

虛擬參考站技術於 GPS 定位上之應用研究

崔國強¹ 湯俊發²

1.國立宜蘭技術學院土木工程系副教授

2.國立宜蘭技術學院土木工程系二技生

摘要

GPS 高精度即時動態定位(Real Time Kinematic, RTK)可謂現行最普遍使用之衛星測量技術，但因受限於電離層與對流層效應在原始觀測量上所產生之系統誤差影響。使得實用上移動站與參考站間之距離不遠(小於 10 公里)時，方可有效定位。雖然可經由建立高密度參考站網以提供全面性之 RTK 服務，但極不符合經濟效益，較可行之方案為採用虛擬參考站技術，使參考站之系統誤差得到較好的模組，以降低或消除該系統誤差之影響，進而可增加移動站與參考站間之有效施測範圍，且減少 OTF 解算之啟動時間與增加系統之可靠度。

本文以虛擬參考站技術，分析探討其於定位上之各種效益與成果比較。運用 RTK 及 VRS 技術在短基線網中，其定位結果頗為一致且採用不同星曆其結果亦相差甚微，緯度之最大差值為 0.00022 秒(約為 0.66 公分)，經度之最大差值為 0.00017 秒(約為 0.51 公分)。可知 GPS 在短距離 RTK 定位上已經相當精確。在中、長距離基線網中，以超快速星曆靜態解與由 VRS 所解算之結果相比較，當 VRS 產生在移動站處時，其經度差值為 0.00097 秒(約為 2.91 公分)，緯度差值為 0.00017 秒(約為 0.51 公分)。若將 VRS 產生在移動站 5 公里處與 VRS 產生在移動站處之計算結果相較，其經度差值為 0.00006 秒(約為 0.18 公分)，緯度差值為 0.00002 秒(約為 0.06 公分)。可知即便將 VRS 點延伸至距移動站 5 公里處以解算移動站之坐標時，其結果仍然相當精確。可知以 VRS 技術應用在中、長距離時，亦能即時的精確定位。

關鍵詞：即時動態定位、虛擬參考站

GPS Positioning by Virtual Reference Stations Method

Gwo-Chyang Tsuei¹ and Chun-Fa Tang²

1. Associate Professor Department of Civil Engineering, National Ilan Institute of Technology

2. Undergraduate Student Department of Civil Engineering, National Ilan Institute of

Technology

Abstract

High accuracy real-time kinematic positioning with GPS is today's most widely used surveying techniques. But, its use is restricted by the effects of the ionosphere and troposphere which create systematic errors in the raw data. In practice, these mean that the distance between a rover receiver and its reference station has to be quite short (< 10 Km) in order to work efficiently. Although of sufficient density for reference stations networks to provide complete coverage for RTK, but that doesn't has cost-benefit, the systematic errors in the reference station data are either reduced, or eliminated. it also increases the reliability of the system and reduces the OTF initialization time.

This paper use Virtual Reference Stations Method, to analyze the results and performance for GPS positioning. And made comparisons between results. Using RTK and VRS Method to short baseline. The positioning accuracies are almost the same. And using different ephemeris data into the project, the results are also nearly. Latitude difference value is $0.00022''$ (about 0.66cm) ; Longitude difference value is $0.00017''$ (about 0.51cm) .For long baseline, use IGS Ultra-Rapid Products ephemeris into VRS to analyze and compare. When VRS generate near by the rover ,Latitude difference value is $0.00017''$ (about 0.51cm) ; Longitude difference value is $0.00097''$ (about 2.91cm) .Even if VRS generation extend to 5 Km from rover, Latitude difference value is $0.00002''$ (about 0.06cm) ; Longitude difference value is $0.00006''$ (about 0.18cm) . According to the results, we known that using VRS Method to apply into short 、 long baseline, also can be positioning accurately on real-time.

Key Word : Real Time Kinematic , Virtual Reference Stations

一、前言

近 20 年來 GPS 有著驚人的快速發展，使得 GPS 在生活中已經佔有重要的地位，其定位效能就如同手錶一樣地方便和重要，使我們可以輕易獲得點位之坐標資訊。而為了能隨時且快速的提供國際性的 GPS 服務，目前已有 200 多個遍及全球的 GPS 追蹤站，全天候藉由 Internet 提供定位和觀測資料等資訊。在德國的 SAPOS(SATellite Positioning Service)網便可提供多功能衛星定位的服務，其在每隔 40~70 公里處便建立一個追蹤站，總共約有 250 個左右的追蹤站，以便讓使用者參考分析之用。為了使任一時刻三度空間定位達到公分等級的精度，首要步驟即為建立永久參考站網，以便能即時提供高精度之定位。其次，為提供正確模組及有效控制所有誤差源(Guenter Seeber, 2000)。

我們在外業做即時動態定位測量時，倘若施測的範圍過大，往往會因電離層效應而無法精確定位。雖然可經由建立高密度參考站網以提供全面性之 RTK 服務，但是卻極不符合經濟效益。因此，要如何提昇 RTK 定位的效能，擴增即時動態定位技術在中、長距離施測使用，為眾多學者專家研究的方向 (Herbert Landau, 2000a; Ulrich Vollath, 2000; Guenter Seeber, 2000)。目前較可行之方案為發展虛擬參考站(Virtual Reference Stations, VRS)及區域改正參數(Area Correction Parameters, ACP)之技術，以改善即時動態定位在中、長距離時，定位的效能。在德國地區，便實際運用了區域改正參數和 VRS 這兩種方法；使得地籍測量、GIS、航海測量等，即使基線長在 30~50 公里之間，仍可達到公分級即時定位之效能 (Guenter Seeber, 2000)。

所謂 VRS 之觀念，係基於多個 GPS 參考站間連續地經由電話線與控制計算中心連接，而控制計算中心彙整所有參考站資料後，產生區域改正資料庫，藉以計算出任一移動站附近虛擬參考站之觀測資料；而 ACP 的基本觀念，即利用參考站對即時觀測坐標的結果改正。移動站除了要對 PDGPS 之改正外，還要在不同的區域給予不同之改正參數，藉以改正移動站坐標，但其點位必需在三個參考站網內，如此才能藉由簡單之內差法求得該移動站之改正參數。這概念的優點是不需與控制計算中心做連結，只需對三個參考站之中的任一參考站做連結，即可得到移動站所需之改正參數，然後便可對移動站坐標加以改正 (Guenter Seeber, 2000)。

本研究以國立宜蘭技術學校區之控制點做為參考網。在網形內之控制點，先作靜態測量後，再將靜態觀測資料及 VRS 後級處理所得之結果相比較。結果發現運用 VRS 及 RTK 技術在短基線中，其定位結果之差異不大，並且兩者都相當精確。在中、長距離基線網中，以超快速星曆靜態解與由 VRS 所解算之結果相比較後可知 VRS 技術應用在中、長距離時，亦能即時的精確定位。

二、即時動態定位與虛擬參考站技術介紹

(一)即時動態定位(Real Time Kinematic, RTK)

即時動態測量係透過通訊設備將基站的觀測量訊號即時傳至移動站的電腦上，並在動態的狀態下求解相位週波未定值，即時獲得點位坐標。與其他 GPS 測量方法相較，除了具有該 GPS 測量方法的優點外，還具有施測迅速，移動快速，且不需後處理的內業計算工作，因此為目前最廣為使用之衛星測量技術。但是 RTK 施測還是存在著一些缺點，如單一參考站時，參考站與移動站間距之有效的範圍約在 10 公里以下；施測時需依賴單一參考站，因而品質較無保障且侷限於通訊設備等。

因此，高精度即時動態定位技術需要突破兩項瓶頸，以擴展其應用層面。第一項：縮短系統啟動之作業時間；第二項：擴增即時動態定位技術於長距離之應用。增進 RTK 施測效能的可行方法之一，為利用虛擬參考站技術，使參考站之系統誤差得到較好的模組，以降低或消除該系統誤差之影響，進而增加移動站與參考站間之有效施測範圍，且減少 OTF 解算之啟動時間與增加系統之可靠度 (Herbert Landau, 2000b)。

(二) 虛擬參考站技術(VRS)

VRS 的基本觀念係由多個 GPS 參考站之間全天候連續地接收衛星資料，並經由電話線或其他通訊設備與控制計算中心連接，進而控制計算中心彙整所有參考站接收之資料，並產生區域改正之資料庫，藉以計算出任一移動站附近之虛擬參考站的相關資料 (Guenter Seeber, 2000)。在參考站所構成的基線網內，使用者只需在移動站上架設接收儀，並把接收儀所得到的坐標資料，透過手機介面依 NMEA 格式傳回控制計算中心，控制中心在經過解算資料後，便會在移動站傳回之坐標處，以 RTCM 格式給定虛擬參考站之觀測量，進而求得移動站之點位坐標。圖 1 所示為虛擬參考站技術的硬體架構圖 (Herbert Landau, 2000a)。

VRS 的技術使得我們可以不需自己架設參考站，只要在測點撥打手機給控制計算中心，控制計算中心就會算給使用者一個虛擬參考站之相關資料，就彷彿在移動站的附近架設參考站一樣，達到快速、方便及高精度的施測效果。

此外，VRS 技術的應用需藉由控制計算中心作有效的計算處理工作，其主要的工作項目有下列幾項 (Ulrich Vollath, 2000)。

1. 參考站原始觀測量之載入及品質檢驗
2. RINEX 及壓縮 RINEX 資料之儲存
3. 天線相位中心改正(IGS 模式)
4. 系統誤差之模組與計算
5. 移動站虛擬位置相關資料之計算
6. 產生移動站虛擬位置 RTCM 資料
7. 傳送 RTCM 資料至移動站

由此可知 VRS 是以控制計算中心作為核心。需仰賴控制計算中心完成各項計算工作，才能提供有效的即時定位。

三、資料分析與成果

為了探討虛擬參考站技術在 GPS 定位上之應用，因此分別對短基線網和中、長基線網作處理分析。以便了解 VRS 技術於短基線網和中、長基線網的效益。

(一)短基線網之處理分析

係於國立宜蘭技術學院校區之控制點：A1、A13、D1、C、G1 及 06 諸點上施測 GPS。其中在 A13、D1 及 G1 點做靜態觀測，而在 06、A1、C 諸點上則分別施測快速靜態及 RTK 定位測量。

有關點位之分布，如圖 2 所示。並利用 A1、A13、D1、C、G1 及 06 此六個點位之靜態及快速靜態觀測資料產生 VRS 點位之觀測量。使用的計算軟體為 TTC(Trimble Total Control)商用軟體、採用的儀器為 Topcon (JAVAD) 雙頻接收儀，且以每秒接收一筆資料，而接收儀之接收最小仰角設為 10 度。並分別採用廣播星曆 (Broadcast Ephemeris) 及超快速星曆 (IGS Ultra-Rapid Products) 進行靜態解及 VRS 計算。由靜態解及 VRS 解所得之 WGS84 點位坐標，再加上 RTK 測得的點位坐標，一個點位便可以得到五種不同的坐標值。列如表 1 所示。其中 VRS 解則是運用 VRS 技術在測站上產生 VRS 點，再由 VRS 點到測點處的近距離基線做基線處理解算。

由表 1 知，將 VRS 解與 RTK 解相較下。其緯度最大差值為 0.00077 秒，經度最大差值為 0.00055 秒，可知運用 RTK 與 VRS 技術解算時其結果頗為一致。另外將超快速星曆靜態解與廣播星曆靜態解相比較時，緯度之最大差值在 0.00022 秒、經度最大差值在 0.00017 秒，其差值亦微乎其微。故在短基線網時，採用超快速星曆與否，其效益並不顯著。且 GPS 在短距離 RTK 定位上亦相當精確。因短距離基線精度較不受電離層效應之影響，使得 RTK 之定位效

能可達公分級的精度。

(二)中、長基線網之處理分析

實際在中、長距離基線處理上，運用超快速星曆之精度比廣播星曆之精度要高，且超快速星曆亦具有即時性的優點。所以可看出超快速星曆，為 IGS 星曆產品裡重要的發展產品之一（邱鐘霖等，2002）。因此在中、長距離基線處理上，我們直接以超快速星曆之靜態解與 VRS 解做比較分析。為瞭解 VRS 技術在中、長距離上定位之效益，今採用德國慕尼黑附近之 GPS 測網資料來分析，其網形由三個相距約 70 公里的參考站 A、M、H 所組成，而移動站 N 位於距 H 參考站約 32 公里處。其坐標系統採用德國 Bayern12，以每秒接收一筆資料，而接收儀之接收最小仰角定為 10 度。將 A、H、M 設為固定站，以 N 為移動站可產生一虛擬參考站。接著在 X 方向刻意平移 5 公里以產生另一個虛擬參考站。圖 3 所示，為產生不同之 VRS 解示意圖。由虛擬參考站與移動站 N 之基線解，可以解算出移動站處之點位坐標。

而 VRS 後級處理，係以雙頻載波 L_c 整數解（無電離層效應）來計算，以超快速星曆靜態解與由 VRS 所解算之結果相比較，當 VRS 產生在移動站處時，其經度差值為 0.00097 秒（約為 2.91 公分），緯度差值為 0.00017 秒（約為 0.51 公分）若將 VRS 產生在移動站 5 公里處與 VRS 產生在移動站處之計算結果相較，其經度差值為 0.00006 秒（約為 0.18 公分），緯度差值為 0.00002 秒（約為 0.06 公分）。可知即便將 VRS 點延伸至距移動站 5 公里處以解算移動站之坐標時，其結果仍然相當精確。如表 2 所示。

由中、長距離基線網分析結果比較後，可知 VRS 技術能精確定位，且 VRS 為即時性的定位技術，就如同在中、長距離的範圍下施測 RTK，大大的提昇了 RTK 在施測上的有效工作範圍。本文因受限於通訊等設備，故以 VRS 後級處理解算，但實際上移動站加上手機介面，利用 VRS 技術便可即時獲得移動站之點位坐標。就如 RTK 施測一樣之方便、迅速。

四、結果與討論

隨著 GPS 科技之日新月異，測量技術及相關軟硬體設備也日異精進，發展虛擬參考站以提昇 GPS 定位效能，已成為一門值得研究的課題。VRS 領域包含即時與非即時性應用。可以涵蓋土地測量、地籍測量、空中攝影測量、GIS、公共設施服務、機械控制、變形監測、精密農業、水文測量與環境應用等。

在以本校為測區之短距離精度分析比較上，於短距離之量測中，VRS 與 RTK 在定位的精度上沒有明顯的差異，緯度之最大差值在 0.00077 秒（約為 2.31 公分），經度之最大差值在 0.00055 秒（約為 1.65 公分），可知運用 RTK 與 VRS 技術解算時其結果頗為一致。另外將超快速星曆靜態解與廣播星曆靜態解相比較時，緯度之最大差值在 0.00022 秒（約為 0.66 公分），經度最大差值在 0.00017 秒（約為 0.51 公分），差值微乎其微。可知，在短基線網時，採用超快速星曆與否，其效益並不顯著。且 GPS 在短距離 RTK 定位上亦相當精確。因短距離基線精度較不受電離層效應之影響，使得 RTK 之定位效能可達公分級的精度。在中、長距離基線網中，以超快速星曆靜態解與由 VRS 所解算之結果相比較，當 VRS 產生在移動站處時，其經度差值為 0.00097 秒（約為 2.91 公分），緯度差值為 0.00017 秒（約為 0.51 公分）。若將 VRS 產生在移動站 5 公里處與 VRS 產生在移動站處之計算結果相較，其經度差值為 0.00006 秒（約為 0.18 公分），緯度差值為 0.00002 秒（約為 0.06 公分）。可知即便將 VRS 點延伸至距移動站 5 公里處以解算移動站之坐標時，其結果仍然相當精確。可知以 VRS 技術應用在中、長距離時，亦能即時的精確定位。故由資料分析的結果得知 GPS 在短距離 RTK 定位上已經相當精確，在中、長距離的範圍下 VRS 技術能即時的精確定位，方便、迅速且精準，提昇了 GPS 在 RTK 施測上的工作範圍。

目前台灣地區已有許多的衛星追蹤站，如內政部衛星測量中心、中研院地科所及中央氣象局地震測報中心等單位皆自行佈設多個衛星追蹤站，倘能在其控制計算中心建置虛擬參考站處理之相關軟、硬體，除可提供使用者後級

處理之相關資料外，更可提供給使用者多功能即時定位之相關應用。可以預期隨著 VRS 技術之運用和其技術的日趨成熟，將使得在台灣地區的 GPS 定位變的更快速與精確。

五、參考文獻

1. 邱鐘霖、王俊弼、李家伶、崔國強 (2002), 「衛星星曆資料於 GPS 定位精度之效益分析」, 第二十一屆測量學術及應用研討會。
2. Guenter Seeber (2000), "Real-Time Satellite Positioning on the Centimeter Level in the 21st Century using Permanent Reference Stations", The 13th International Technical Meeting September 19-22, 2000, Salt Lake City, Utah, ION GPS2000。
3. Herbert Landau(2000a), "GPS/GLONASS Reference Station Networks"。
4. Herbert Landau(2000b), "Virtual Reference Station Networks --- Recent Innovations by Trimble"。
5. L.P.Fortes (2000), "Testing a Multi ---Reference GPS Station Network for OTF Positioning in Brazil", The 13th International Technical Meeting September 19-22, 2000, Salt Lake City, Utah, ION GPS2000。
6. Ulrich Vollath, Alois Buecherl, Herbert Landau (2000), "Long - Range RTK Positioning Using Virtual Reference Stations", The 13th International Technical Meeting September 19-22, 2000, Salt Lake City, Utah, ION GPS2000。

91 年 09 月 15 日投稿

91 年 10 月 15 日接受

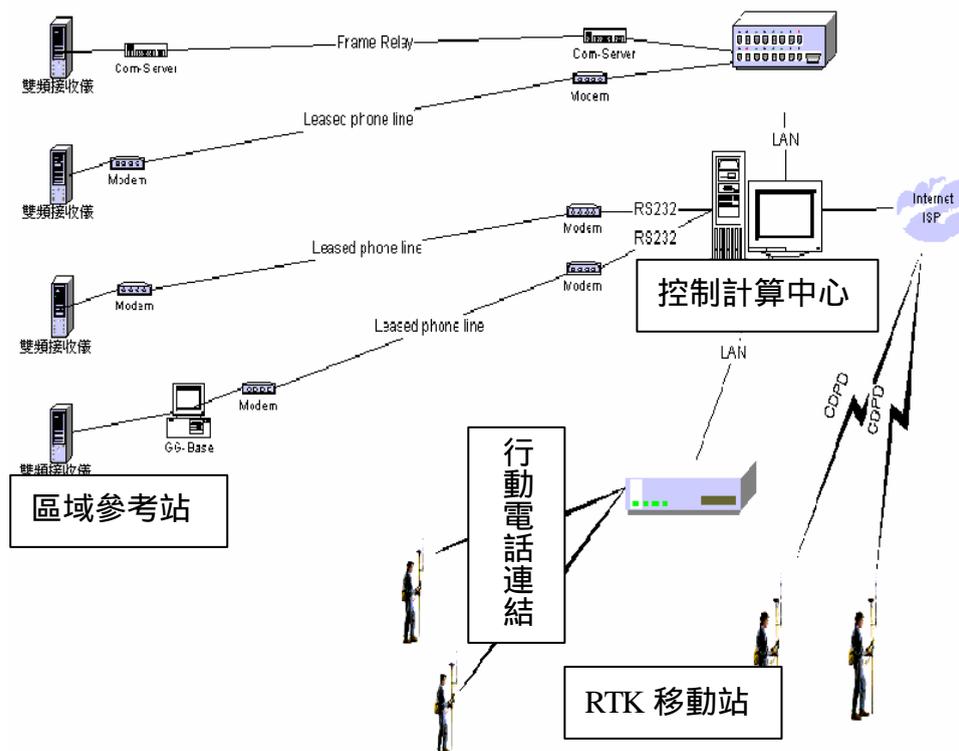


圖 1 虛擬參考站技術的硬體架構圖

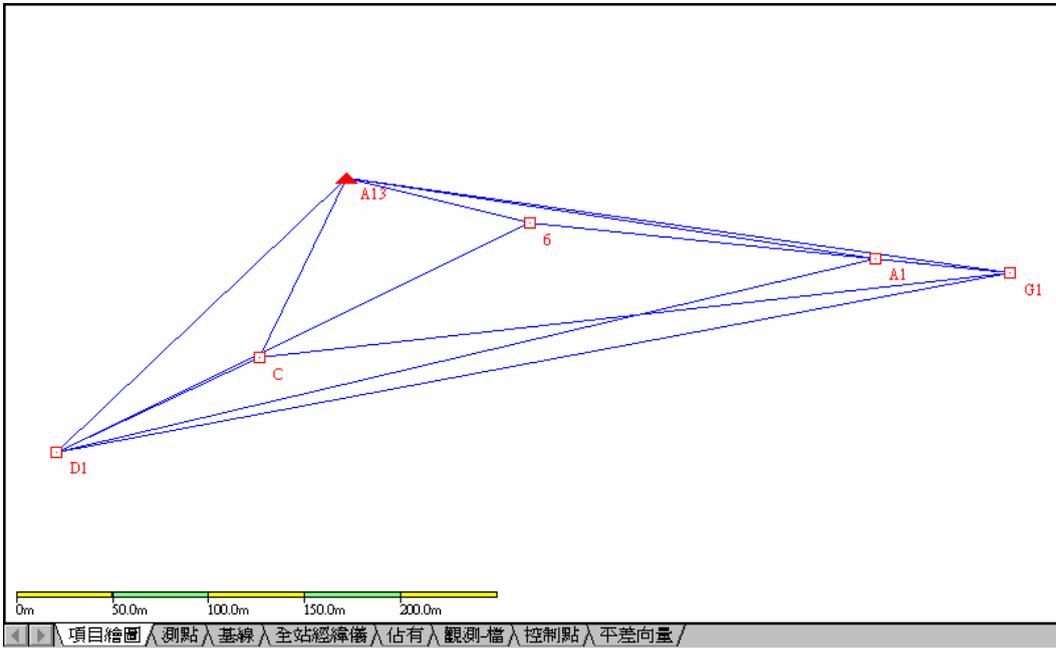


圖 2 國立宜蘭技術學院校區點位分布圖

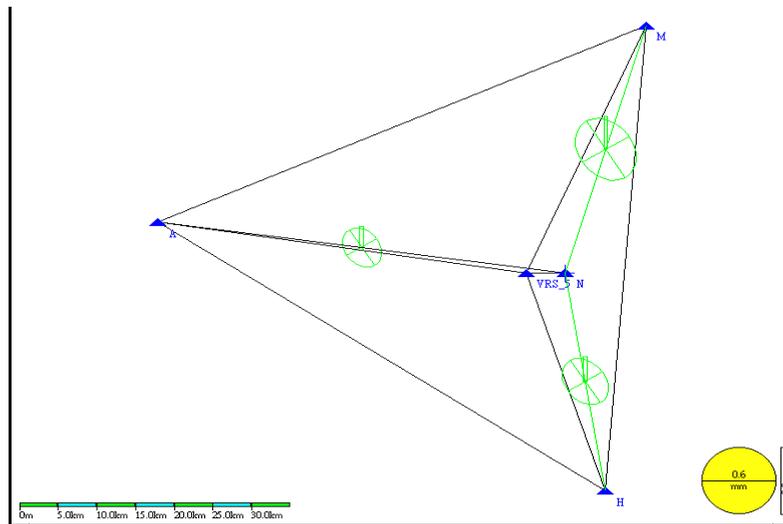


圖 3 產生不同之 VRS 解示意圖

表 1 運用不同解算法求得之點位坐標比較表

點名	坐標解算法	緯度	經度
A1	廣播星曆靜態解	24-44-46.69779	121-44-52.46577
	超快速星曆靜態解	24-44-46.69775	121-44-52.46594
	廣播星曆 VRS 解	24-44-46.69766	121-44-52.46597
	超快速星曆 VRS 解	24-44-46.69775	121-44-52.46594
	RTK 解	24-44-46.69746	121-44-52.46542
C	廣播星曆靜態解	24-44-44.85622	121-44-41.17386
	超快速星曆靜態解	24-44-44.85644	121-44-41.17390
	廣播星曆 VRS 解	24-44-44.85696	121-44-41.17396
	超快速星曆 VRS 解	24-44-44.85699	121-44-41.17399
	RTK 解	24-44-44.85660	121-44-41.17387
06	廣播星曆靜態解	24-44-47.35702	121-44-46.12677
	超快速星曆靜態解	24-44-47.35714	121-44-46.12681
	廣播星曆 VRS 解	24-44-47.35709	121-44-46.12665
	超快速星曆 VRS 解	24-44-47.35712	121-44-46.12681
	RTK 解	24-44-47.35723	121-44-46.12636

表 2 N 點之超快速星曆靜態解及不同 VRS 解坐標之比較表

不同解算法	緯度	經度
超快速星曆靜態解	48° 18' 33.47980"	11° 38' 58.11558"
VRS_0 公里解	48° 18' 33.47963"	11° 38' 58.11461"
VRS_5 公里解	48° 18' 33.47961"	11° 38' 58.11467"