

e-GNSS 即時動態定位系統現代化更新

蕭世民¹ 陳鶴欽² 梁旭文³

¹內政部國土測繪中心技士 ²內政部國土測繪中心技正 ³內政部國土測繪中心課長

摘要

內政部國土測繪中心鑒於國內近年來GNSS衛星定位接收儀使用者大幅增加之趨勢，自101年度啟動e-GPS即時動態定位系統現代化更新作業，透過軟硬體設備擴充及升級，將系統提升為支援GPS及GLONASS之雙星系定位聯合解算系統，並於103年9月1日起更名為e-GNSS即時動態定位系統，提供國內登記有案之法人團體高精度之雙星定位服務。104年度已針對雙星系統重新研擬辦理加密控制測量等作業規範，以更符合實際需要，並落實成果驗證，以確保成果品質。未來將持續關注國際間各衛星定位系統的發展，積極評估導入其他系統(如中國北斗系統)進行多星系聯合解算之效益及可行性，以期提高國內空間資訊蒐集的可靠度與效率

關鍵字：e-GNSS、VBS-RTK。

前言

內政部國土測繪中心(以下簡稱國土測繪中心)為順應國際衛星定位測繪科技已邁向網路化、行動化及全功能、多目標即時動態定位服務之潮流趨勢，及國內已具備優質的寬頻網路及行動化的無線數據傳輸環境，於93年度開始建置e-GPS即時動態定位系統，並於97年12月30日訂定「內政部國土測繪中心電子化全球衛星即時動態定位系統服務供應要點」(以下簡稱本系統服務供應要點)，自98年1月1日起正式營運，開放即時性衛星動態定位服務、衛星觀測資料電子檔供應服務及衛星觀測資料後處理動態定位服務等3項服務。嗣後為配合多星系潮流的發展，國土測繪中心自101年度起進行現代化更新作業，於103年度完成系統軟硬體設備全面更新，並於103年9月1日起更名為e-GNSS即時動態定位系統(以下簡稱e-GNSS系統或本系統)，提供國內登記有案之法人團體高精度之雙星(GPS+GLONASS)定位服務。

系統現代化更新之主要工作項目為系統軟硬體的現代化升級，在硬體方面，國土測繪中心自101年度起開始辦理GNSS衛星定位接收儀硬體採購，於101年度至103年度間，陸續完成本系統基準站硬體設備更新升級；在軟體部分，於102年度以擴充升級方式，完成定位核心系統軟體之採購及安裝，並陸續辦理功能驗證及壓力測試；同時為提升系統即時動態定位效能，參考各基準站坐標移位量級大小及方向與VBS-RTK定位坐標成果等資訊，辦理衛星基準站精密坐標維護更新，並於103年9月4日，舉辦國土測繪中心e-GNSS 即時動態定位系統啟用，宣告將原e-GPS更名為e-GNSS即時動態定位系統，見證本系統服務邁向GNSS雙星的新里程碑。

基準站接收儀更新

於101~103年度完成臺灣本島計66處基準站之GPS+GLONASS衛星接收儀更新換裝作業，其更換後之GNSS衛星接收儀廠牌及型號計有Trimble NetR9、Topcon NetG3A等2種機型。除更新基準站接收儀及天線盤外，同時全面提升各基準站網路專線傳輸速率至4M/1M(下載速率/上傳速率)，並針對部分位於山區、易受雷擊之基準站加裝防雷擊裝置，提高基準站妥善率。至澎湖、金門及馬祖地區因考量大部分地區之衛星觀測環境及透空度尚可符合GPS單星系統定位條件，暫不進行該地區計12部衛星定位接收儀之更新換裝作業。

建立主備用基準站機制

本系統歷年來與各機關合作介接之基準站至104年度止計161站（含已停止運作計11站），考量各基準站的地理分布、儀器配置及網路連線效能後，挑選其中78個基準站建構VBS-RTK服務網，同時建立基準站主備用機制，以上述78個基準站作為主基準站，其餘72個基準站作為備用站（主基準站及備用站分布圖如圖1），主基準站若發生網路中斷或設備故障等狀況，系統管理人員將即時切換相對應之備用站暫時因應，待障礙排除後再切換回主基準站，以維持系統之正常服務不中斷。預計未來每年視基準站網路效能及合作機關設備更新之狀況，檢討調整本機制，以達到臺灣本島所有主基準站皆有備用基準站為目標。



圖1 e-GNSS系統主站及備用站分布圖

核心軟體更新

國土測繪中心於102年以改版升級（Migration）的方式，將e-GPS即時動態定位系統之定位核心軟體從Trimble GPSNet升級為Trimble PIVOT，經國土測繪中心完成各項功能服務驗證後，分別於103年起每星期三及103年7月15日至同年8月31日期間進行免費試營運，藉試營運期間監控用戶作業、系統資源和網路頻寬等狀況，對系統功能做全面檢視，針對硬體設備及軟體設定作細部調整，並測試與系統營運相關之後台管理、帳務計算及即時監控等功能，經反復測試後，同年9月1日起取代原有的Trimble GPSNet定位核心軟體，對外提供GNSS服務。重要擴充功能包括：

- (1) GPS+GLONASS雙星運作。
- (2) 提供雙星VBS-RTK、FKP、MAC及DGNSS即時動態定位服務。
- (3) 增加基準站完整性監控管理功能(兼具即時性及後處理模式)。
- (4) 強化大氣層誤差修正功能。

- (5) 提供三維即時坐標轉換服務。
- (6) 強化線上資料供應及帳務管理功能。
- (7) 提升系統自動化備援及資料備份的能力。

衛星定位基準站精密坐標更新

臺灣本島地區由於受到地殼變動因素影響，各基準站坐標移位量級及方向不一，配合系統實務要求，各基準站間之坐標反算空間距離與每個時刻實測距離之較差建議小於1公分，以維持各基準站點位間之高精度相對關係，故為提升即時動態定位效能，各基準站坐標須參考各地區坐標移位量級大小及方向等資訊，定期辦理基準站精密坐標維護更新。自93年e-GPS系統開始，e-GPS坐標系統參照TWD97定義在IRTF94框架，選定以竹南基準站(JUNA)坐標起算約制站，其成果係由TWD97下之陽明山站(YMSM)推算而得，並在98年更新為e-GPS[2009]，歷年變動情形如表1。

為持續維護e-GNSS坐標框架，國土測繪中心蒐集中央研究院地球所、交通部中央氣象局、經濟部中央地質調查所、水利署、農委會林務局南投林區管理處、台中市政府、台南市政府及高雄市政府等機關所設置超過365個衛星追蹤站(CORS)資料進行解算，自103年12月1日至104年1月31日接收之衛星觀測資料及IGS公布之衛星精密星曆，採用Bernese研究型基線及網形平差計算軟體，重新解算各基準站之精密坐標e-GNSS【2015.0】。另為因應未來長期營運維護及設備管理需要，本次將最小約制點位由竹南基準站(JUNA)改為設置在國土測繪中心樓頂之基準站(LSB0)，將上述解算之每日解成結果輸出基線檔(SNX)及法方程式檔(NQ0)，重新平差並分別約制在竹南站(JUNA)及測繪中心(LSB0)之TWD97[2010]成果進行比對，同時以GAMIT軟體以相同程序進行解算及成果驗證(如表2及表3)。成果統計得知，兩計算軟體成果的坐標差異量趨於一致，顯示本次計算成果具有可信度。以BERNESE成果為主，經比較分別約制在竹南基準站(JUNA)及測繪中心基準站(LSB0)，兩者差值在平面坐標差值均在小於1公分(N: 0.5公分, E: 0.7公分)，高程方向差值約小於4公分(h: 3.5公分)，顯示兩者成果相當(如表2)，改採用LSB0不影響對現行成果及使用方式。

最終於104年5月1日正式更新臺灣本島地區基準站坐標為e-GNSS【2015.0】；至於澎湖、金門及馬祖地區，則仍維持現有TWD97【1997】坐標框架。

表1：本系統歷年坐標系統變動表

時間	臺灣地區	澎湖、金門及馬祖地區
97.5.1*1~98.7.1	e-GPS【2007】	TWD97【1997】
98.7.1~103.1.1	e-GPS【2009】	
103.1.1~104.5.1	e-GNSS【2013】	
104.5.1~	e-GNSS【2015】*2	
備註：		
1. 本系統於97年5月1日開始試營運，98年1月1日正式營運。		
2. 最小約制點位由竹南基準站(JUNA)更改為測繪中心(LSB0)。		

表 2：BERNESE 與 GAMIT 軟體計算成果差異統計表

最小約制站	項目	BERNESE - GAMIT 的差異值 (m)		
		X	Y	Z
JUNA	平均值	0.009	-0.017	-0.008
	標準差	± 0.008	± 0.015	± 0.007
LSB0	平均值	0.001	0.000	0.000
	標準差	± 0.008	± 0.015	± 0.007

表 3：不同約制點計算成果差異統計表

項目	約制不同點(LSB0-JUNA)差異值 (m)		
	N	E	h
平均值	0.009	-0.017	-0.008
標準差	± 0.008	± 0.015	± 0.007

三維即時坐標轉換功能

本系統採用虛擬基準站即時動態定位技術，提供使用者即時且高精度之定位服務，測量成果坐標系統為 e-GNSS 系統，與法定坐標系統不同。使用者如欲獲得法定坐標，需辦理已知控制點連測並進行坐標轉換與最小二乘配置計算，因坐標轉換與最小二乘配置計算涉及程式操作與專業技術，非測量專業人員不易應用，亦無法於測量現場即時獲得法定坐標成果與正高。

為提供使用者更便利之服務，讓使用者可簡單快速地將 VBS-RTK 測量成果即時轉換至法定坐標系統，國土測繪中心自行建立三維即時坐標轉換輔助 VBS-RTK 定位技術獲得法定坐標系統測量成果之最佳轉換模型，轉換模型精測試分析結果，坐標轉換成果平面精度優於 5 公分，高程精度優於 10 公分。利用 RTCM3.1 Type 1021 及 Type 1023 之資料格式，分別將坐標轉換 7 參數、殘差網格修正模型與網格內插計算方式傳送給使用者，讓使用者在外業測量現場可即時將本系統測量成果轉換至 TWD97、TWD97【2010】三維坐標，更可即時獲得管線、工程與製圖相關工作所需之 TWVD2001 正高，可望節省連測已知控制點和計算坐標轉換與最小二乘配置的繁複程序，解決國內以往 VBS-RTK 測量成果與法定坐標系統不同之問題，節省測量工作成本與時間，降低使用技術門檻，提升測量工作效率與成果品質，有助於 e-GNSS 即時動態定位系統推廣應用。

未來發展

- 本系統自98年開始營運以來，結合無線通訊及VBS-RTK技術之即時性動態定位服務，已獲測量界普遍應用於各項工作中，國土測繪中心亦於100年度訂定「採用虛擬基準站即時動態定位技術辦理加密控制及圖根測量作業手冊」，103年度訂定「VBS-RTK定位技術應用於管線孔蓋測量參考作業規範」，說明如何搭配6參數轉換與最小二乘配置法，應用本服務辦理應用測量業務，俾利使用者辦理相關作業時有所依據，本年度已針對雙星系統重新研擬辦理加密控制測量、圖根測量及界址測量等作業規範，以更符合實際需要，並落實成果驗證，以確保成果品質。
- 坐標系統的建立與維護是網路化RTK服務重要的基礎工作，尤其臺灣位於板塊交接處，地殼位移頻繁的狀況下，如何維持基準站間之高精度相對關係變成是很重要的工作。近年來國土測繪中心陸續與交通部中央氣象局等10個政府機關合作，整合國內超過350處基準站觀測資料，搭配臺灣鄰近國際站進行坐標解算，以作為定義國內坐標系統基準及各項測繪依據，未來國土測繪中心將每2年辦理1次上述坐標解算更新，確保基準站間坐標反算空間距離與實測值一致，維持系統服務效能。
- 隨著近年來衛星定位技術的發展，精準的空間定位需求已不再是專屬於測繪業的需求，但各種不同坐標系統間的轉換往往成為非專業測量人員使用上的障礙。國土測繪中心為推廣系統服務，確保成果坐標系統的一致性，未來除持續維護坐標系統與三維即時坐標轉換功能，將主動派員至各機關實地了解VBS-RTK服務的使用情形，搭配使用者的經驗，蒐集測試數據來修訂作業手冊，以期提高作業效率、提升成果精度及降低第一線工作人員的辛勞。
- 使用本系統VBS-RTK服務過程仰賴無線上網方式進行資料傳輸，網路通訊品質不佳常導致使用者在野外無法作業或初始化時間過長，針對無法順利求解或對外業解算成果有疑慮之個案，國土測繪中心規劃開發自動解算服務，提供使用者上傳RINEX格式衛星觀測資料，結合解算軟體自動進行OTF (On The Fly) 動態解算，協助使用者在不須具備商用解算軟體與專業測繪技術的條件下，可便利求得穩定可靠之坐標解，辦理成果驗證。
- 系統雙星定位服務經國土測繪中心自行測試驗證結果，VBS-RTK作業時與系統基準站之共同衛星顆數平均可達12.5顆，對山區或透空不佳地區作業效率有顯著提升，自103年9月系統升級完成後，服務平均月使用量亦較升級前約增加3成，顯見本次升級雙星系統對即時動態定位有正面顯著之影響。未來國土測繪中心將持續關注國際間各衛星定位系統的發展，積極評估導入其他系統(如中國北斗系統)進行多星系聯合解算之效益及可行性，以期提高國內空間資訊蒐集的可靠度與效率。

參考文獻

1. 內政部國土測繪中心 e-GNSS 即時動態定位系統入口網站，<http://www.egnss.nlsc.gov.tw/>，前次查閱2015/7/20。
2. e-GNSS即時動態定位系統103年度營運報告，2014，內政部國土測繪中心，臺中，20頁。

論文摘要投稿資訊表

第三十四屆測量及空間資訊研討會-論文摘要投稿表			
主題類別	測量技術類		
發表人	蕭世民	是否具學生身份	<input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否
論文題目	內政部國土測繪中心 e-GNSS 即時動態定位系統三維坐標轉換服務介紹		
主要聯絡人	蕭世民		
服務單位	內政部國土測繪中心	職稱	技士
聯絡電話	04-22522966#256		
E-mail	23051@mail.nlsc.gov.tw		
聯絡地址	40873 臺中市南屯區黎明路 497 號 4 樓		
國科會編號 ¹			
投稿相關事項			
<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	是否同意因審查結果而異進行「口頭」發表論文。		
<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	是否同意因審查結果而異進行「海報」發表論文。		
<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	是否已詳閱投稿須知，並清楚瞭解投稿相關規定且同意遵守。		
<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	是否同意將投稿文章及相關資訊授權刊登於「第三十四屆測量及空間資訊研討會」之摘要集、網站及相關文宣中。		
<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	是否同意「第三十四屆測量及空間資訊研討會」將您的個人資訊紀錄後用於通知及緊急聯絡之用。		
<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	是否同意當投稿文章有侵害他人權利或違反中華民國相關法律時，投稿者將自行負擔一切法律責任且大會有權將相關資訊移送法務機關。		

註1若發表論文為國科會補助，請特別註明國科會編號