推估細胞廣播告警訊息接收人數技術分享

陳俊元

國家災害防救科技中心 災防資訊組

摘要

我國在 2016 年於災防告警系統中，新增細胞廣播告警服務(Cell Broadcast Service, CBS)（簡稱細胞廣播服務），使得各災防告警機關可在短時間內，迅速將緊急告警訊息透過電信行動基地台傳遞至基地台訊號涵蓋範圍內的行動用戶手機中。民眾可因此迅速獲得災防資訊，以採取相關應變作為，進而減緩人員傷亡及財物之損失。為分析有多少民眾有接收到告警訊息，本研究透過電信人流資料推估告警訊息接收人數，以供災防資源配置及決策分析參考。

一、 簡介

相對於簡訊(Short Message Service, SMS)發送技術，細胞廣播服務技術係以獨立通道進行訊息的發送，不因網路資源因素導致擁塞。此外細胞廣播技術採用類似電台廣播(Radio broadcasting)的方式，不

分對象將告警訊息在數秒內傳送到特定區域內電信業者用戶的手機內。然而，如同廣播技術無法得知有多少民眾使用收音機接收訊息，細胞廣播服務並無法直接獲得有多少民眾接收到告警訊息。

電信人流資料係以電信公司以電信信令統計技術表示全台民眾分布情況，此技術可提供時間解析度達 10 分鐘及 500 公尺範圍內持有手機電信信令訊號民眾的數量估算值。透過彙整分析全台電信信令資料，可有效掌握人口分布情況。然此項技術存在部分問題，如山區人口分布資訊不夠精準、資料即時傳輸缺失、定位精度等議題，將導致直接引用數據會資訊誤解。本文針對上述問題進行詳細探討，並為細胞廣播接收人數提供一個快速、可靠的推估方法。

二、 相關背景

電信人流的資料源自於用戶手機定位技術。本文回顧手機定位相關背景。三角定位係指在未知點上透過觀測與三個已經座標的點為之距離，求得未知點的座標之技術[1]。奧米伽導航系統(OMEGA navigation system)由美國與六個盟國透過此原理在 1971 年起在全球各地設置八個以上的基站，使得飛機在全球任何一個地方只要可以接收三個以上基站發送出的電磁波訊號，依相位差求得與每個基站距離後既可估算出飛機本身的位置，精度可達 1.6~3.2 公里[2]。全球定位

系統(Global Positioning System, GPS)是由美國國防部於 1978 年起陸續在 20180 公里的軌道高度上部署 24 顆以上的人造衛星，並透過 L1,L2,L3,L5 等多種載波訊號，進行不同精度、解碼時間的定位服務。GPS 原理係透過四顆以上的衛星訊號進行三角定位，解算出使用者端在地球上的三維坐標位置(經度、緯度、橢球高)。因 GPS 無論在民生或軍事上具有優異的表現，故俄羅斯、中國、歐盟等皆陸續發展出自己的衛星定位系統，統稱為(Global Navigation Satellite System, GNSS)。

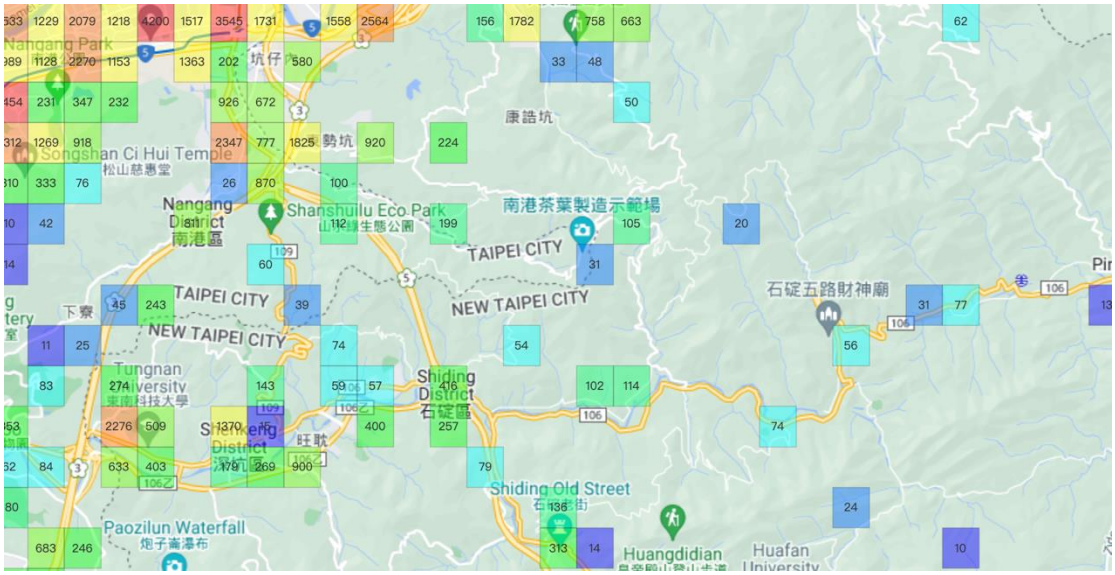
早在 GPS 被廣泛應用在手機之前，就有透過網路訊號進行使用者位置估算的方式陸續被提出，Borkowski 於 1996 年提出透過每個行動網路的網格估算使用者的地理位置[3]，同年美國聯邦通訊委員會(Federal Communications Commission, FCC)通過了 Enhanced 911 法案[4]，要求電信運營商在特定三種情況下須於無線緊急電話服務系統(911)中提供呼叫者位置。

三、 研究方法

電信人流資料通常以網格資料表示，電信公司透過網格化(Rasterization)技術將用戶位置的向量資料(Vector)轉換成網格資料，如圖一係為 500 公尺✕500 公尺網格大小，每個網格中的數值則代表

這個網格範圍內有多少用戶數。考量資料量因素，通常電信公司對於沒有用戶數量的地區則不予做任何儲存與表示(如圖一左上角、圖二郊區空曠處)。

圖一、電信人流網格資料。

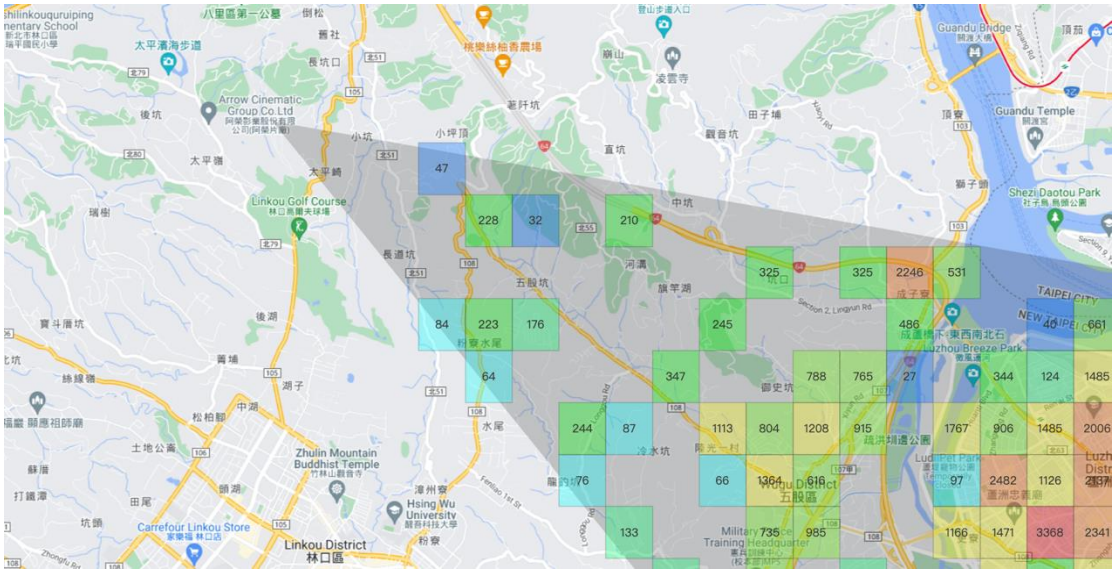


圖二、非都會區人流資料。

在人口稠密的都會區中網格化的結果通常呈現緊湊的資料，而非都會區(如郊區、山區)則會呈現稀疏的網格資料，如圖二所示。造成此種現象的原因主要有兩種，一是用戶數分布稀少的原因，其次是基

地台分布位置有關。儘管手機用戶定位技術概念源自於三角定位，在用戶距離的計算方式，以電信信令強度資料進行估算進而求得用戶位置，因此定位上會有存在大誤差的特性。此外，電信公司為了快速估算所有用戶人流資料，可能會採取更快速的最鄰近點約化法進行網格化，使得原本不在此網格的用戶會被歸算至基地台所在的網格。這將造成基地台所在的網格數值較高，其鄰近原本應該有用戶的網格呈現數值為 0 的現象。

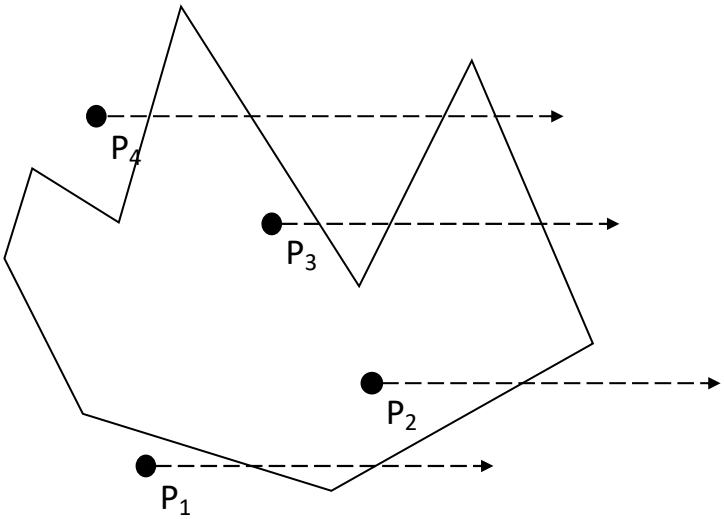
電信人流資料雖在都會區域具有高密集得網格人流資訊，而在郊區則呈現稀疏且凝聚於基地台附近，因此在估算細胞廣播接收人數上，本研究將網格數值資料視為點資料，採用點在多邊形內技術找出告警涵蓋範圍內的電信網格資料，以進行接收人數估算。



圖三、以點在多邊形內技術，過濾告警範圍內電信網格資料。

如圖三，灰色區塊表示一則告警訊息的發送範圍，透過將網格的中心點視為一點點位，透過點在多邊形內的判斷，過濾出有多少電信網格資料座落於發送範圍內，再將所有網格資料進行總和既可估算出接收人數。

點在多邊形內的判斷，本研究以 Shimrat 所提出的 Ray-casting algorithm[5]演算法進行判斷，此演算法概念是透過一射線(ray)計算與多邊形有多少個焦點，進行判斷點與多邊形的關係。如圖四所示，P_1、P_2、P_3、P_4 透過一條向右的射線與多邊形的交會次數分別為 2 次、1 次、3 次、4 次，透過取 2 的餘數後，可判斷出 P_1、P_4 在多邊形外；P_2、P_3 則在多邊形內部。



圖四、Ray-casting algorithm[5]。

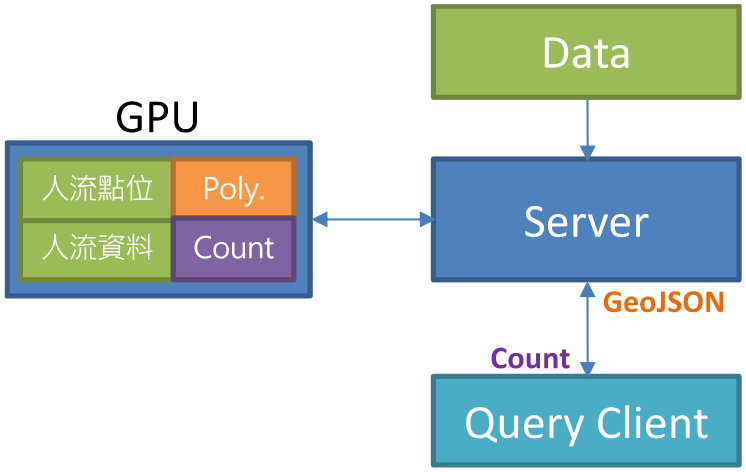
透過 Ray-casting algorithm，本研究可快速將電信網格資料與細胞

廣播發送告警範圍進行空間套疊運算，找出涵蓋的網格人流資料後，在進行加總計算後既可獲得電信信令數量。因電信信令數量為單一電信業者用戶數，本研究參照國家通訊傳播委員會公布的行動通訊用戶數[6]比例，將告警範圍內的電信信令數量乘上比值後，既可獲得接收人數的估算。

單位：萬戶	所有業者	中華	台灣大哥大	遠傳	其他業者
行動通訊用戶數					
2022 Q1	2,953.7	1,064.4	709.8	705.9	473.6
2021 Q4	2,958.0	1,066.9	709.5	705.7	475.9
2021 Q3	2,954.4	1,065.4	711.4	705.0	472.6
2021 Q2	2,951.3	1,063.4	713.4	706.1	468.4
2021 Q1	2,937.4	1,056.6	709.5	706.7	464.7

圖五、行動通訊用戶數[6]。

四、 實驗



圖六、人流估算 API。

考量人流資料較為龐大，為快速計算出人流資料，本研究使用 CUDA 將人流資料置入 GPU(如圖六所示)，透過 GPU 的多核心平行

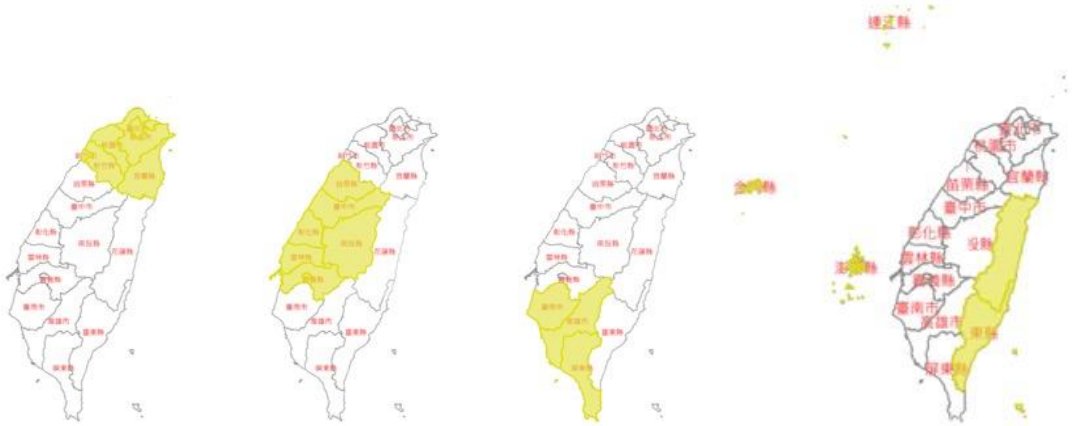
運算能力進行快速計算，並將開發出 API 供查詢端(Query Client)使用。單一時間段內台全台人流網格資料總數約為 12,500~14,000 個網格資料。本研究所使用的 GPU 為 NVIDIA A100，每個 SM 最大 threads 為 2,048 個平行處理，因此設計上採用 12,500~14,000/ 2,048 ≈ 7 個 blocks 進行平處運算。

為驗證運算效能，本研究以萬安演習北區發送範圍進行效能運算評估。此區域包含七個多邊形共計 38,809 的點位，人流資料約 13,000 個網格資料。使用 CPU 判斷點在多邊形內的判斷運算時間花費 341.22 秒；使用 GPU 運算時間則花費 0.54 秒。由此實驗顯示本研究透過 GPU 運算可有效的進行電信信令的過濾。

圖七、效能運算評估區域(萬安演習北區發送範圍)。

圖八為針對萬安演習(2022 年 7/25~7/28，每日 13:30) 發送四則(北、中、南、東等四個區域)告警訊息的接收人數估算，原始電信信

令數量分別為 4,033,657、2,268,506、1,425,033 及 338,320。依行動通訊用戶數作為參考比例後預估接收人數為 11,204,602、6301406、3958425 及 939,778。然而考量電信人流的精準度，本研究人流估算 API 會將數值以千人為單位表示，因此萬安演習預估接收人數分別為 11,205,000、6,301,000、3,758,000 及 940,000 人。



北部 7/25 11,205,000　中部 7/26 6,301,000　南部 7/27 3,758,000　東部 7/28 940,000

圖八、萬安演習細胞廣播演練訊息接收人數估算。

五、　實驗

細胞廣播告警服務因發送原理類似於無線電廣播技術，無法有效的獲得實際接收人數。本研究透過電信人流資料開發出一 API 推估細胞廣播告警訊息接收人數，可供各災防告警機關參考以利機關對防災資源配置及決策分析參考。

參考文獻

1. Enge, Per. "Retooling the Global Positioning System", Scientific American, vol. 290, no. 5, pp. 90–97, 2004.

2. J. Kasper and C. Hutchinson, "The Omega navigation system--An overview", in IEEE Communications Society Magazine, vol. 16, no. 3, pp. 23-35, May 1978.

3. Borkowski, Daniel G., et al. "Cellular network-based location system." U.S. Patent No. 5,519,760. 21 May 1996.

4. Public Law 104-104, 1996. https://www.govinfo.gov/content/pkg/STATUTE-110/pdf/STATUTE-110-Pg56.pdf

5. Shimrat, M., "Algorithm 112: Position of point relative to polygon", Communications of the ACM, Volume 5 Issue 8, Aug. 1962.

6. 國家通訊傳播委員會, "2022 年第 1 季行動通訊市場統計資訊", 國家通訊傳播委員會. https://www.ncc.gov.tw/chinese/files/22062/3773_47688_220629_1.pdf, 2021.