

新北市政府 108 年度自行研究報告

e-GNSS 即時動態定位系統 與圖根測量之應用

研究機關：新北市板橋地政事務所

研究人員：李欣蓉

研究期程：自 108 年 1 月 1 日至 108 年 10 月 31 日

新北市政府 108 年度自行研究成果摘要表

計 畫 名 稱	e-GNSS 即時動態定位系統與圖根測量之應用
期 程	自 108 年 1 月 1 日至 108 年 10 月 31 日
經 費	無
緣 起 與 目 的	<p>近來全球衛星定位測繪科技邁向網路化、行動化及全功能、多目標的即時動態定位服務，我國內政部國土測繪中心亦投入研究，在極短的時間內，提供公分或公尺等級精度的即時動態定位服務。</p> <p>有鑑於 e-GNSS 定位系統已成為國際測繪及定位技術之主流，過去相關研究中多探討該系統於不同業務類型下之應用度，而於地政事務所負責之業務中，土地複丈是主要大宗業務，而圖根點為界址點實地放樣之依據，惟圖根點因公共工程等因素時常遺失，實存支數每況愈下，e-GNSS 定位系統之應用將提升圖根補建之效率。</p>
方 法 與 過 程	<p>採用文獻探討，透過參考國內學者專家之著作、論文及期刊，整理蒐集相關之文獻，分析探討 e-GNSS 即時動態定位系統之應用可行性。</p>
研 究 發 現 及 建 議	<p>圖根點為維繫土地行政成果之重要因素，但圖根點往往因道路整修或公共工程的建設導致部分遺失，對於地政事務所執行鑑界複丈業務影響甚鉅。在圖根點遺失速度快於補建速度的現況下，e-GNSS 的優點是，無須受限於傳統測量必須 2 個互相通視控制點方可進行測量，單人單機即可作業，讓其擁有作業時間短和降低作業本等優點，這樣更能增進圖根點補建工程之效率，地政事務所亦可提供民眾更優質的服務。</p> <p>本研究建議如下：</p>

	<ol style="list-style-type: none">1、e-GNSS 應用於圖根測量，應注意其限制。2、e-GNSS 應用於圖根測量，建議配合已知點解算。3、e-GNSS 應用於圖根點補建效率高。4、e-GNSS 使用時須注意網路訊號干擾。
備	註

目 錄

壹、緒論	1
一、研究目的	1
二、研究方法	2
貳、e-GNSS 系統之建置	3
一、建置背景	3
二、虛擬基準站即時動態定位技術 VBS-RTK 之現況分析	4
三、虛擬基準站即時動態定位技術 VBS-RTK 之限制分析	5
參、圖根測量	9
一、圖根測量之現況分析	9
二、e-GNSS 於圖根測量之應用分析	9
三、e-GNSS 於圖根測量之限制分析	10
肆、e-GNSS 於圖根測量之實際資料處理與成果分析	12
一、研究方法	12
二、觀測條件	12
三、資料處理方式	13
四、結果分析	13
伍、結論與建議	15
一、結論	15
二、建議	16
參考文獻	18

壹、緒論

一、研究目的

近來全球衛星定位測繪科技邁向網路化、行動化及全功能、多目標的即時動態定位服務，我國內政部國土測繪中心亦投入研究，發展整合美國 GPS 與俄國 GLONASS 之 e-GNSS 雙星系統，透過虛擬基準站即時動態定位技術 (Virtual Base Station Real-Time Kinematic, VBS-RTK)，在極短的時間內，提供公分或公尺等級精度的即時動態定位服務。

有鑑於 e-GNSS 定位系統已成為國際測繪及定位技術之主流，亦是國內目前測繪作業中不可或缺的技术，其使用度也有不斷提升之趨勢，過去相關研究中多探討該系統於不同業務類型下之應用度，而於地政事務所負責之業務中，土地複丈是主要大宗業務，且與民眾權益息息相關，而圖根點為界址點實地放樣之依據，惟圖根點因公共工程等因素時常遺失，實存支數每況愈下，e-GNSS 定位系統之應用將提升圖根補建之效率。

二、研究方法

採用文獻探討，透過參考國內學者專家之著作、論文及期刊，整理蒐集相關之文獻，分析探討 e-GNSS 即時動態定位系統之應用可行性。

貳、e-GNSS 系統之建置

一、建置背景

所謂的 e-GNSS 即時動態定位系統是包含了 GPS 及 GLONASS 等衛星、控制及計算中心、主站及移動站設備、無線通訊數據技術等所組成。e-GNSS 為架構於網際網路通訊以及無線數據傳輸技術之衛星即時動態定位系統，係國土測繪中心花費數年所建構而成的新興測量方式。其開頭字母 e 為 electronical，含有「電子化」及「網路化」之意義，藉由使資料數位化，讓使用者可隨時隨地透過網路取所需資料，GNSS 則代表著多星系（如 GPS、GLONASS 等）的衛星導航定位系統（內政部國土測繪中心，2016），相較於過去的 e-GPS 更加多元。該系統於全國各地建置之衛星定位基準站全天 24 小時連續接收衛星資料，即時傳回控制及計算中心，進行資料自動化處理，使用者利用 GPS 衛星接收儀同時接收 5 顆以上 GPS 衛星訊號，可以全天候經由整合封包無線電服務技術 GPRS 或其他無線上網方式，在極短時間內，依使用者需求，其坐標可獲得公分等級精度的即時動態定位服務。

二、虛擬基準站即時動態定位技術 VBS-RTK 之現況分析

e-GNSS 即時動態定位系統之核心定位技術為虛擬基準站即時動態定位技術 VBS-RTK，藉由多個衛星基準站全天候連續接收衛星資料，以寬頻網路或其他通訊傳輸技術與控制及計算中心連結，彙整出該基準站所圍區域內之誤差修正量，並利用移動站定位坐標內插計算出虛擬基準站的誤差修正量並產出虛擬之衛星觀測資料。因此使用者只要在基準站的基線網內擺放衛星定位接收儀器，即可以透過無線通訊數據傳輸技術，將衛星資料以特定格式傳送至控制及計算中心，經過區域性誤差修正，解算出該虛擬基準站觀測量後，再以 RTCM 格式回傳至衛星定位接收儀，進行超短距離的基線求解。

藉由上文獻所述，VBS-RTK 定位技術進行即時性動態定位之介紹，在實際運作解算步驟，可以歸納整理為下列四大部分：

(一) 基準站區域網資料前級處理：

包含架設、決定基準站，建立基準網內之觀測資料庫，並進行衛星定位基準站的網形平差計算。

(二) 基準站區域網解算：

控制及計算中心彙整各基準站單一時刻之連續觀測資料並讀入基準站座標，計算求解各基準站間之週波未定值及二次分差系統誤差影響量，藉此建立該基準網內之區域性誤差修正資料庫。

(三) 建立虛擬基準站觀測數據：

所架設之移動站先利用無線數據通訊將定位之衛星資料數據接收後，由控制及計算中心按該移動站位置坐標進行求解基準網內之誤差內插參數計算，以及利用距離最近之主基準站觀測量共組合成 VBS 虛擬觀測資料後，並以 RTCM 檔格式回傳至移動站開始坐標解算。

(四) 移動站坐標解算：

移動站接收儀進行超短基線動態定位求解，並以此解算移動站 RTK 定位座標。

三、虛擬基準站即時動態定位技術 VBS-RTK 之限制分析

VBS-RTK 定位技術為利用衛星進行接收資料，以解算待測點位的三維坐標位置，其中所包含的誤差來源可分為以下四者，分

別為衛星誤差、訊號傳播誤差、接收儀誤差及其他誤差，分述如下(楊名，2007)：

(一) 衛星相關誤差：

星曆誤差、衛星時錶誤差、相對論效應，三者皆為系統誤差。

(二) 訊號傳播相關誤差：

電離層、對流層、多路徑效應、其他雜訊，其中只有其他雜訊的部分為偶然誤差，其餘皆為系統誤差。

(三) 接收儀相關誤差：

天線相位中心變化、接收儀時錶誤差、週波未定值、週波脫落、其他觀測誤差，其中天線相位中心變化與其他觀測誤差為偶然誤差，其餘為系統誤差。

(四) 其他誤差：

AS 與 SA 效應、地球潮汐，其中 AS 與 SA 效應為人為誤差。

以下分別針對 e-GNSS 定位技術較主要之三誤差來源進行敘述：

(一) 電離層之分析：

高度位於 50 至 1000 公里的電離層中充滿了離子化的粒子與電子，且呈現不穩定的狀態，對無線電訊號會造成極大的影響，因此衛星訊號的傳播時間會形成延遲現象，若想要減緩電離層延遲誤差，可以使用差分線性組合。

(二) 對流層之分析：

對流層之影響與衛星高度、測站緯度、測站高度相關，則對流層折射對於觀測量的影響分為乾分量與濕分量兩部分，乾分量主要與大氣溼度和壓力有關，而濕分量主要與傳播路徑上的大氣濕度與高度有關，其中約有 90%的誤差量為乾分量引起的。

(三) 多路徑效應：

接收天線除了接收到衛星訊號以外，也可能同時接收到周圍的物反射的間接訊號，兩種訊號到達天線相位中心的時間不同步而疊加在一起，引起測點位置發生變化。因為直接訊號與間接訊號間存在著時間差與相位差，會導致接收儀無法分辨與量測出真正的相位值。在嚴重的多路徑效應影響下，會產生衛星訊號失鎖和週波脫落。其中減弱的方法綜整如下：

1. 避開較強的反射面及高傳導性的物體。
2. 選擇造型適當且屏蔽良好的天線。
3. 增長觀測時間。
4. 用數學模式分析，再加以改正。

參、圖根測量

一、圖根測量之現況分析

土地複丈系地政事務所涉及民眾權益之主要業務，土地界址點如何放樣至現地最相關之依據即為圖根點。而圖根點常因道路整修、鋪設新柏油、自來水施作或公共工程等因素而部分遺失。

而紀錄圖根點位置的座標系統也有改變，從最初的地籍座標到 TWD67、TWD97、TWD97(2010)，導致同一行政區可能同時存在不同坐標系統之圖根點，多數圖解區的圖根點僅有舊座標系統的坐標值，而透過座標轉換至不同坐標系統，必然也會有誤差產生。

圖根為維繫土地行政成果之重要因素，以做為戶地測量之依據，圖根之完備是不可輕忽之課題，遺失圖根之補建為當務之急。

二、e-GNSS 於圖根測量之應用分析

地政事務所辦理土地複丈案件時，因圖根遺失需耗費大量人力與時間，從僅存之圖根點以導線測量或自由測站進行圖根點引

點作業，依據誤差傳播定律，導線之精度將隨距離與測站數量增加而降低，圖根點之補建勢必盡速辦理。

在人力、時間有限的現況下，透過 e-GNSS 系統辦理圖根補件能有效率且高精度的進行，e-GNSS 系統為是一種具有全天候作業、操作簡便且經濟效益高的定位系統。其優點具有不受天候限制且測站間無需互相通視，只要保持測站對空通視，且在很短觀測時間之內，即可獲得公分級精度三維坐標的定位結果，相較傳統測量受限必須 2 個互相通視控制點方可進行測量，克服圖根點位相互通視不良之問題，其效率及執行容易度遠超過傳統測量方法。

三、e-GNSS 於圖根測量之限制分析

在應用 e-GNSS 系統補建圖根時，因 e-GNSS 系統本身之系統限制，必然會影響圖根測量之成果，其限制如下：

(一) 電離層之影響

電離層影響衛星訊號的傳播時間，形成延遲現象，可以使用

差分線性組合減緩電離層延遲誤差。於圖根測量時，建議透過整區多點同時進行施測，以平差消除共同誤差，降低電離層延遲誤差對圖根補建成果之影響。

(二) 對流層之影響

對流層折射對於觀測量的影響主要是由乾分量所引起，形成衛星訊號傳播時間的延遲現象。於圖根測量時，建議透過整區多點同時進行施測，以平差方式消除共同誤差，降低對流層延遲誤差對圖根補建成果之影響。

(三) 多路徑效應之影響

多路徑效應會導致接收儀無法分辨與量測出真正的相位值，造成座標無法正確解算。於圖根測量時，建議測站附近避開較強的反射面及高傳導性的物體，以降低多路徑效應對圖根補建成果之影響。

肆、e-GNSS 於圖根測量之實際資料處理與成果分析

一、研究方法

運用傳統全測站經緯儀採用自由測站觀測方式，以網形平差計算方式求解而得公告確定之 TWD97 圖根加密點座標為基準值。然後運用 e-GNSS 虛擬基準站動態定位技術測量，重新布設測區內之圖根加密點網形，並將測量觀測計算後成果採強制複合及座標轉換方式，轉換至公告之 TWD97 系統座標，以此進行分析比對及精度成果驗證。

二、觀測條件

研究中使用 Leica RX1250X 型號之衛星定位接收儀，在施測過程中基站與移動站則須同時接收五顆以上的衛星，且須能同時收到 GPS 衛星訊號和基地站廣播的差分訊號，以此進而求解未知點座標，衛星資料的接收仰角設定為 15 度，PDOP(Position Dilution of Precision)值須小於 5，觀測量 1 秒紀錄 1 筆，每個時段觀測 3 分鐘，以不同時間來觀測兩個時段以符合 e-GPS 的觀測規範，定位精度採用靜態測量時平面 $5\text{mm}+0.5\text{ppm}$ 高程

10mm+0.5ppm ，動態測量時平面 10mm+1ppm 高程 20mm+1ppm ，
而 L1/L2 載波觀測量精度為 0.2mm ，電碼觀測精度為 20mm 。

三、資料處理方式

在本研究中透過使用六參數轉換與最小二乘配置法，將 e-GNSS 所求得之近似 TWD97 座標，運用外圍加密控制點聯測，轉換至 TWD97 座標，以符合該區域加密控制點和圖根座標系統。

四、結果分析

以 e-GNSS 即時動態定位觀測分析土城南天母段之座標求解成功率約為 87%~94%，而將觀測成果與內政部公告座標進行比較，則 e-GNSS 定位測量較差在 2 公分以內約達 82.7%~85%。在進行座標求解時，精度是指求解觀測座標值與真值接近的程度，亦即精度是指重複量測的密集程度，一般以均方根差表示其大小。在本研究中使用外業觀測值減去公告座標值(參考值)，以求得標準誤差 RMS 值。經由計算成果可得土城南天母段以 e-GNSS 求解後之座標與公告座標 RMS 值介於±1.3~1.5公分之間。從結果中可以

發現，以 e-GNSS 進行施測所得之角邊混合控制網平差座標成果
 精度，已超越國內加密控制測量相關精度規範。

下圖為 e-GNSS 測量相關施測數據比較。

土城南天母段	X座標(內政部模式)	X座標(RX1250X模式)	較差	Y座標(內政部模式)	Y座標(RX1250X模式)	較差
BF06039	2760940.309	2760940.315	0.006	296371.266	296371.277	0.011
BF06040	2761129.936	2761129.919	-0.017	296301.255	296301.242	-0.013
BF06041	2761148.599	2761148.594	-0.005	296255.134	296255.137	0.003
BF06042	2761232.254	2761232.267	0.013	296201.234	296201.249	0.015
BF06045	2761344.886	2761344.901	0.015	297149.587	297149.571	-0.016
BF06046	2761267.223	2761267.215	-0.008	297138.639	297138.625	-0.014

伍、結論與建議

一、結論

圖根點為維繫土地行政成果之重要因素，為地政事務所主要業務之辦理依據，但因環境變遷頻繁，在已整理地籍完畢的區域中，圖根點往往因道路整修或公共工程的建設導致部分遺失，而民國 67 前地籍圖重測時所新增的圖根點，更是大部分蕩然無存，對於地政事務所執行鑑界複丈業務影響甚鉅。

因此在圖根點遺失速度快於補建速度的現況下，能否以 e-GNSS 系統辦理圖根補件並有效率且高精度的進行，是值得受到檢驗與考量，e-GNSS 的優點是，無須受限於傳統測量必須 2 個互相通視控制點方可進行測量，且能透過全測區多點同時進行施測，以平差方式消除共同誤差，降低誤差對圖根補建成果之影響，而若採用衛星定位測量，其不受地形限制，可減少樁位的布設及測站間通視等問題，對於往後圖根滅失時可以快速，且高精度的辦理圖根補建及戶地測量和放樣等工作。

e-GNSS 系統之即時高精度定位成果可由實驗結果得以窺之，應用於圖根控制測量之成果皆符合重測控制測量及圖根控制測規定，而更由於 e-GNSS 定位測量系統，單人單機即可作業，並

且能即時的求解，讓其擁有作業時間短和降低作業本等優點，這樣更能增進圖根點補建工程之效率，地政事務所亦可提供民眾更優質的服務。

二、建議

(一) e-GNSS 應用於圖根測量，應注意其限制

e-GNSS 系統雖然相對穩定且僅須對空通視，但仍有其使用上之限制，受電離層、對流層大氣條件、多路徑效應等不確定性因素影響，於使用 e-GNSS 時，應盡量減少其所造成之誤差，並制定相關成果檢測流程，以提升圖根補建之精度。

(二) e-GNSS 應用於圖根測量，建議配合已知點解算

以 e-GNSS 進行圖根補建時，可選取分佈均勻之圖根點作為已知點進行 e-GNSS 成果套合，進行補建圖根之網行平差，可有效約制 e-GNSS 較差。由局部區域高密度控制點套合方式，可使 e-GNSS 補建之圖根最貼合地籍坐標之成果，使補建成果與地籍坐標具有高度一致性。

(三) e-GNSS 應用於圖根點補建效率高

e-GNSS 於全國各地建置之衛星定位基準站全天 24 小時連續接收衛星資料，即時傳回控制及計算中心進行資料自動化處理，使用者利用 GPS 衛星接收儀同時接收 5 顆以上 GPS 衛星訊號，在極短時間內其坐標可獲得公分等級精度的即時動態定位服務，相對於傳統測量方式，e-GNSS 應用於圖根點補建效率極高。

(四) e-GNSS 使用時須注意網路訊號干擾

e-GNSS 衛星定位系統受限於網路通訊干擾，因單人單機，缺少多餘觀測量及嚴密控制網形，且觀測之成果並非 TWD97 座標，需運用聯測範圍外的加密控制點進行座標轉換，才能得到精確的座標成果。

參考文獻

一、中文文獻

1. 楊名，2007。GPS/Galileo 整合式導航系統對於網路型即時動態定位技術之衝擊：區域性大氣層模式之估計與參考站網型設計，行政院國家科學委員研究報告書。
2. 尹鍾奇，1994。實用大地測量學，國彰出版社。
3. 陳正軒、張喬博，2015。e-GNSS 即時定位系統與地籍圖之探討，新北市政府一〇四年度自行研究報告。
4. 李信昌，2017。圖根點不落地之狂想研究評估 — 以中興文創區文祥段為例，新北市政府一〇六年度自行研究報告。
5. 黃立信、王文俊、鄒永龍。e-GNSS 與 GNSS 快速靜態測應用於圖根加密控制測量之研究