶、梁志鴻、賴世平，自行車旅遊服務平台之建置與應用，*Journal of Information Technology and Applications*，2012。
8. Wiki(QR CODE)，<http://zh.wikipedia.org/wiki/QR%E7%A2%BC>，2014/10/7。
9. 謝哲人，黃證翰，林俊岳，黃琨庭，陸冠竹，以機場導覽系統結合二維條碼之建置-以高雄國際機場為例，*文大商管學報*，p107-122，2012。
10. José Antonio Puértolas Montañés, Adriana Mendoza Rodríguez, Iván Sanz Prieto, *Smart Indoor Positioning/Location and Navigation: A Lightweight Approach*, *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 2013。
11. NFC forum, <http://nfc-forum.org/>，2014/10/7。
12. Omran Al Hammadi, Ahmed Al Hebsi, M. Jamal Zemerly and Jason W. P. Ng, *Indoor Localization and Guidance Using Portable Smartphones*, *IEEE/WIC/ACM International Joint Conferences on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology - Volume 03, 2013*, Pages 337-341。
13. <http://www.zdnet.com/what-is-apple-ibeacon-heres-what-you-need-to-know-7000030109/>，2014/10/6。
14. <http://www.ithome.com.tw/tech/86654>，2014/10/6。
15. <http://chinese.engadget.com/2014/01/03/ces-2014-ibeacon-scamper-hunt-contest/>，2014/10/6
16. <http://www.computextaipei.com.tw>，2014/10/6。
17. 黃福森，登山步道標示的問題與建議，全國登山研討會，2012。
18. Sean Maloney and Ivan Boci, *Survey: Techniques for Efficient energy consumption in Mobile Architectures*, March 16th, 2012
19. Aaron Carroll and Gernot Heiser, *An analysis of power consumption in a smartphone*, *USENIXATC'10 Proceedings of the 2010 USENIX conference on USENIX annual technical conference* Pages 21-21, 2010