

臺灣地區 Live E! 計畫應用在森林微氣象研究之初步成果

林博雄¹ 賴彥任² 魏聰輝² 顧靜恆³

¹臺灣大學大氣科學系

²臺灣大學實驗林管理處

³臺灣網路資訊中心

摘要

本文說明臺灣網路資訊中心(TWNIC) IPv6 網路建置發展計畫之「Live-E 計畫」, 所引進的 Vaisala WXT510 整合式氣象感測器和日本 ECHELON 公司 iLon 網路伺服器, 架設在臺灣大學大氣科學系(儀器校驗研究)以及臺灣大學實驗林管理處溪頭營林區(森林微氣象研究)之年度成果。儀器校驗方面, WXT510 整合式氣象感測器和行政院環境保護署 Met-One 氣象觀測系統的同地同時比對, 發現兩者的氣壓、氣溫、相對濕度和雨量量測相關係數, 分別是 0.995、0.997、0.995 和 0.98。風場量測比對的相關係數稍低, 風速為 0.88, 風向則是 0.71。森林微氣象研究部份, 我們發現溪頭營林區 4 套 WXT510 氣象站的各種氣象變數, 在季節變化和日夜變化特徵都相當合理, 尤其是風場量測, 有顯著的山谷環流日夜演替變化現象。銀杏林林地內和臨近空曠的苗圃氣象站之兩地微氣象比對, 呈現出樹林的風擋和保濕效果; 山頂與谷地的氣溫濕度和風場, 也有明顯的對比。

一、前言

芬蘭 Vaisala 公司於 2004 年發展推出的新一代的小型氣象感測整合組件 WXT510 (Vaisala, 2004), 突破傳統量測發方法, 分別以超音波感測原理之風向風速感測元件(WINDCAP)和雨滴撞擊感測平面(RAINCAP), 安置在溫度濕度遮罩上方, 取代螺旋槳風車風速風向計和傾斗式雨量計, 大幅縮小現有天氣觀測組件的體積和安裝難度。因此, 如果能加以確認 WXT510 資料的可靠性和不同季節天氣型態的考驗, 將能實現都市環境、森林水文、遊憩管理等小尺度氣象網格的建置與即時監測的理想, 試驗成果將能帶給中央氣象局、林務局、國家公園、公路交通甚至民間企業物流管理, 在氣象即時監測與資料庫需求的新思維。

2007 年臺灣網路資訊中心(TWNIC) IPv6 網路建置發展計畫之「Live-E 計畫」, 適時引進 6 套 WXT510, 結合日本 ECHELON 公司的 iLon internet server 做為環境監測與網路即時傳輸概念的示範設備。臺灣大學大氣科學系與臺灣大學實驗林管理處獲得 TWNIC 的支持, 分別自 2007 年 3 月臺灣大學大氣科學系觀測坪以及臺灣大學實驗林溪頭營林區, 架設五套 TWNIC 與 iLon internet server。大氣科學系觀測坪部份, 重點在於探討同地同時比對 1 套 WXT510 和臺灣大學大氣科學系與行政院環境保護署合作管理的

Met-One 氣象站(以下簡稱 NEMO), 兩種觀測系統的量測結果的一致性。臺灣大學實驗林溪頭營林區的量測重點, 則是透過 4 套 WXT510 來檢視森林尺度氣象網格即時監測的概念(林等, 2007)。這一小尺度空間氣象網格即時監測先驅實驗, 將可做為未來建置更大空間範圍、更高監測空間密度與更短傳輸時間氣象網格之參考。

二、觀測比較

表 1 綜合 NEMO 和 WXT510 兩者在臺灣大學大氣科學系觀測坪的實驗比對的基本資訊和現況; 風場比對方面, NEMO 的 MetOne 風速風向計置放於 10 m 鐵塔頂部, 然而 WXT510 的溫濕度感測又必須和 NEMO 溫濕度計同一高度, 因此本研究將 WXT510 安置在離地 2.5 m 高度, 其一旁再增加一套 R.M. Young 公司 5305 風車型風速風向計, 以利資料比對。這些感測元件精確度分別見於 MetOne 公司、R.M. Young 公司和 Vaisala 公司的官方網站。觀測比對期間分別是 2005 年 11 月 17 日至 12 月 30 日、2007 年 2 月 1 日至 3 月 2 日以及 2007 年 5 月 1 日至 7 月 23 日(前兩階段比對期間的 WXT510 sensor 由翰昇公司提供), 兩套設備的資料取樣率都取一秒鐘, 再取一分鐘的平均值。圖 1 是 WXT510 和 NEMO 溫度、相對濕度、風速和風向等 4 種參數的相關性分析, 除了風向之外, 所有氣象變數的相關係數均高於 0.8, 風向的相關性稍微偏低的理

由是部份時間兩套系統的風向剛好在 360 度(北方)的兩側。此外,WXT510 的 WINDCAP 啟動風速和 RAINCA 的微量雨量靈敏度,均優於現有的風車風速風向計和傾斗式雨量筒,因此 WXT510 可用以監測環境場氣象變數的微弱變化和瞬間突變之特色。

三、溪頭森林微氣象網之資料成果

TWNIC所推動的IPv6 網路建置發展計畫之中,有一項子計畫是藉由參與日本 Live-E 計畫(<http://www.live-e.org/>),透過WXT510 和TECHELON internet server來展示網路即時監看地球環境的概念。TWNIC透過這一跨國性合作計畫,在臺灣設立幾套WXT510 即時氣象觀測點,成為Live-E計畫的一員;這些WXT510 即時氣象資料顯示在網頁<http://weather.hongo.wide.ad.jp/WDshow/WDshow.aspx> 之中。本研究在TWNIC和Vaisala台灣代理商翰昇公司贊助下,將其中 4 套TWNIC布設於臺灣大學實驗林溪頭營林區,提供臺灣大學實驗林管理處進行森林遊憩管理應用和森林微氣象研究的先驅試驗。該試驗場地是開口向北的馬蹄狀山谷地型,圖 2 是這 4 套WXT510 在溪頭森林遊樂園區的布點位置(2007 年 5 月~2008 年 4 月),它們的即時氣象資訊經由無線和有線網路的聯通下,一般民眾可以透過電腦瀏覽器登入到<http://trace.twinc.net.tw/weathers/sensor.php> 網站分享即時氣象資訊,研究人員則可進一步要求取得高解析資料來分析探討森林微氣象,在不同林分、不同森林空曠度和海拔高度的溫度、濕度、風場和降雨量的小尺度差異。

圖 3 呈現溪頭營林區山谷的苗圃氣象站(#161)的冬季(二月)、春季(五月)和夏季(八月)的溫度、絕對溼度、雨量、風速、風向等變數的日夜逐時變化,清晨的急遽增溫和黃昏的緩慢降溫形成對比;每日最高溫出現在 10:00~12:00 時刻,而非 13:00~14:00 時刻,顯示森林植被和平地都市的不同。白晝(08:00~18:00)近地表濕度呈現隨均勻平整的時間變

四、結論與展望

本文透過 TWNIC 在 2007 年期間 5 套 WXT510 的量測與網路監看氣象資訊的應用,有了以下幾點結論:
(1)WXT510 確實滿足氣象站小型化以及資訊網路即時化的應用需求,值得環境監測的推廣應用。
(2)WXT510 新款的風場與雨量感測器,與臺灣大學大氣科學系觀測坪現有氣象站的比較實驗,相關性甚高的量測結果證實其可用性。
(3)透過 4 套 WXT510 在溪頭山谷的同步觀測,整年度的森林小尺度微氣象特性足以彰顯。這一成果與同一地區的無線感測網路(賴等,2007)都是國內森林氣象

化曲線,也顯示森林對於近地面水氣的調節效果。風向呈現穩定的白晝谷風(北風)和夜間山風(南風)的山谷風日夜交替的特徵,山風風速比谷風顯著,同時因陽光的熱力效應,谷風風速在午間時刻也稍有增強。

我們比較同一月份不同觀測站(#160~#163)的小尺度氣象變數的逐時變化;冬季白晝氣溫方面,售票亭(#160)緊鄰柏油路面停車場,高溫現象比空曠的苗圃(#161)和銀杏林(#162)都來得明顯($>1^{\circ}\text{C}$),山頂天文台(#163)的最高溫在 13:00,比山谷延遲 1~2 小時。這些現象到了夏季有所變化,山谷的最高溫延後到 12:00,但是山頂最高溫反而提早到 11:00,售票亭中午氣溫也比銀杏林高出 2°C (圖 4A);這些現象反應出樹林以及山頂雲霧的遮蔭降溫效果。雨量的變化方面,冬季是溪頭的乾季,但是銀杏林測站(#162)似乎受到林冠層水滴的影響,降水記錄大於其他測站。到了夏季,山谷和山頂的降水時間變化相當一致,高峯值出現在 6:00~7:00、15:00 以及 19:00,而且山頂的雨量略少於山谷的雨量。然而,山谷降水的局地性還是讓各測站的雨量有所不同(圖 4B)。此外,這三測站都位於山谷,日夜的山風谷風交替都很顯著,但是風向角度因周遭地形略有小差異(圖 5A);夏季的風速數值都大於冬季(圖 5B),顯然山谷風受到太陽熱力趨動的效果,在夏季較冬季來得顯著。

綜合言之,山谷三測站的氣象數據顯示出顯著的差異,傳統上我們接受森林氣象測站選擇林中之空曠地點(如#161 苗圃測站),但是它的代表性質疑,在本文的資料分析就有許多定量數據可供引用與探討。

的前瞻性實驗。

林務局也已於 2007 年 12 月啓用南投蘆山到花蓮銅門「能高越嶺古道」的 3 套 WXT510 系統,而本文所提及的溪頭#160、#162 和#163 測站,以及臺灣大學大氣科學系觀測坪#165 測站,都在 2008 年 5 月陸續遷移到 2100 公尺的臺灣大學山地農場、國道第一高速公路泰山收費站,以及台北市地標 101 大樓附近的信義國中,繼續進行特定環境的氣象即時量測與網路分享的實驗。我們相信,高時空密度的地面氣象資訊,將隨著網路科技與感測器工藝技術精進,而指日可待。

參考文獻：

林博雄, 徐仲毅, 賴彥任, 顧靜恆, 許光裕, 2007: “小尺度氣象網格即時監測概念個案”。第九屆全國大氣科學研討會, 桃園龍潭。
 賴彥任, 邱祈榮, 魏聰輝, 沈介文, 林清儒, 2007: “以無線感測網路技術進行森林微氣象觀測之先

驅實驗”。*大氣科學*, 35,119-133。

Vaisala, 2004: “Multiple Measurements in a Single Instrument—New possibility for weather measurement”。*Vaisala News*, 166, 27-29。

表 1：NEMO 與 WXT510 氣象系統在臺灣大學大氣科學系觀測比對。

Parameter (unit)	WXT510	NEMO	Correlation
Temperature (°C)	THERMOCAP	MetOne 083D	0.99
Relative Humidity (%)	HUMICAP	MetOne 083D	0.99
Wind speed (m/s)	WINDCAP	YOUNG5305	0.81
Wind direction (degree)	WINDCAP	YOUNG5305	0.70
Rainfall (mm)	RAINCAP	MetOne 300	0.98

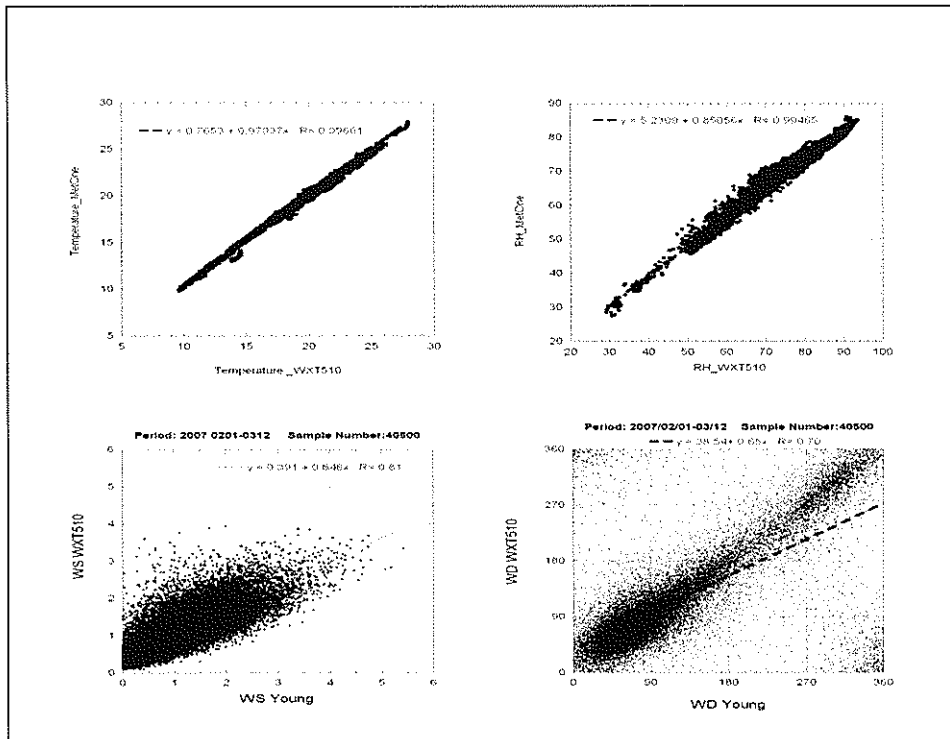


圖 1：TWNIC WXT510 和 NTU NEMO 溫度、相對濕度、風速和風向等 4 種參數的相關性分析。

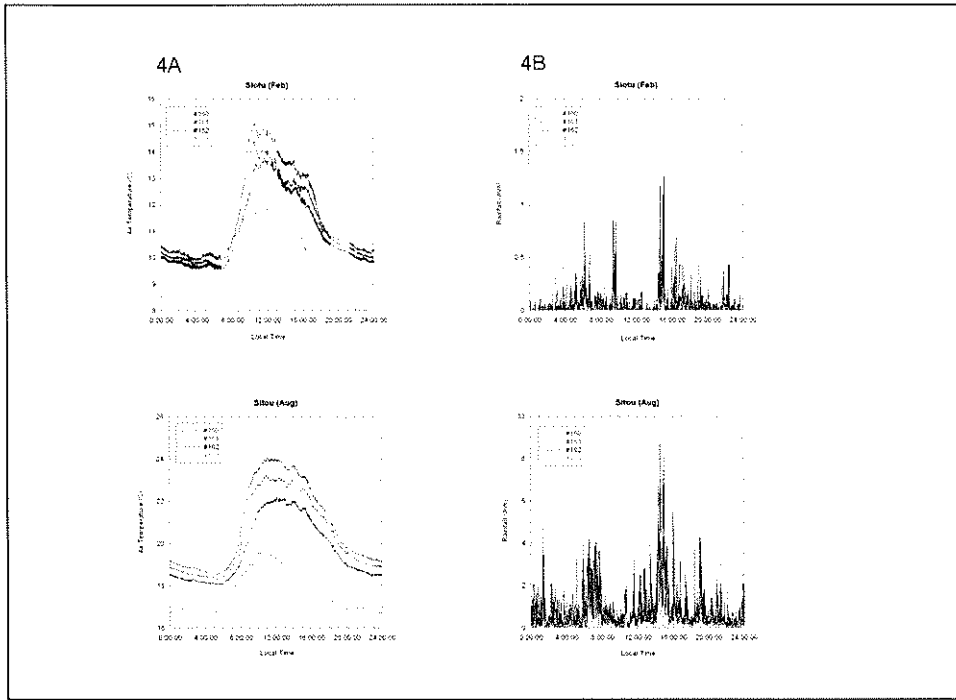


圖 4: (A) TWNIC #160~#163 等 4 套 WXT510 二月(左上)與八月(左下)氣溫的逐時分變化圖。(B)同上，但為降水逐時變化圖。

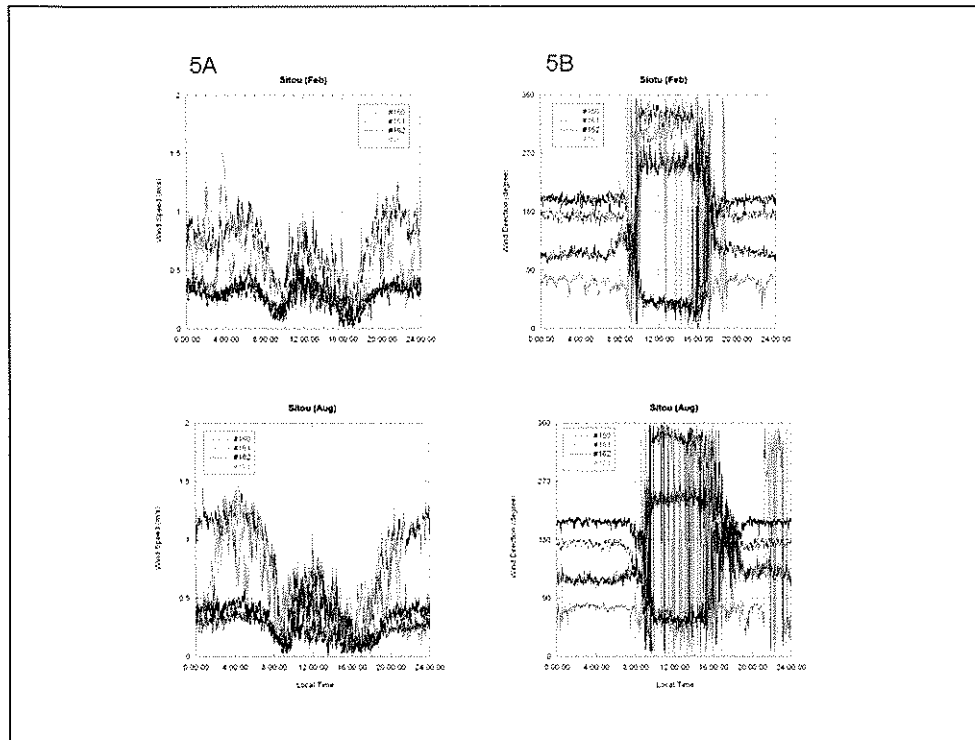


圖 5: (A) TWNIC #160~#163 等 4 套 WXT510 二月(左上)與八月(左下)風速的逐時分變化圖。(B)同上，但為風向逐時變化圖。

