

雲端行動避難系統之設計與實作

Cloud-Based Mobile Disaster Evacuate Navigation System

周立德^{1,2} 劉家豪¹ 劉登壹¹ 郭凱威¹ 潘偉誠¹

¹ 國立中央大學資訊工程學系

² 國家高速網路與計算中心

cld@csie.ncu.edu.tw

摘要

因應全球環境變遷的趨勢，大型天然災害越趨頻繁，各領域開始著重於災害相關以及防災產業的研究。因此為了保障民眾的生命財產安全，擁有規劃過的災害應對措施，就能大大減少人民生命財產的損失。由以往災難事件的紀錄中觀察，發現當災難發生時，民眾對事件當下的資訊不足，因恐慌而成群地向自認為安全的區域移動，很容易造成危害生命安全的嚴重問題。本論文以智慧型手持裝置為基礎，讓災難發生時提高民眾對於緊急應變措施相關資訊的接收度。同時可以藉由手持設備來加強我們對於災難發生時的逃難管理。相較於傳統的災害應變設施，手持裝置在應急管理上可以顯示出迅速指揮民眾避難、蒐集地理環境資訊等優點。本論文所採用的方法提供災難警示與即時資訊，透過本論文所設計的道路權重演算法來建議適合的逃生目的地、安全逃生路線，讓使用者對周遭環境擁有充分的了解，增加使用者在災難中的生存率，並降低受傷的機會。

關鍵詞：安全緊急避難、路況回報系統、替代路徑、雲端服務

1. 前言

由於氣候變遷及地理位置等因素，台灣近年來天然災害越趨頻繁，根據內政部消防署的天然災害損失統計[1]中，可以發現每年平均都會有 4 至 11 次嚴重天災。數據顯示民國 99 年共發生 15 次重大災害，民國 100 年發生了 12 次重大災害，相較以往的年份，重大災害有增加的趨勢，根據其中數據可顯示出，台灣目前正處在許多災難危害之中。為了保障民眾生命財產安全，相關單位對於災難前後的防範措施、事件當下的應急處理越來越重視，從中明確顯示出，擁有災害應急處理，著實可以降低遭遇危難的死傷數。

如此頻繁的自然災害，在事件發生時也必然會引發一系列安全問題，這些突發性的問題將導致民眾在逃生中的不便，所以事件當下民眾的逃生、疏散、撤離等相關規劃就極為重要。我們可以發現，災難發生時，由於群眾恐慌的往自認為安全的區域移動，衍伸出許多潛在的問題；從移動路線的安全

性、壅塞狀況，到目的地的選擇等，都有可能造成群眾在逃生中因為資訊的不足導致死亡。若能依照所處的環境以及地理位置做即時的決策，便能增加更多的安全性。

本論文為了在災難發生時，增加民眾對於緊急應變相關資訊的接收，因此藉由普及率越來越高的智慧型手持裝置來做為基礎。根據資策會創研所 FIND「2012 年台灣民眾無線與行動上網行為應用現況」[2]一文所示，2010 到 2011 年智慧型手機年成長率達 62.7%，平板電腦年成長率達 274.2%，以及台灣行動上網普及率以每年 10% 以上的速度成長，預估到 2015 年台灣智慧型手機普及率將達到 56.8%，因此在這個行動裝置普及的時代，可以藉由手持設備來加強我們對於災難發生時的應急管理。

本論文所實作的方法，是在智慧型移動裝置上設置相關 APP，提供災難警示、即時資訊，以及提供適合的逃生目的地、安全逃生路線，讓使用者對周遭環境擁有充分的了解，增加使用者在災難中的生存率，並降低受傷的機會。其中為了更新資訊的正確性，也整合了使用者回報路況的功能，以提供管理端足夠的訊息，進而做出更正確的決策。其中較特別的部分，便是能夠依照目前的阻斷路況，例如塞車、路面受損而無法通過等情形，即時為使用者更改路線。本文演算法除了用於疏散逃生外，也可以用於協助交通疏散流量的情形，對於道路壅塞或不通，而必須繞道而行的各種狀況，提供適合的替代路線。

論文的相關章節介紹如下，第二章簡述了幾個道路權重演算法，以及介紹 Google Play 上幾個緊急逃難相關應用程式，同時與本研究實作的程式進行比較。第三章為系統架構，描述了三個子系統所處理的運算，並定義系統使用案例圖，第四章為系統實作，描述了系統開發時實作的內容，以及展示系統的流程，最後第五章為結論。

2. 相關研究

此章節描述本研究在系統實作中，相關演算法的研究方法與執行策略，另外進一步比較現有的防災相關行動 APP 功能，凸顯本研究與其他相關類型服務的優勢。

2.1 緊急避難路徑演算法

在本研究中，隨著使用者變多，地理範圍越大時，計算逃生導引路徑所需時間也隨之增長，若只使用 Dijkstra[3]計算路線的最短路徑，其所需時間為 $O(|E|+|V|\log|V|)$ ，當服務的地理範圍越大，其路網的 Graph 的節點和邊也越多。

在災害導航中，時間是一個關鍵要素，運算出導引路線的時間越少，避難者的安全相對提高，[4]提出了一個 Hierarchical Path Planning Algorithm (HIPLA)，解決時間因素影響甚大的即時路徑規劃，它採用將路網建立成兩層 Graph 的方式來降低計算時間，其時間所需大約為 $O(m|V|\log \lambda)$ ，其中 m 為每個子圖中計算路徑的數量。

在逃生導引中，不只要將一個人導引到安全位置而已，若每個人都根據最短路徑來進行導引，可能會在局部地區發生擁塞，反而增加了避難的時間。為了解決這個問題，[5]提出了 Mixed Integer Linear Programming(MILP)。由[5][6]本研究可大量降低計算導航路徑的時間。逃生導引又可大略分為室內導引以及室外導引，[6]提出了火災發生後室內導引的方法。

本研究主要範疇為室外逃生導引，因此採用與[4]類似的策略，我們藉由偵測 Wifi 網路 BSSID 將使用同一基地台的人歸類成同一區，同一區的人將被導引到同一地點，如此可以大大減少計算時間。為了避免逃生會發生壅塞的情形，利用[5][6]的方法，在計算路線時，加入擁塞權限的機制，當路段線權限高時，則計算路線時路段優先權將會被降低，達到分散人群的目的。我們也採用[6]雲端的概念，災難發生時統一由雲端向使用者發送通知和導引路線，並且動態更新。

2.2 手持設備逃難應用程式比較

再者本研究找了市面上幾個災害處理相關 APP 來做比較，[7]土石流防災資訊地圖版、[8]塊陶啊~「臺灣避難所搜尋」和[9]災害對策~全國避難所。

其中[7][8][9]和本研究皆具備 GPS 地圖定位功能，[7]提供土石流的災害資訊，具有三種可選的顯示圖示一雨量站、潛勢溪流和避難所，讓民眾可以透過地圖的指引，快速找到週遭避難場所的位置，同時還附上了避難所的電話、容納人數、直線距離和地址。

APP[8]提供了避難所檢索資訊，並且條列出距離使用者由近到遠的避難所列表，顯示各收容所可適用災害類別、收容所面積。使用者可自選導引路線，或是可在避難所連結 Social Network 對其親友報平安。

表 1 防災相關 APP 功能對照

APP	土石流防災資訊—地圖版	塊陶啊~「臺灣避難所搜尋」	災害對策~全國避難所	本研究
地圖定位	O	O	O	O
集結點	O	O	O	O
導航	X	O	O	O
推薦路線	X	X	X	O
替代路線	X	X	X	O

O：擁有功能 X：缺少功能

根據表 1，[7]不具有導航功能，[8]和[9]雖具備導航功能，但無通知災難發生的功能，且兩者並無推薦最短的路線，路徑皆須手動操作來得到，所得到的路線也皆為固定，不隨情況改變。其中[8]操作繁複，不必要功能多，例如：Social Network 報平安。鑒於以上市面上的 APP，本研究新增以下功能，以下針對功能多做介紹

- 災難通知:災難發生時，顯示災難訊息在 Android 行動裝置螢幕畫面的狀態列上
- 推薦路線:使用者收到災難通知打開本應用程式，馬上提供一條導航路線以 google map 形式顯示，無須使用者自選路線。
- 路況回報:使用者可回報無法通行路段，本服務的伺服器會根據回報路段更新導引路線
- 動態更新:提供給使用者的導引路線會根據路況動態更新

3. 系統架構

此章節描述系統實作中所需要的各項子系統的定義，3.1 節說明的整體的系統架構，包含系統架構圖，3.2 節定義了子系統。

3.1 系統描述

本系統 Cloud-based Disaster Evacuation Navigation (CDEN)，主要的功能是讓使用者藉由行動通訊網路進行災難逃生，並將使用者回報路況存到伺服器資料庫，以支援動態更新路線功能。基本上本系統分成兩個部分：行動裝置 Client 端和伺服器 Server 端。

圖 1 為此系統之系統架構圖，User 即為 Client 端 APP，負責接收 Google Cloud Message 所傳送過來的 notification 訊息，當使用者打開應用程式的時候呈現地圖以及後台 Server 所運算的避難路線。由於本系統採用的是雲端 Google Cloud Message 的 push notification 的做法，只有當逃難事件發生才會由 Android Manager 喚起該應用程式，這樣可以達到電池節能的好處。

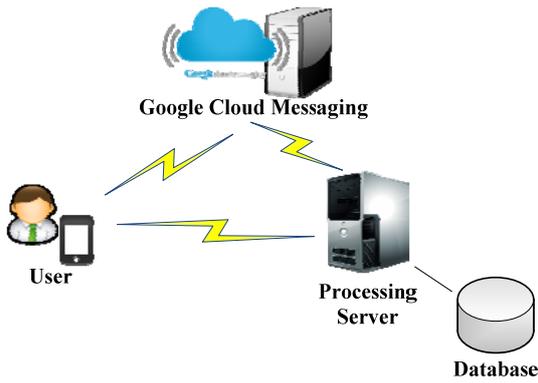


圖 1 系統架構圖

3.2 子系統描述

此章節描述了各項子系統，分別為 Navigation Execution Subsystem (NES)、Android Device Client Subsystem (ADCS)、Database Subsystem (DBS)。

● Subsystem NES Description

系統管理者子系統(Navigation Execution Subsystem ,NES)是系統管理者用來管理使用者帳號。其主要的功能如下：

- 使用者登入管理(Login Management)
- 使用者的帳號管理(Account Management)
- 群組管理(Group Management)

● Subsystem ADCS Description

行動裝置客戶端(Android Device Client Subsystem ,ADCS)是使用者與 Server 溝通的介面，功能如下：

- 回報路況: 讓資料庫中路況資訊保持正確。
- 災難警示: 提供災難發生通知功能。
- 路線導引: APP 開啟後，為了把握逃生時間，Server 會依照使用者位置，建議最適合的逃生集結點，以及安全逃生路線。
- GPS 訊號追蹤: GPS 訊號追蹤子系統，主要用來定位使用者位置，並且整合在地圖上。

● Subsystem DBS Description

DBS (Database Subsystem) 用來管理整個資料庫的存取動作，包含對資料庫的新增、修改、刪除和查詢。DBS 也擔任各個子系統間的介面，CDEN 系統中的 Client 和 Server 間資料傳遞的行為皆經由此系統處理。

3.3 系統使用者案例

圖 2 為此系統的使用者案例。系統使用者案例分為兩個部分，其中左半部為一般使用者操作此系統時能夠使用的功能，主要是實作在手機 APP 上的警示功能、地圖導引運作，以及定位資訊與 Server 通訊的部分。

另外一個部分則是伺服器在處理後台計算時所需要用到的功能，在使用者與 Server 通訊後，例用使用者裝置端所回報的地理環境等資訊，配合上資料庫與 Google Service 進行運算，最終計算出適合使用者的避難路徑，再回傳給使用者裝置呈現出結果，協助使用者逃生。

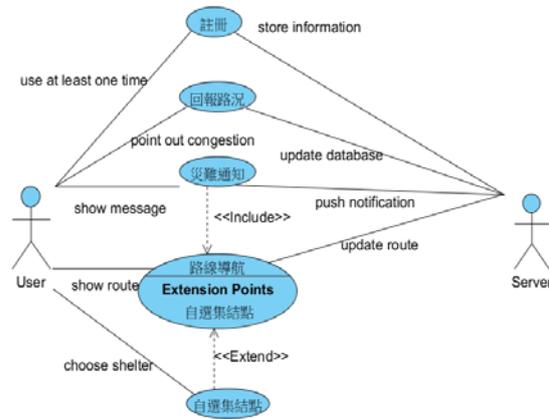


圖 2 系統 Use Case

3.4 安全路徑演算法

本演算法目的在於運算一條可通行且安全的路線，詳細虛擬碼如下表 2。作法為先由使用者手持裝置的 GPS 訊號，搭配 Google Directions 服務，要求兩者之間的移動路線，並將所得路線與資料庫內的路況資訊進行比對，計算出該條路線是否為可通行的安全路線；若由此方法所得的路線無法通行，則再經由資料庫中的中繼點資訊重新運算；若是仍然無法取得可通行的安全路線，則另外選擇附近其他集結點進行安全路線的運算，直到找到安全路線提供給使用者

表 2 安全路徑演算法虛擬碼

Run: Return Safe Path Direction To User	
Input : UserDi	Output: SafePath[]
<pre> Foreach (shelter near user's position){ SET path[] to paths for user's position; Foreach (path in path[]){ IF (path has no roadblock) THEN; Add the path to SafePath; } IF (size of safePath != 0) THEN; return path with minimum weight; ELSE UPDATE path[] with waypoints; Foreach (path in path[]){ IF (path has no roadblock) THEN; Add the path to safePath; } IF (size of safePath != 0) THEN; return path with minimum weight; } } return nopath; </pre>	

4. 系統實作

當災難發生時，我們的 Server 偵測到氣象局的網頁上發布訊息後，Server 以推播訊息的方式通知使用者事件發生。此時 Android 的狀態列會彈出通知，圖 3 為下拉狀態列後的畫面，使用者可以點擊通知的方式，打開應用程式以獲得建議的導引路線。



圖 3 災難警示

除了建議路線以外，使用者亦可自行挑選要前往的逃生集結點，系統會給予一條前往指定集結點的導引路線。如圖 4 中，使用者自行點選較遠的正門集結點，系統會將選定的集結點回傳給 Server 進行安全路徑運算後，給予前往指定的集結點路線導引。

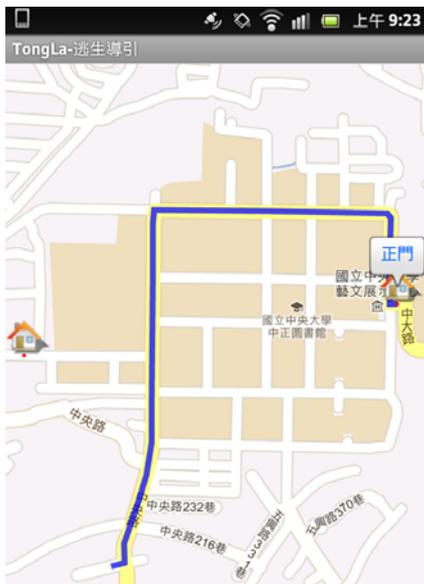


圖 4 系統起始建議路線

同時為了即時更新道路資訊，系統中另外建立了中斷道路回報機制，如圖 5 所示，在使用者藉由系統的安全路徑進行導引時，若發現前方道路無法通行時，可藉由回報功能告知 Server 道路中斷的地

點，資料庫更新阻斷點資訊後，便會重新計算安全路徑，並且更新使用者行動裝置上的導引資訊。



圖 5 中斷道路回報

經由回報無法通行路段後更新資料庫，使用者的行動裝置畫面上就會顯示一個紅色的禁止標示無法通行，系統會自動更新安全路線，讓使用者避開已阻斷的道路。如圖 6 所示，原本圖 4 提供的路線由於斷點的原因已經失效了，系統就會提供一條新的路線導引。



圖 6 系統自動更新路線

5. 結論

各種災害後都有可能引發一系列的危險事件，造成民眾生命財產的損失，期望能藉由本研究降低危險，增加使用者避難時的安全。本研究著眼於避開危險，到達安全集結點，希望在有系統的規劃下，民眾能進行更安全的逃生，增加生存機會。本研究旨在於開發一套災難逃生導引系統，主要結合 Google Service，包括 Google Directions、Google Map、Google Cloud Messaging(GCM)等雲端服務，

配合上自行建立的 Server、資料庫，以及使用者端的 Android APP，提供使用者災難發生後，能避開危險的安全逃生路徑，引導使用者到達安全的集結點。

一方面使用者分群定位，優先採用較為省電的 WiFi 模式定位，但為了解決因災害導致停電，而 WiFi 無法運作時定位失效，則會變更定位方式為 GPS 分群定位；同時運用分群概念，將相同範圍內使用者的要求進行相同的運算，用來降低伺服器流量問題。

本論文的創新重點在於路況回報機制以及動態更新逃生路徑，以往的避難相關 APP，只能在地圖上提供集結點位置，或者結合 Android Google 導航 APP 取得單一路徑。但本研究的作中，可即時為使用者依照路況提供建議逃生路徑，當使用者遇到不能通行的道路時，配合上路況回報機制，可立即取得替代路徑。

未來希望將相關方法完善補齊，並能進一步發展，針對各種災害導引的應用上，增加使用者的避難安全性。

致謝

感謝國科會計畫補助，得以讓此研究順利進行，並且能夠發表成論文，國科會計畫編號如下：計畫編號：102-2221-E-008-039-MY3、計畫編號：99-2221-E-008-041-MY3、計畫編號：100-2218-E-008-012-MY3。

參考文獻

[1] 行政院主計處(DGBAS), “天然災害統計,” 行政院主計處(DGBAS), 20-Feb-2006. [Online]. Available: <http://www.dgbas.gov.tw/ct.asp?xItem=15396&Ct>

- Node=4591&mp=1
- [2] 吳素華. (2012,October 3). “2012 年台灣民眾行動與無線上網現況,” [Online]. Available: <http://www.find.org.tw/find/home.aspx?page=many&id=335>
- [3] N. Jasika, N. Alispahic, A. Elma, K. Ilvana, L. Elma, and N. Nosovic, “Dijkstra’s shortest path algorithm serial and parallel execution performance analysis,” in *2012 Proceedings of the 35th International Convention MIPRO*, pp. 1811–1815, May. 2012.
- [4] R. Rajagopalan, K. G. Mehrotra, C. K. Mohan, and P. K. Varshney, “Hierarchical path computation approach for large graphs,” *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, vol. 44, no. 2, pp. 427–440, April. 2008
- [5] NguyenThi Ngoc Anh, Yann Chevaleyre and Jean Daniel Zucker, “Optimizing Sign Placements for Crowd Evacuation on Road Network in Case of Tsunami Alert,” *International Journal of Computer Science and Artificial Intelligence*, Vol. 2 Iss. 4, PP. 33-39, Dec. 2012.
- [6] Liou Chu, Shih-Jung Wu, “A Real-time Decision Support with Cloud Computing Based Fire Evacuation System,” *15th North-East Asia Symposium on Information Technology and Reliability (NASNIT)*, pp.48-48, 2011.
- [7] 逢甲大學 GIS 中心. 土石流防災資訊-地圖版 [Online]. Available: <https://play.google.com/store/apps/details?id=tw.gis.fema.lite.android>
- [8] 安平獅機-塊陶啊~「臺灣避難所搜尋」 [Online]. Available: <https://play.google.com/store/apps/details?id=tw.evacuation.places>
- [9] isana.net, inc.-災害対策～全國避難所ナビ～ [Online]. Available: <https://play.google.com/store/apps/details?id=net.isana.bosai>