

校園低價位 P 波警報器系統之建立與運用

吳逸民、謝佳樺

國立臺灣大學地質科學系

摘要

近年來由於採用微機電形式的低價位（相對於強震儀形式而言）地震警報器開發，在科技部的推動下，P 波警報器得以大量的安裝於臺灣地區之國民中小學，此警報器可以偵測初達的 P 波，並立即進行警報的判斷，大量的警報器安裝後，連接上網路，控制中心可以接收及時的地動訊號，進行前端偵測型預警系統開發，地震發生之後也可以迅速計算出震度分布圖，供地震災害評估之參考。

一、前言

台灣位處於環太平洋地震帶上，在菲律賓海與歐亞大陸板塊的交互擠壓下，有著高度的造山活動及頻繁的地震活動，偶發的大地震就有可能釀成災害。過去臺灣就遭受到多次災害性地震侵襲，因此，在臺灣地震防減災是一項重要的課題。加強建築物的耐震設計是地震防減災的基礎工作，然而，耐震設計需要時間，也需要考慮經濟的狀況，

建築物無法在短時間內達到一定的耐震標準。目前地震預測也無法實際運用，然而，近二十年來拜科技進展，地震發生之後，在破壞性震動來襲前是有預警的時間，這樣的系統就稱預警系統。

地震預警通常可以分為現地型與前端偵測型兩種。現地型預警系統，是利用先抵達的 P 波訊號，去估算較為強烈振動的 S 波強度，在 S 波到達之前先發出警報。前端偵測型預警系統則是應用電磁訊號傳遞比地震波快的原理，在震央附近的地震儀偵測到大地震發生之時，立即以電磁訊號傳送警報到離震央一定距離以外的區域，使該區域的民眾進行緊急減災措施。

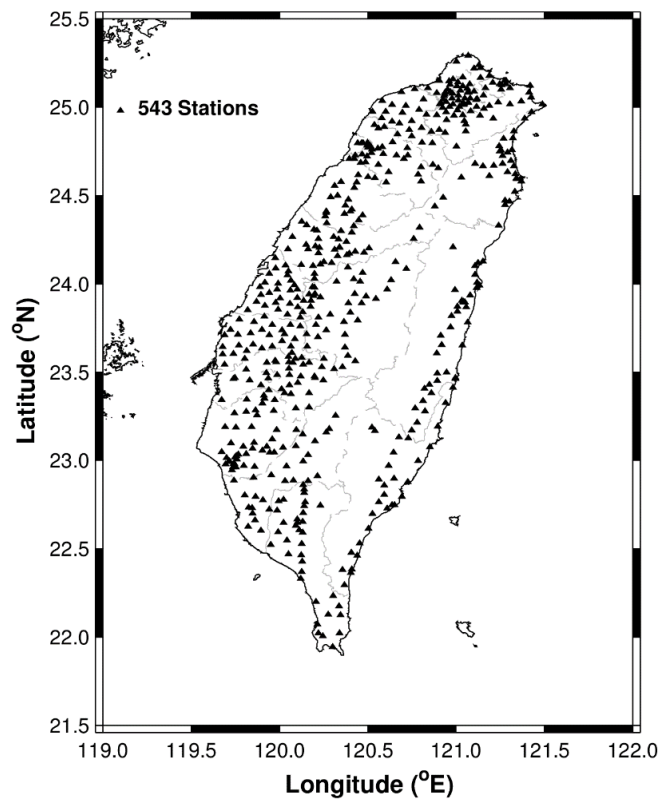
二、 校園低價位 P 波警報器

近年來國立臺灣大學地質系研究團隊與三聯科技公司利用微機電系統(Micro-Electro Mechanical Systems, MEMS)，製作出低價位的 P 波警報器(Palert)，屬於現地型的地震預警系統，利用 P 波的訊息來判斷來襲的振動大小，發出現地警報。如圖一所示為 P 波警報器及其觸控顯示器，此顯示器可提供現場操作與聲響警報的功能，在斷電時並可以提供四個小時的備用電力。採用微機電加速度計，大幅降低成本，在科技部的推動下，研究團隊目前已經於臺灣地區安裝 543 個測站，如圖二所示為測站分布，安裝的地點以國民中小學為主，除了提

供現地預警外，加強地震防災教育也是此預警計畫的重點。



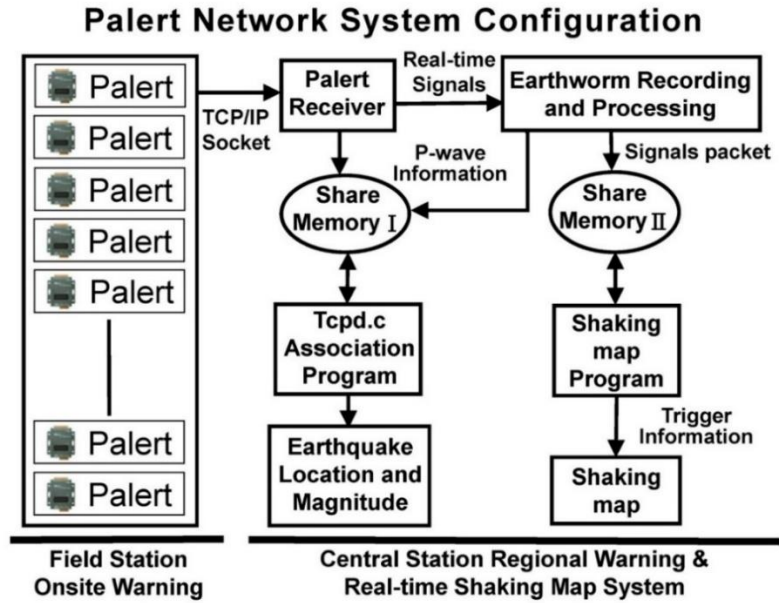
圖一、P波警報器 *Palert* (右)與其觸控顯示器(左)。



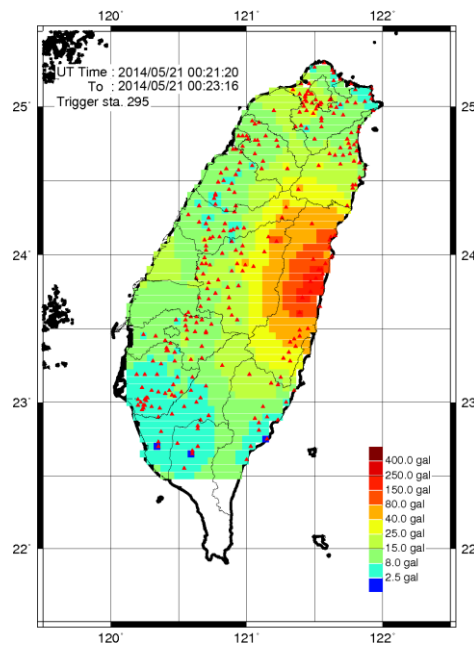
圖二、P波警報器 *Palert* 安裝測站分布圖。

三、 校園低價位 P 波警報器整合系統

整體的 Palert 系統架構如圖三所示。在野外端單獨的 Palert 偵測 P 波訊號，利用 P 波的垂直位移判斷是否大於 0.35 公分進行現地預警 (Wu et al., 2013; Wu, 2014)。即時的強地動訊號也會經由網際網路，以一秒一個封包的方式傳回中心站。中心站端有一個接收程式 Palert-Receiver 可以將 Palert 的訊號送進由美國地質調查所開發的地震資料處理軟體 Earthworm 進行資料處理，野外傳回或是在中心端重新挑取的 P 波資訊會被送進分享記憶體(I)，然後由 Tcpd.c 地震關聯程式，進行地震定位及定規模，從事區域預警之相關研究。Earthworm 系統也會將各個測站所傳回的訊號送進分享記憶體(II)，由 Shaking-Map 程式進行地動訊號分析，當有 12 個測站地表最大加速度大於 2.5 gal 時，就達觸發標準，在觸發後的第一、二及三分鐘之後，分別發出震度圖給使用者，所發出的震度圖，如圖四所示。地震發生之後，震度圖為災害判定的重要資訊，因此，建立此震度圖模組就是希望跳脫傳統思維，在沒有地震定位的情形下也能產出及發送震度圖。



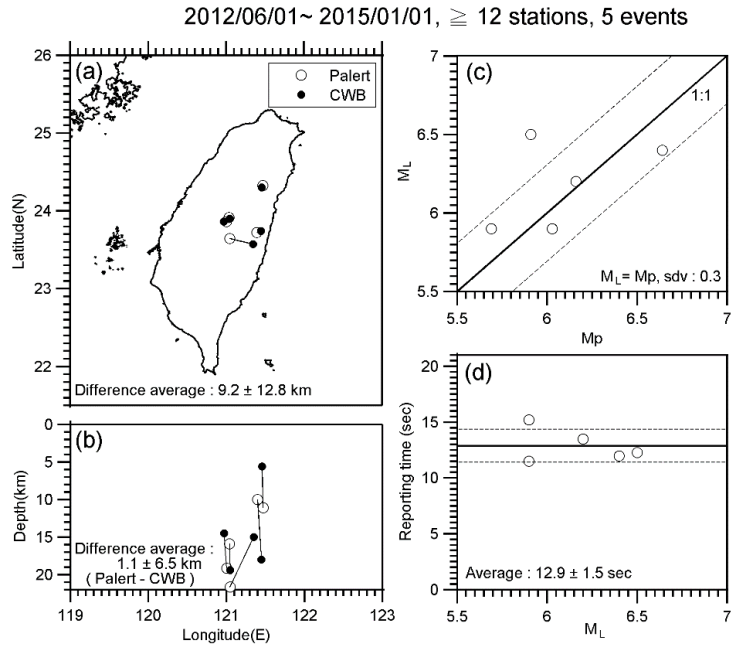
圖三、 Palert 系統即時訊號處理之架構(Wu, 2014)。



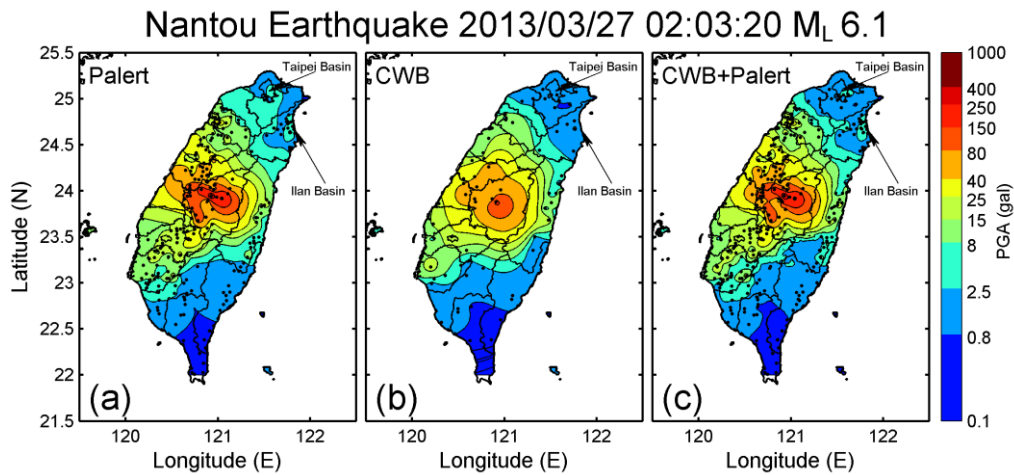
圖四、2014/05/21 M_L 5.9 地震之近即時震度圖(Wu, 2014)。

四、 成果及運用

此系統歷經 2013 年三個規模大於 6.0 的地震，以兩次的南投地震顯示，單獨的 Palert 在震央鄰近地區（係取位於震央所在鄉鎮之測站資料進行處理），仍能在最大地表加速度來襲前有 2-3 秒之預警時間。自 2012 年 6 月開始有 5 筆規模超過 5.5 以上的地震被 Palert 整合系統偵測，與中央氣象局的地震報告比較，如圖五所示，可以看出震央距離平均差為 9.2 ± 12.8 公里，深度平均差達 1.1 ± 6.5 公里，地震規模有 0.3 的標準差，地震資訊則是約在地震發生後 13 秒時能夠產生，此結果顯示本系統之地震報告與中央氣象局相近，可滿足前端偵測型地震預警之需求。震度圖系統也可以於震後一分鐘內自動繪製等震度圖，如圖四所示，可以在第一時間獲得各區域震度訊息，以供災害評估與救災準備使用。圖六所示分別為(a) Palert、(b)中央氣象局及(c)兩者整合之震度圖。由圖六可以看出 Palert 系統測站密度高於中央氣象局之即時強震站網，可以繪製更精細的震度分布。此外，若能結合 Palert 與中央氣象局的測站結果，如圖六(c)所示，更能繪製出詳細的震度分布圖，可呈現區域的場址效應與震源破裂方向之效應，可以供防災或學術上之用途(Hsieh et al., 2014)。



圖五、Palert 與中央氣象局的地震報告比較，(a)震央位置，(b)震源深度，(c)地震規模，(d)芮氏規模與反應時間。



圖六 地震震度分布圖，(a) Palert 測站，(b) 中央氣象局測站，(c) Palert 加中央氣象局測站之震度圖(Wu et al., 2013)。

五、 結論

研究團隊利用低價位加速度計所建立的地震預警系統，除了能夠提供現地預警的作用，並且在地震發生之後，也能快速產生地震之資訊，結果與中央氣象局相近，可以從事前端偵測型地震預警研究，讓現地型與前端偵測型兩個地震預警系統做更完美之結合，在近距離及遠距離都能提早預警。此外，高密度的 P 波警報器系統，於大地震發生之後，也能提供精細的震度分布圖供相關單位參考，以期能夠快速進行災情分析，以掌握防救災之契機。

參考文獻

- Hsieh, C. Y., Y. M. Wu, T. L. Chin, K. H. Kuo, D. Y. Chen, K. S. Wang, Y. T. Chan, W. Y. Chang, W. S. Li, and S. H. Ker, 2014, Low Cost Seismic Network Practical Applications for Producing Quick Shaking Maps in Taiwan, *Terr. Atmos. Ocean. Sci.*, 25, 617-624, doi: 10.3319/TAO.2014.03.27.01(T).
- Wu, Y. M., D. Y. Chen, T. L. Lin, C. Y. Hsieh, T. L. Chin, W. Y. Chang, W. S. Li, and S. H. Ker, (2013). A high density seismic network for earthquake early warning in Taiwan based on low cost sensors, *Seismo. Res. Let.* 84, 1048-1054, doi: 10.1785/0220130085.
- Wu, Y. M., (2014). Progress on development of an earthquake early warning system using low cost sensors, *Pure and Applied Geophysics* online published, doi: 10.1007/s00024-014-0933-5.