

全國性電子化 GPS 衛星定位基準站即時動態定位系統之建置

Setting A Real-Time Kinematic (RTK) System of National e-GPS Base Stations

王敏雄¹

Wang Min-Shiung

劉至忠²

Liu Chih-Chung

李彥弘³

Lee Yehn-Hung

摘要

由於網際網路及無線數據通訊傳輸技術蓬勃發展，GPS 衛星定位測量方法及成果資料之計算處理，已由後處理演進為近即時性之定位模式。GPS 即時動態定位 (Real-Time Kinematic, RTK) 技術具有操作簡便、施測快速及可達公分級精度等優點，但因受限於定位系統誤差及無線電通訊距離與干擾影響，使得移動站與基準站間之距離，僅限於數公里範圍，方能獲得公分級精度。內政部土地測量局為擴大 RTK 有效作業範圍，同時降低主站布設密度，已規劃透過網際網路高速、寬頻之數據傳輸技術，預定於九十五年度前完成建置全國性電子化 GPS (e-GPS) 衛星定位測量基準網，就其連續定位觀測資料，建構區域性定位誤差內插模式，並配合虛擬基準站 (Virtual Base Station, VBS) 即時動態定位技術，獲得高精度的定位成果，提供多目標定位服務及加值應用。

關鍵字：電子化 GPS 衛星定位基準站、虛擬基準站、即時性動態定位

ABSTRACT

Because of the vigorous development on the Internet and radio data communication transmission technology, the GPS (Global Positioning System) technique and the computation processing have improved to near real-time positioning mode. For example, the Real-Time Kinematic (RTK) technology has the operation to be simple, fast and may reach to centimeter precision. Due to the effect and disturbing on the satellite positioning system error and the radio data communication transmission range, the effective range of centimeter precision is several kilometers only between the base and rover stations. For expanding the effective range and decreasing the density of base stations, Land Survey Bureau, Ministry of the Interior (LSB) will have set up a national regional e-GPS base stations network by 2006. In order to obtain high precision position result and provide multi-goals positioning service with plus value application, the system will be involved regional position error interpolating mode and Virtual Base Station (VBS) technique.

Keywords : e-GPS Base Station、Virtual Base Station (VBS)、Real-Time Kinematic (RTK)

王敏雄¹ 內政部土地測量局 技正

劉至忠² 內政部土地測量局 課長

李彥弘³ 內政部土地測量局 副局長

壹、前言

隨著衛星定位測繪技術的快速發展，人們對快速高精度位置資訊的需求也日益強烈。而目前使用最為廣泛的高精度定位技術就是即時動態定位 RTK，RTK 的關鍵技術在於使用 GPS 的載波相位觀測量及 OTF (On-The-Fly) 快速求解整數週波未定值，並透過差分的方式消除移動站觀測資料中的大部分誤差，從而實現高精度(公分級)的定位。但在理論及實務的應用中，遇到的最大問題就是 RTK 主站定位誤差改正資料的有效作用距離，即 GPS 定位誤差的空間相關性，係隨主站和移動站距離的增加而逐漸失去線性，因此在較長距離下，經過差分處理後的移動站資料仍然含有很大的殘餘誤差，從而導致無法正確解算載波相位的整數週波未定值(Integer Ambiguity)，及降低定位精度，其雖可經由建立高密度 RTK 主站網以提供全面性之 RTK 定位服務，但是卻極不符合經濟效益。因此，為了保證獲得預期的定位精度，傳統單主站 RTK 的作業距離都非常有限，大約都在數公里的基線長度以內。

電子化 GPS 衛星定位基準站(以下簡稱基準站)即時動態定位技術[曾清涼 2002,]運用網際網路數據傳輸，將多個基準站組成的 GPS 網絡來估計區域性的定位系統誤差，隨作業距離增長而逐漸衰減的單主站 GPS-RTK 定位誤差已被區域型的 GPS 網絡定位誤差所取代，且此種網絡型的定位誤差可藉由數學內差模式，解算 GPS 網絡覆蓋地區任意 RTK 使用者所在位置的定位系統誤差，再透過無線數據傳輸技術如泛歐式數位行動電話系統 (GSM) 或整合封包無線電服務技術 (GPRS) 進行基準站與移動站間定位資料傳輸後，即可進行即時性動態定位。此時，用來進行 RTK 動態定位的資料，並不是某個實際基準站的觀測資料，而是一個經過系統誤差即時內插修正的虛擬基準站(VBS)觀測數據，直接進行一”超短基線”之 RTK 差分定位求解，即可徹底消除系統誤差，提高定位成果精度。這種電子化、網絡化的 RTK 定位技術稱為虛擬基準站即時動態定位技術 (VBS-RTK)，其不僅具有大量節省基準站建置的密度與成本之經濟效益，更可有效提升 RTK 使用者的作業範圍及產能。圖 1 顯示在相同作業範圍內單主站 RTK 與 VBS-RTK 覆蓋區域之比較；圖 2 則說明 VBS-RTK 的作業概念。

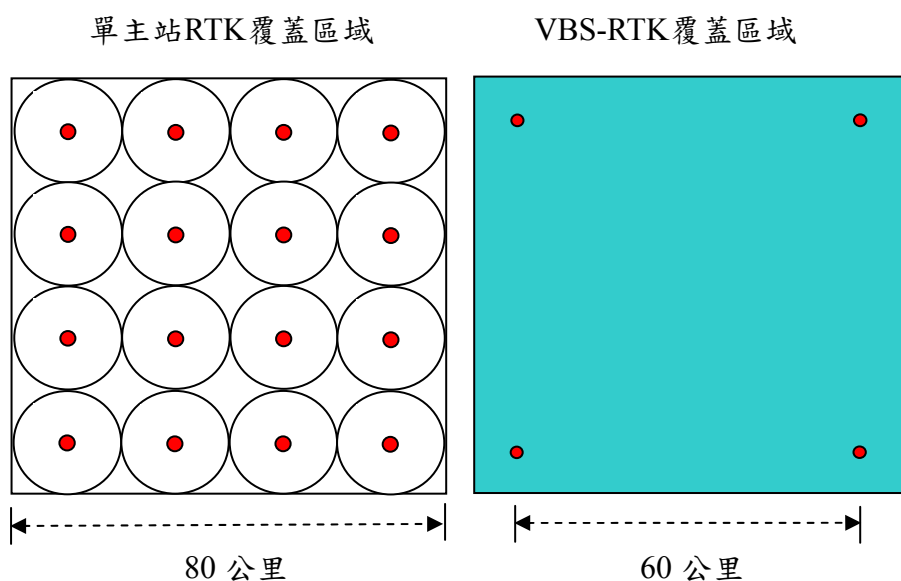


圖 1 相同範圍內單主站 RTK 與 VBS-RTK 覆蓋區域示意圖

[參考來源：成都加訊科技網頁]

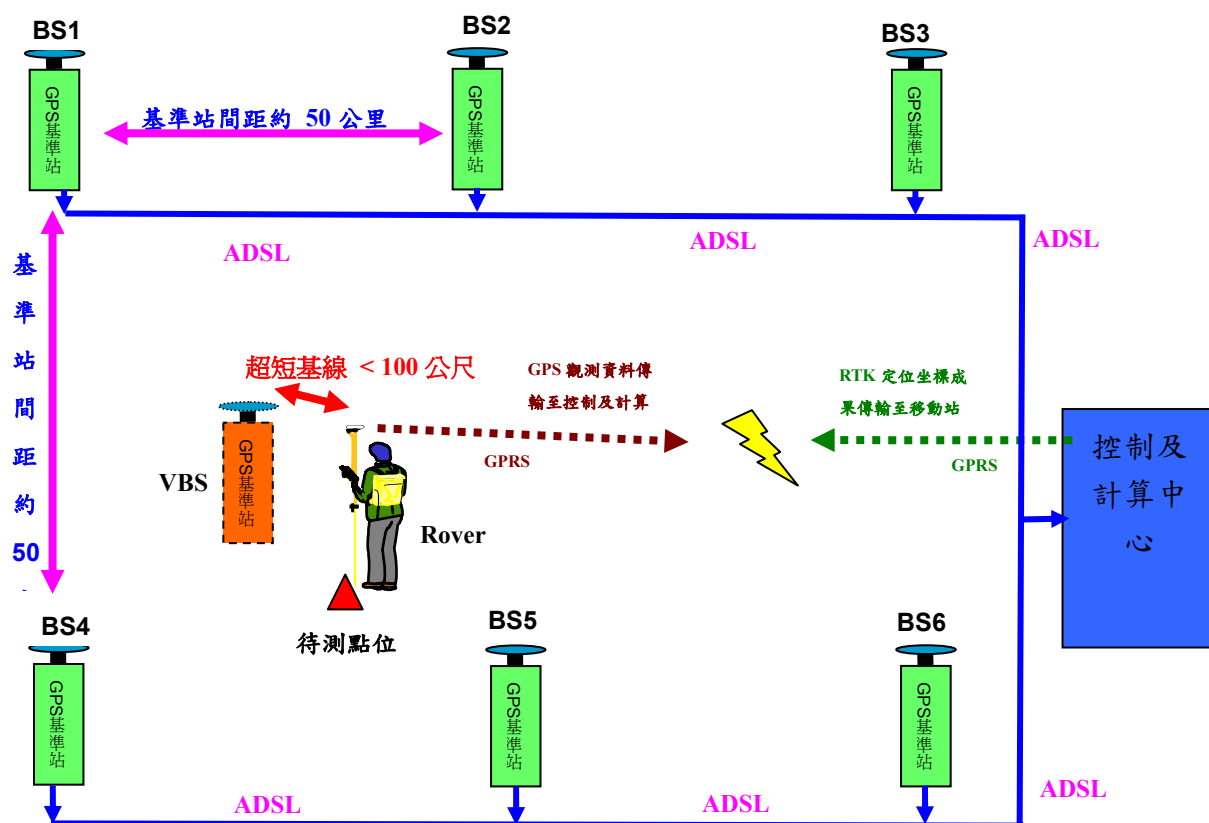


圖 2 VBS-RTK 作業概念示意圖

貳、e-GPS 即時動態定位系統之基本組成

一、GPS 衛星定位基準網包括：

- (一) 連續性 GPS 原始觀測資料蒐集。
- (二) 以網際網路(Internet)將衛星定位基準站連續性 GPS 原始觀測資料傳輸至控制及計算中心。

二、控制及計算中心包括：

- (一) 衛星定位基準站遠端監控及資料品管、儲存與計算處理。
- (二) 組成 VBS 虛擬觀測資料。
- (三) RTK 定位坐標計算。
- (四) 以 GSM 或 GPRS 技術將 RTK 定位坐標成果傳送至移動站。

三、移動站包括：

- (一) 下載移動站 GPS 原始衛星觀測資料。
- (二) 以 GSM 或 GPRS 技術將移動站 GPS 原始衛星觀測資料傳輸至控制及計算中心。

參、e-GPS 即時動態定位系統之加值應用

一、非即時性定位應用包括：

- (一) 測量基準訂定。
- (二) 國家坐標系統維護。
- (三) 各級基本控制點測設。
- (四) 地殼變形監測。
- (五) GPS 精密軌道計算。
- (六) 地球科學、大氣科學等學術研究。
- (七) 其他加值應用。

二、即時性定位應用包括：

- (一) 工程測量。
- (二) 細部測量(界址、地形、海測)。
- (三) 資源踏勘及調查。
- (四) 輔助決策(環境監測、農業發展...)。
- (五) 民生及旅遊諮詢服務。
- (六) 載具導航定位。
- (七) 車輛派遣與監控。
- (八) 其他加值應用。

肆、e-GPS 即時動態定位系統之先期規劃

內政部土地測量局為因應測繪科技進步及業務職掌推動，配合 e-政務提升國家競爭力，而有建置全國性 e-GPS 衛星定位基準站即時動態定位系統之構想，以提供訂定測量基準、維護國家坐標系統、計算 GPS 精密軌道、地球科學及大氣科學學術研究、發展長距離即時動態定位系統及其他多目標定位服務與加值應用。故在系統先期規劃與研發方面，業於 92 年度委託財團法人成大研究發展基金會完成「臺灣 e-GPS 電子基準站規劃設計及測試分析」先期規劃外，研發成果包括：

一、VBS-RTK 理論分析與可行性評估。

二、系統雛形架構之規劃。

三、基準站最佳間距測試。

四、研發中文化 VBS-RTK 核心技術軟體(NetRTK)，其主要功能包括：

- (一) 可讀取各衛星定位基準站 GPS 原始觀測資料。
- (二) 以 Kalman Filter 技術求解各衛星定位基準站間觀測基線二次差整數週波未定值。
- (三) 推求系統誤差改正量。
- (四) 系統誤差量內插計算。
- (五) 產生虛擬觀測資料。

五、規劃臺灣地區 e-GPS 衛星定位基準網。

圖 3 為該基金會提出 VBS-RTK 定位技術解算流程；圖 4 顯示 e-GPS 即時動態定位系統之雛形架構。

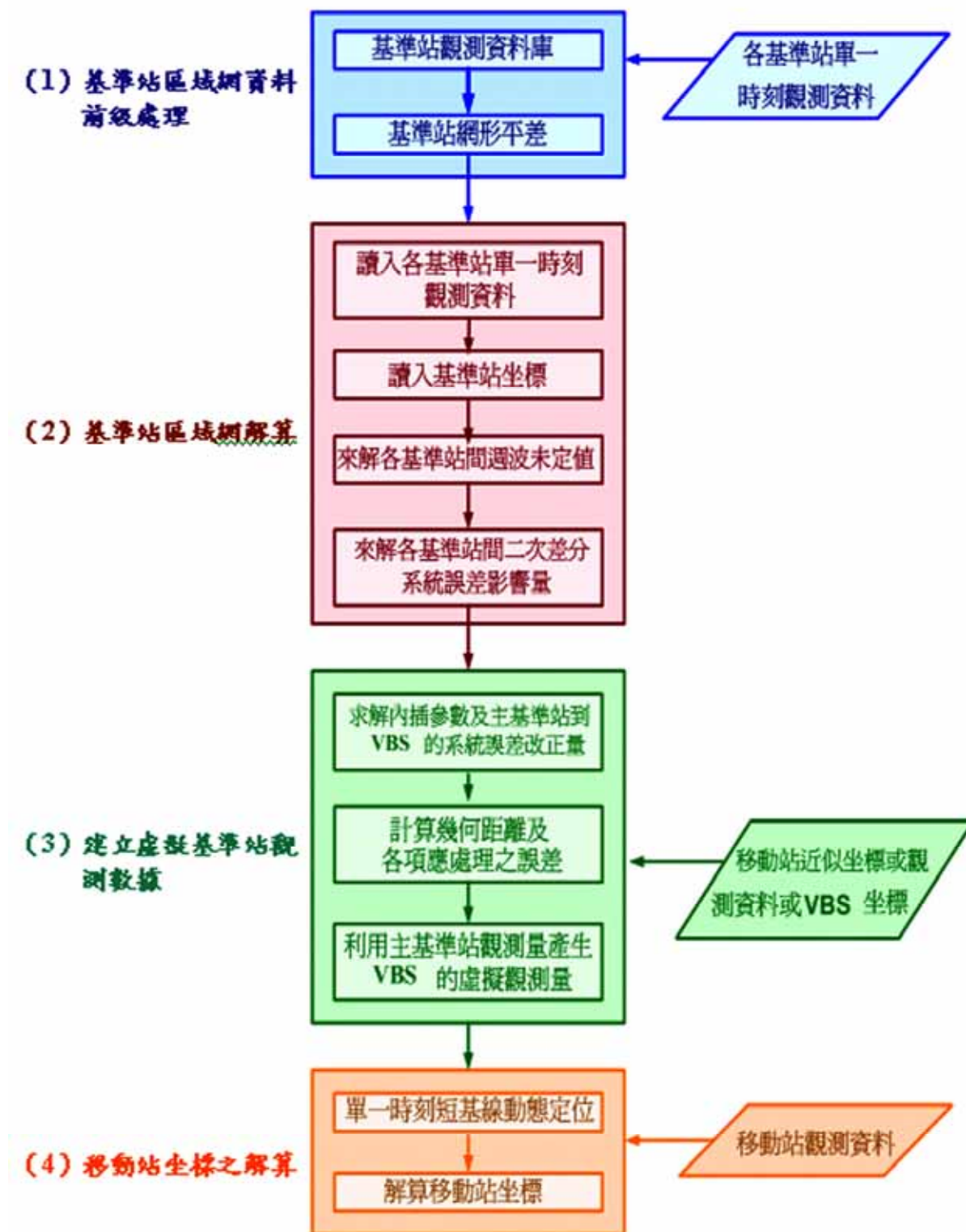


圖3 VBS-RTK定位技術解算流程圖

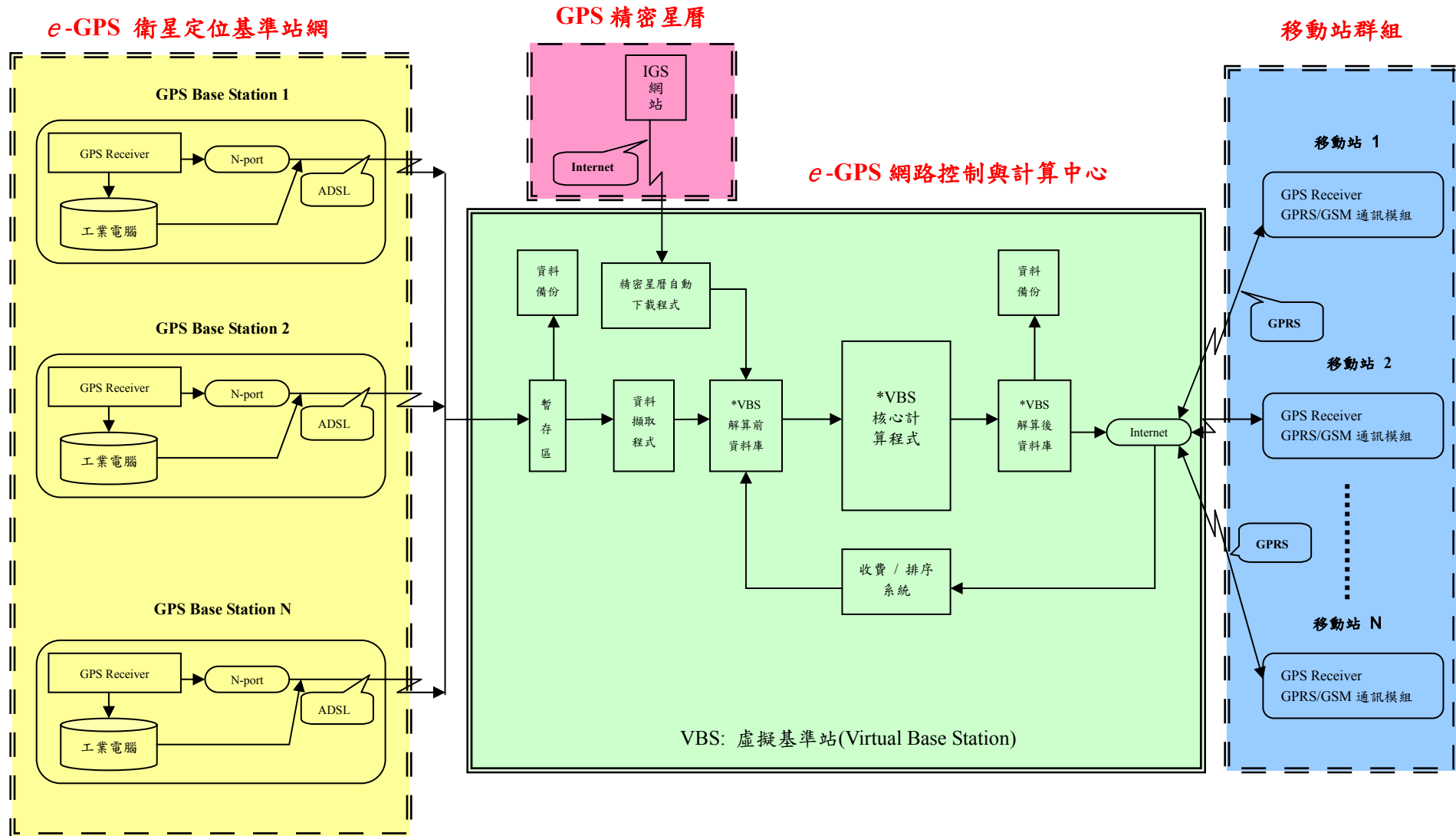


圖 4 e-GPS 即時動態定位系統雛形架構圖

伍、e-GPS 衛星定位基準站之建置

一、規劃全國性 e-GPS 衛星定位基準網：

有關全國性 e-GPS 衛星定位基準網之建置，按財團法人成大研究發展基金會研究成果，基準站最佳間距以不超過 50 公里為原則，準此，內政部土地測量局已自 93 年度起編列經費辦理全國性 e-GPS 衛星定位基準站建置工作，其中 93 年度建置臺灣北部地區計 21 處，目前相關建置工作已積極辦理中，預計於 93 年 12 月完成；94 年度規劃建置臺灣南部地區計 18 處；至澎湖縣及福建省金門縣、連江縣等離(外)島地區計 11 處基準站，則視實際需求及計畫經費核定額度於 95 年度另行規劃。圖 5 顯示土地測量局規劃建置之全國性 e-GPS 衛星定位基準網分布情形。

- 93 年度 建置臺灣北部地區
- 94 年度 建置臺灣南部地區
- 95 年度 建置離(外)島地

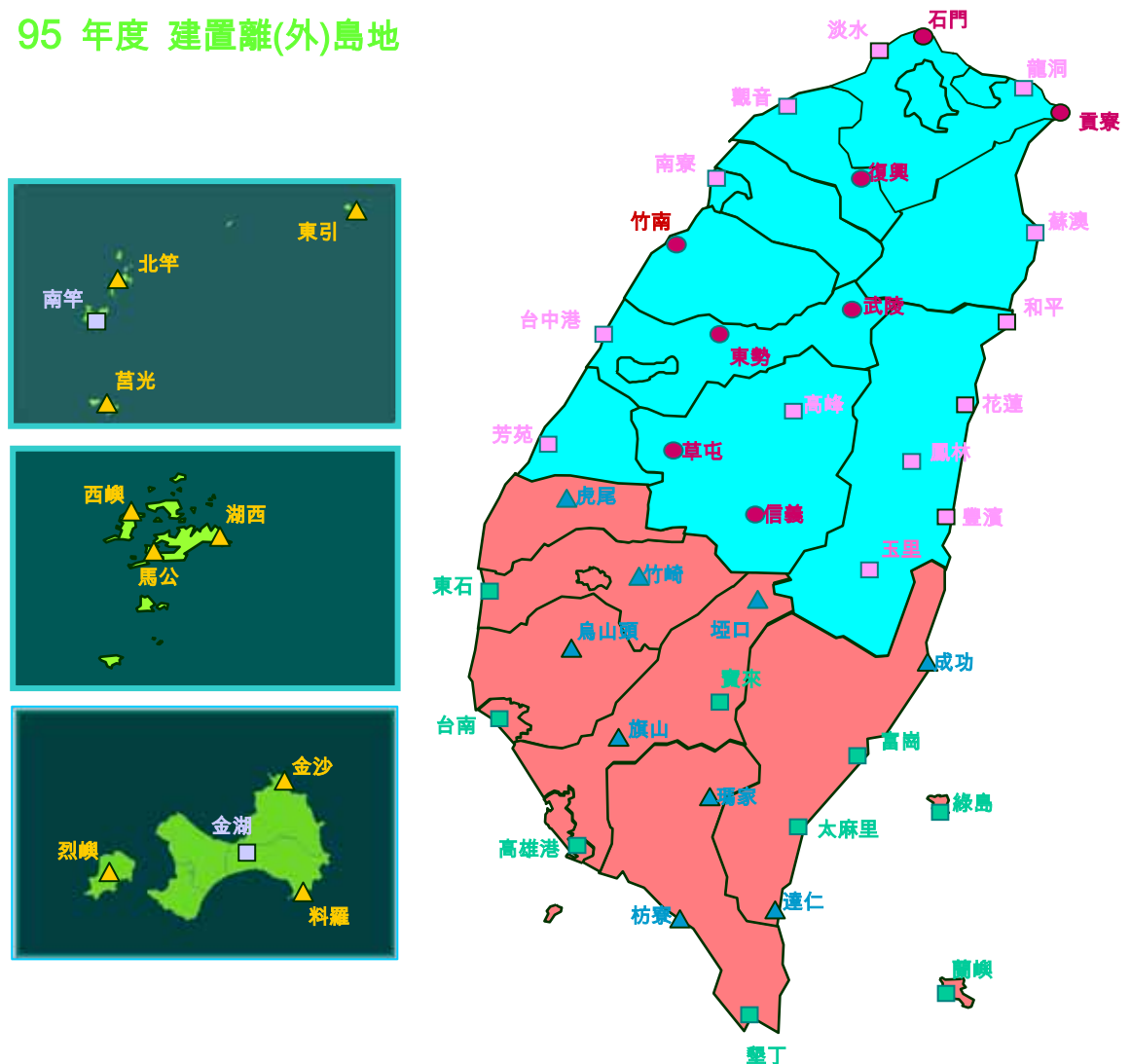


圖 5 全國性 e-GPS 衛星定位基準網分布圖

二、e-GPS 衛星定位基準站之基本設備：

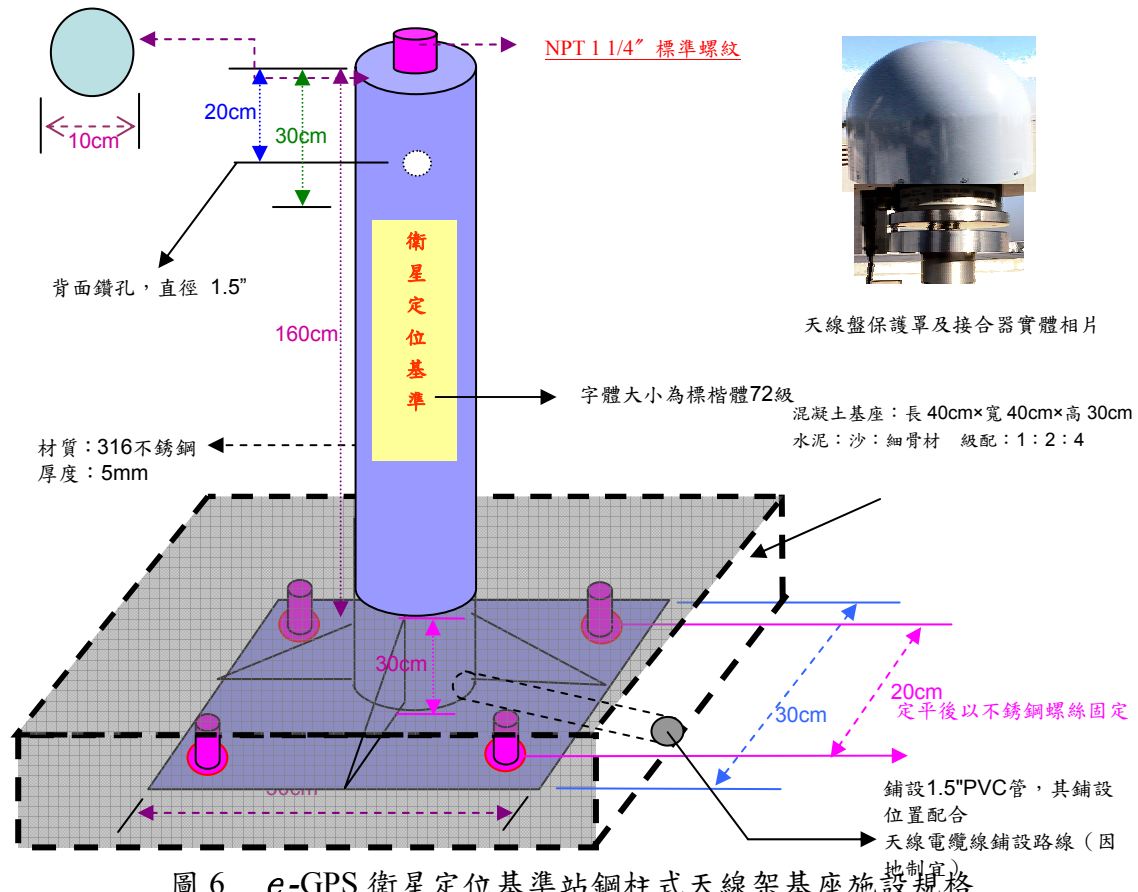
GPS 衛星定位基準站因須具備 24 小時全天候連續接收衛星觀測資料，且因分散於全國各地，無人看管，故為確保基準站持續運作，實地建置時，所需之主要基本設備應包括：

- (一) 連續運作追蹤站型 GPS 衛星定位接收儀，93 年度新建之衛星定位基準站採用 Trimble NetRS 型衛星定位接收儀。
- (二) GPS 天線架基座，委託廠商依規格施作架設。
- (三) 儀器機櫃，用以承裝各類硬體設備。
- (四) 資料儲存及備份設備，採用工業級電腦。
- (五) 網際網路數據傳輸設備，採用中華電信公司提供之 ADSL 路由器 (ATU-R)。
- (六) 天線及電源避雷裝置。
- (七) 不斷電系統，採用一組智慧型充電器及 60 安培充電電池。
- (八) 保全監視系統，採用攝影機即時監視儀器運作及保全事宜。

依據上述基準站選址原則，九十三年度除已協調內政部地政司衛星測量中心、交通部中央氣象局、中央研究院地球科學研究所及花蓮縣政府等機關提供 13 現有基準站 1Hz 之衛星觀測資料外，另新選台北縣水產種苗繁殖場、石門鄉立體育館、桃園縣介壽國中、苗栗縣竹南地政事務所、台中縣東勢地政事務所、武陵農場、南投縣草屯地政事務所、信義國中等 8 處基準站，目前除內政部地政司衛星測量中心設置於台北龍洞及淡水等二處基準站，因位於碼頭港岸設施，尚須與港務管理單位連繫協調，暫時無法申裝 ADSL 網際網路線路外，其餘各項儀器基本設備、天線架基座、網路接線及電力供應管線等，均已採購並架設完竣。表 1 為內政部土地測量局 93 年度臺灣北地區 e-GPS 衛星定位基準網規劃及建置情形；圖 6 為內政部土地測量局 93 年度新建 e-GPS 衛星定位基準站鋼管式天線架基座施設規格；圖 7 為鋼柱式天線架基座架設及儀器機櫃主要基本設備之實景相片。

表 1 93 年度臺灣北地區 e-GPS 衛星定位基準站規劃及建置情形一覽表

序號	所在地點	設置機關	接收儀廠牌及型號	網際網路線路種類及頻寬	備註
1	台北縣貢寮鄉龍洞南口公園	內政部	Trimble 5700	協調中	現有站
2	台北縣淡水鎮漁人碼頭	內政部	Trimble 5700	協調中	現有站
3	新竹市南寮漁港	內政部	Trimble 5700	ADSL 1M/64KB	現有站
4	台中縣台中港	內政部	Trimble 5700	ADSL 2M/512KB	現有站
5	花蓮縣鳳林鎮鳳林地政事務所	內政部	Topcon OdysseyRS	ADSL 2M/512KB	現有站
6	花蓮縣花蓮市地籍測量隊	花蓮縣政府	Trimble 5700	ADSL 雙向 512KB	現有站
7	花蓮縣玉里鎮玉里地政事務所	花蓮縣政府	Trimble 5700	ADSL 雙向 512KB	現有站
8	花蓮縣豐濱鄉	花蓮縣政府	Trimble 5700	ADSL 1M/64KB	現有站
9	桃園縣觀音鄉 (KYIN)	中央氣象局	Trimble 5700	原設網路線路	現有站
10	彰化縣芳苑鄉 (FUAN)	中央氣象局	Trimble 5700	原設網路線路	現有站
11	宜蘭縣蘇澳港 (SUAO)	中央氣象局	Leica 500	原設網路線路	現有站
12	花蓮縣秀林鄉和平 (HUAP)	中央氣象局	Trimble 5700	原設網路線路	現有站
13	南投縣仁愛鄉高峰 (KAFN)	中研院地球所	Trimble NetRS	ADSL 1M/64KB	GPS 接收儀由土測局置換
14	台北縣石門鄉立體育館	土地測量局	Trimble NetRS	ADSL 2M/512KB	新設站
15	台北縣貢寮鄉水產種苗繁殖場	土地測量局	Trimble NetRS	ADSL 2M/512KB	新設站
16	桃園縣復興鄉介壽國中	土地測量局	Trimble NetRS	ADSL 2M/512KB	新設站
17	苗栗縣竹南鎮竹南地政事務所	土地測量局	Trimble NetRS	ADSL 2M/512KB	新設站
18	台中縣東勢鎮東勢地政事務所	土地測量局	Trimble NetRS	ADSL 2M/512KB	新設站
19	台中縣和平鄉武陵農場	土地測量局	Trimble NetRS	ADSL 2M/512KB	新設站
20	南投縣草屯鎮草屯地政事務所	土地測量局	Trimble NetRS	ADSL 2M/512KB	新設站
21	南投縣信義鄉信義國中	土地測量局	Trimble NetRS	ADSL 2M/512KB	新設站



追蹤站型 GPS 衛星定位接收儀



工業級電腦



網路攝影機



天線避雷裝置



電源避雷裝置



ADSL 路由器 (ATU-R)



智慧型充電器



充電電池



儀器機櫃



圖 7 鋼柱式天線架基座架設及儀器機櫃主要基本配備實景相片

陸、e-GPS 控制及計算中心之建置

e-GPS 控制及計算中心建置於內政部土地測量局地籍資料庫四樓資訊機房，目前已採購建置之主要軟硬體設備如下：

一、硬體設備：

- (一) CISCO 2651 XM 型中階路由器 (Router) 二部，用以連接 T1 數據專線與網路交換器及硬體式防火牆之連結裝置。
- (二) CISCO WS-C3750G-24TS 型高速路由乙太網路交換器一部，做為網路線路分線至各伺服器使用。
- (三) 42U 型標準機架 (Rack) 二個，用以承裝各類硬體設備使用。
- (四) IBM X235 型中階伺服器四部，配備 Windows 2003 Sever 作業系統平台，用以儲存、管理及計算處理各類資料使用。
- (五) Top View KVM-1080 型主機螢幕切換器一部，用以切換各伺服器或電腦等設備使用。
- (六) ELDON-MAX10000 型不斷電系統(UPS)一部。
- (七) 硬體式防火牆 (Firewall) 一部 (採購中)，用以維護資訊數據安全。

二、軟體設備：

- (一) 衛星定位基準站遠端控制及資料下載軟體，其主要功能如下：
 1. 依設定執行計算中心與基準站接收儀間之連線，自動傳輸觀測資料。
 2. 進行資料傳輸時，衛星接收儀內部記憶體仍須正常儲存觀測資料。

3. 九個基準站遠端控制執照 (License)，預計 96 年度擴增至 80 個以上。
4. 自動或手動下載資料過程中，不會中斷衛星訊號之接收、傳輸與儲存。
5. 自動將下載觀測資料轉換成 RINEX 格式。
6. 即時監控遠端任一 GPS 衛星定位接收儀狀態及設定衛星接收儀作業所須之各項條件，如有效觀測截角 (Cutoff Angle)，接收訊號取樣間隔 (Sampling Interval) 等。
7. 自動檢核、管理、貯存原始及處理後觀測的資料。

(二) VBS-RTK 定位計算軟體：

1. 系統誤差改正量及內差計算。
2. 產生虛擬觀測資料。
3. VBS-RTK 定位成果解算。

圖 8 顯示 *e*-GPS 控制及計算中心主要硬體設備實物相片，圖 9 為 *e*-GPS 控制與計算中心機房配置情形。



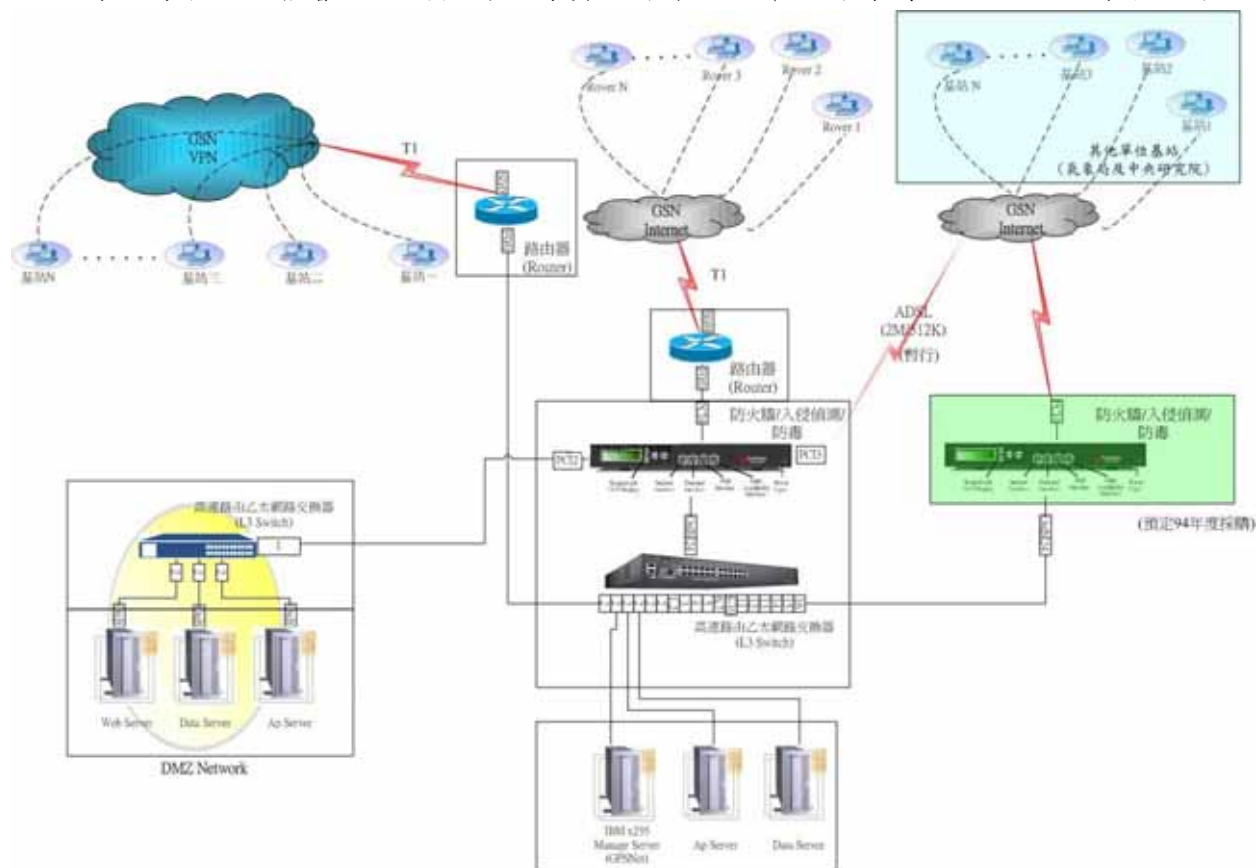
圖 8 *e*-GPS 控制與計算中心主要硬體設備實物相片



圖 9 *e*-GPS 控制及計算中心機房配置情形 (建置中)

柒、e-GPS 網路系統之建置

e-GPS 衛星定位基準站即時動態定位系統網路架構，基於系統資料傳輸之即時性需求及不影響土地測量局現有資訊作業之正常運作等情況下，係規劃採用獨



立架構方式建置；至控制及計算中心與及各基準站網路線路之申裝，則採用政府網際服務網（GSN）虛擬專用網路（VPN）架構。目前土地測量局控制及計算中心計架設 T1 專線二條及 ADSL（2M/512K）專線一條，並採 VPN 架構模式連接各基準站。圖 10 顯示 e-GPS 衛星定位基準站即時動態定位系統網路架構。

圖 10 e-GPS 即時動態定位系統網路架構圖

捌、e-GPS 移動站 GPS 衛星資料之下載與傳輸

移動站 GPS 衛星資料下載及傳輸程式，係於個人數位助理（PDA）Pocket PC Win CE 3.0 作業系統下執行，其具有使用者登入功能、GPS 衛星定位接收儀下載功能、設定計算中心傳輸埠功能及資料傳輸功能等，部分操作畫面如下圖 11：

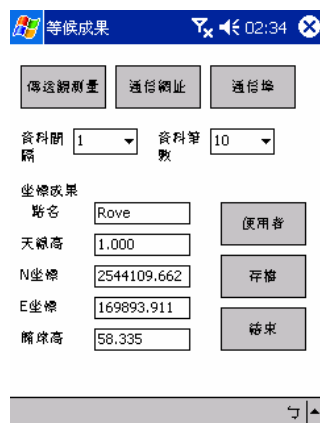


圖 11 移動站 PDA 資料下載及傳輸程式操作畫面

玖、未來發展方向

- 一、擴充及維護 *e*-GPS 衛星定位基準站即時定位系統軟硬體設備，包括強化系統功能、定期監視故障排除及軟硬體之維修與汰換。
- 二、擴增 *e*-GPS 衛星定位基準站即時定位系統功能，包括 GPS 靜態基線與網形平差自動化解算服務子系統、廣播式差分 GPS (Differential GPS, DGPS) 定位服務子系統、資料申購計費子系統及架設系統專用網站等。
- 三、針對 VBS-RTK 解算模組之二次差分之系統性誤差之解算模式，目前仍採用被動模式，即移動站提出需求後，再由控制及計算中心計算 N 值及系統誤差量，此法將降低定位服務資料處理時間效能及同一時間之使用者人數。後續將再配合成大研究團隊，將其修正為主動模式，即由控制及計算中心隨時且即時計算 N 值及系統誤差量，備供組成虛擬觀測量，進行 VBS-RTK 計算使用，以提高系統運作效能。
- 四、為因應 *e*-GPS 衛星定位基準站即時定位系統正式營運後，VBS-RTK 使用人數遽增造成系統負載與定位服務效能需求，擬規劃就 *e*-GPS 衛星定位基準站的分布與網路架構，建置分散式及多主機的控制及計算中心，甚至建立主機託管機制，將系統主機架設於網路節點上。

拾、結語

- 一、全國性 *e*-GPS 衛星定位基準站即時動態定位系統，採用 VBS-RTK 定位技術，可獲得高精度的定位成果，提供多目標定位服務與加值應用，且使用者僅須單人攜帶移動站接收儀及輕便的掌上型處理器 (如 PDA) 與無線數據傳輸裝置 (如 GPRS 手機)，可即時獲得公分級的定位精度並提升各項細部測量作業。
- 二、93 年度臺灣北部地區 *e*-GPS 衛星定位基準網相關建置工作，目前均已順利建置完成，感謝內政部地政司衛星測量中心等機關提供現有 GPS 衛星追蹤站或連續觀測站連續觀測資料及天線、機房等設施。94 及 95 年度規劃建置臺灣南部及離(外)島地區計 29 個基準站，屆時仍請相關單位惠予支持與協助。

拾壹、參考文獻

- 一、成都加訊科技網頁。
- 二、曾清涼，2002，虛擬衛星即時動態擴增系統 *e*-GPS 研究，國立成功大學 90 年度暑假研究報告。
- 三、內政部土地測量局，2003.12，台灣 *e*-GPS 電子基準站規劃設計及測試分析期中報告，台中；執行單位：財團法人成大研究發展基金會，計畫主持人：曾清涼教授。
- 四、內政部土地測量局，2004.4，台灣 *e*-GPS 電子基準站規劃設計及測試分析期末報告，台中；執行單位：財團法人成大研究發展基金會，計畫主持人：曾清涼教授。