

e 世代 GPS 在定位技術的發展趨勢

Recent Trends in e-GPS Positioning Techniques

林老生

Lao-Sheng Lin

國立政治大學地政學系

臺北市文山區指南路二段六十四號

e-mail: lslin@nccu.edu.tw

摘要

全球定位系統(Global Positioning System, GPS) 為美國國防部於二十幾年前所發展之人造衛星導航系統。當初規劃, GPS 為軍事用之導航系統, 然而由於科技進步, 以及許多民間研究單位的研發, 使得 GPS 的相關軟硬體改良許多, 進而開拓 GPS 的應用領域。此外, 美國政府於 2000 年對於 GPS 系統的現代化提出重大宣告, 如將民用導航頻道由現有之單一 (L1) 頻道, 增加為三個導航頻道, 而且預計於 2013 年新的 GPS 系統開始運作。

值此知識經濟時代, 除了應瞭解 GPS 的發展現況, 更應明白 GPS 的未來發展方向, 以充分利用 GPS 相關技術於國土空間資訊收集。因此, 本文將就下列幾個子題加以探討 e 世代 GPS 在定位技術的發展趨勢:

- 1、GPS 的現代化政策及具體作為
- 2、蘇俄的 GLONASS 導航系統現況
- 3、歐洲的 GALILEO 導航系統發展計畫
- 4、GPS 的應用發展趨勢, 如透過網際網路做 GPS 資料處理、數位天使等

ABSTRACT

Global Positioning System (GPS) is a satellite-based navigation and positioning system

developed and maintained by Department of Defense, U.S.A. There are a lot of trends in GPS positioning techniques at the beginning of 21 century, such as the 'modernization' of the GPS, the GALILEO proposal, etc. Those mega-trends will improve GPS positioning accuracy and quality. In addition, confluence of mobile communications, computing, positioning and Internet will fuel new mass markets in location-based services. Hence, issues such as GPS modernization, GLONASS, GALILEO, Digital Angel, Enhanced 911, Web-Based GPS Processing, etc., will be addressed in this paper.

關鍵詞 (Keywords)

全球定位系統 (Global Positioning System, GPS)

增強 911 (E911, Enhanced 911)

數位天使 (Digital Angel)

網基 GPS 定位 (Network-Based GPS Positioning)

網路基 GPS 資料處理 (Web-Based GPS Processing)

一、前言

全球定位系統(Global Positioning System,

GPS) 為美國國防部於二十幾年前所發展之人造衛星導航系統。當初規劃, GPS 為軍事用之導航系統, 然而由於科技進步, 以及許多民間研究單位的研發, 使得 GPS 的相關軟硬體改良許多, 進而開拓 GPS 的應用領域。此外, 美國政府於 2000 年對於 GPS 系統的現代化提出重大宣告, 如將民用導航頻道由現有之單一 (L1) 頻道, 增加為三個導航頻道, 而且預計於 2013 年新有的 GPS 系統開始運作。

值此知識經濟時代, 除了應瞭解 GPS 的發展現況, 更應明白 GPS 的未來發展方向, 以充分利用 GPS 相關技術於國土空間資訊收集。因此, 本文將就 GPS 在定位技術及應用的發展趨勢加以探討。GPS 的現況與現代化, 將於第二章介紹。第三章則介紹由前蘇聯所發展的類似 GPS 之 GLONASS 系統, 和由歐盟所提出預計於 2008 年完成的 GALILEO 人造衛星導航定位計畫。GPS 的最新定位及應用的發展趨勢, 如數位天使、網路基的 GPS 資料處理等, 則將於第四章討論。最後, 有關的結論則於第五章介紹。

二、GPS 現況與現代化

2-1、GPS 現況

整體而言, GPS 系統共由三個主要部分所組成: (1) 太空部分, 由 24 顆人造衛星所組成, 每一顆人造衛星隨時以兩個頻道 (L1/L2) 的定位電碼向地球廣播; (2) 控制部分, 主要由分布在各地的幾個地面控制站及控制中心所組成, 主要負責人造衛星軌道觀測、預估, 人造衛星運作狀況監督, 人造衛星軌道參數上傳等任務; (3) 使用者部分, 主要是指 GPS 接收機, 其目的在於接收 GPS 人造衛星的廣播訊號, 進而確定接收機所在的地理座標或位置。

GPS 人造衛星是以兩個頻道 (L1/L2) 的定位電碼向地球廣播, 因此, 如果依照接收機

接收訊號的型態, 可以大致分為兩類: 單頻接收機與雙頻接收機。單頻接收機只能接收 L1 頻道的觀測量, 如 L1 載波相位、P1 或 C/A 虛擬距離。雙頻接收機除了能接收 L1 頻道的觀測量之外, 也可以接收 L2 載波相位、P2 虛擬距離。其中, P1、P2 虛擬距離屬於美軍及其盟軍專用的電碼, 一般民用接收機無法接收。

利用 GPS 的定位方式, 概略可分為兩類: 絕對定位及相對定位。所謂絕對定位, 就是使用一部接收機, 接收 4 顆 (含) 以上的人造衛星訊號, 利用人造衛星的軌道元素可以計算人造衛星在太空的空間座標, 再加上所接收人造衛星的虛擬距離觀測量, 就可以隨時計算接收機的地理位置 (即為所謂的導航定位), 這也是 GPS 當初發展的主要目標之一。由於受到系統誤差 (如人造衛星軌道誤差、時鐘差、電離層延遲等) 的影響, 絕對定位的精度約在數十公尺左右。所謂相對定位, 至少必須要使用兩部 (含) 以上的接收機, 其中一部接收機必須擺設在一個已知座標的觀測站上。因此, 相對定位所用的資料處理方法, 就是所謂的差分方法。經過差分處理之後, 大部分的系統誤差都已經被消除掉, 所以可以提高定位精度, 如果所用的觀測量是載波相位, 那麼定位精度可以達到公分級。

2-2、GPS 現代化

如前所述, 目前民用的導航電碼 (就是所謂 C/A 電碼或是虛擬距離) 只開放在 L1 頻道; 根據美國國防部未來的 GPS 將有以下幾個現代化措施: (1) 除原有 L1 C/A code 外, 新增兩個民用的導航電碼訊號 (所謂第二及第三民用電碼: L2 C/A code and L5); (2) 增加訊號功率 (increased radiated power) [Rizos, 2000]。

預計在 2003 年發射的 GPS Block IIF 人造衛星將擁有第二民用電碼, 而預計在 2005 年發射的 GPS Block IIF 人造衛星將擁有第二及

第三民用電碼。以目前 GPS 人造衛星的補充速度估計，在 2010 年左右所有三個民用電碼將可以有初步運作的能力，估計到 2013 年則可以全面運作。

由於 GPS 的現代化，預期會對於整個 GPS 導航定位帶來重大的影響，如 (1) 利用三頻(triple-frequency)載波相位的相對定位，將可於瞬間(instantaneously)達到公分級精度，(2) 多頻 GPS 接收機(如測量製圖用)的價格可望下降，因為 L2 和 L5 的訊號將不加碼，(3) 將軍用與民用電碼分開，有利於 GPS 系統的管理，(4) 由於硬體價格的下降、品質與可靠度的增加，將會促進 GPS 有關的產品與服務的發展與提昇。

三、GPS 與 GLONASS、GALILEO 的關係

3-1、GLONASS 現況

GLONASS (Global Navigation Satellite System)，是由前蘇聯所發展的類似 GPS 系統的導航系統 [Besser, 1997]。整個系統由位於 19,100 公里上空的 24 顆人造衛星(分布於三個軌道面)所組成。於 1996 年全面運作，但是目前只剩 8 顆正常運作的衛星。2000 年 10 月 13 日發射 3 顆新的人造衛星。未來動向未明：縮減預算、與中國合作或是與歐盟合作則未知。目前，已有幾家公司開發可以同時接收 GPS 和 GLONASS 訊號的接收機。

3-2、GALILEO 計畫

GPS 和 GLONASS 系統，基本上為軍事導航定位需要所發展的系統，雖然這兩種系統也開放民間使用，但是，他們具有以下重大缺點：(1) 他們無法保證、也沒有義務確保整個系統涵蓋全球各地；(2) 可靠度不確定，例如，某顆人造衛星有訊號錯誤發生，系統無法立即通知用戶；再者，有時訊號的傳輸也不可

靠，例如在都會區等；(3) 點位精度約在 70 到 100 公尺之間。基於以上理由，歐洲聯盟 (European Union) 提出伽利略計畫 (GALILEO project)，並得到歐洲太空總署 (European Space Agency, ESA) 支持，希望能於 2008 年完成一個民用的人造衛星導航定位系統(預計發射的 GALILEO 人造衛星高度約 20000 公里)，可以改進上述 GPS、GLONASS 的缺點，同時提供精密、可靠、安全的導航與定位服務 [GALILEO, 2001]。

換句話說，完成後的 GALILEO 系統，將會讓每一個人只要使用小巧便宜的接收機，就可以知道他或她的位置在數公尺的精度內(目前 GPS 單點定位精度在數十公尺)。此外，比 GPS 更好的地方，就是 GALILEO 提供完全可靠的系統，保證連續的傳遞訊號給用戶。

根據 GALILEO 計畫，到了 2010 年將為大眾日常生活中的數百種應用帶來好處，預期將會如同行動電話般對人們日常生活帶來革命性改變。未來 GALILEO 可以提供 5 到 10 公尺的即時定位精度，而且保證其訊號將涵蓋全球，所以它的服務將分成三個等級：(1) 等級一為基本服務，免費的，主要提供給廣大民眾使用，特別是一般休閒活動，如騎車、步行、帆船等導航定位應用。(2) 等級二屬於訂購服務(局部限制萃取)，主要供需要高精度與品質保證的商業或是職業的導航定位應用等。

(3) 等級三也屬於訂購服務(高度限制萃取)，主要是提供免受干擾、以及免受安全威脅的高精度、高品質的導航定位服務。

3-3、GPS 與 GLONASS、GALILEO 的關係

經由前面分析可知，基本上現有的 GPS 和 GLONASS 分別由美國及蘇俄政府出資管理的人造衛星導航定位系統，而未來的 GALILEO 人造衛星導航系統則將由歐盟以及私人企業出資經營。而且，相對於 GPS 和 GLONASS，GALILEO 提供分級付費服務(除

了等級一是免費之外)，確保導航定位的精度和可靠度。

因此，GPS、GLONASS 及 GALILEO 三者對於使用者而言，將會是利多的現象，目前已有可以接收 GPS、GLONASS 訊號之整合型接收機問世。未來預期有更多的整合型接收機得以發展，以便接收 GPS、GLONASS 及 GALILEO 訊號。同時由於整合型接收機的問世，可以改進定位的功效（例如，於市區的導航定位應用中，由於增加人造衛星數，提高定位的成功率），提供更可靠的導航資訊，以確保生命安全。另外，導航定位“positioning”將變成一種很普通的功能，由此促進許多相關的發明。

四、GPS 在定位技術及應用的發展趨勢

4-1、數位天使

美國的 Applied Digital Solutions (ADS)公司於 1999 年宣稱已獲得一項迷你數位無線電收發機 (a miniature digital transceiver)，叫做【數位天使】(Digital Angel)。數位天使是綜合無線電通訊、網路、定位（如 GPS 定位）、感應器等高科技的產物 [Digital Angel, 2001]。

數位天使是一個資訊管理系統，它可以萃取佩帶者的個人生命資料（如體溫和脈搏）、精密的方向與位置資訊，同時將這些資訊以無線方式傳輸給一個整合的網際網路地面站 (Internet-integrated ground station)。數位天使的訂購者，如看護、父母、醫護人員、緊急救難人員等，可以透過網路或是電話經由數位天使傳送系統 (Digital Angel Delivery System) 即時的得到上述生命資料與位置資訊。

早期產品著重於失憶老人與兒童等兩方面，主要是拯救生命(save lives)。這類產品，

大小如一般手錶，或是如呼叫機，預計於 2001 年 10 月開始供應。產品價格約 300 元美金以下，外加每月的服務費(\$19.95 - \$49.95 per month)。

數位天使的感應器有：(1) 脈搏、溫度感應器 (用熱感應偵測) (2) GPS 接收器 (3) 慣性儀與陀螺儀 (solid-state accelerometers and gyroscopes) (用以作慣性追蹤，以感應佩帶者的姿勢和步伐，尤其當佩帶者進入收不到 GPS 訊號的大樓時，可以持續提供位置資訊)

4-2、E911

美國聯邦通訊委員會 (Federal Communications Commission, FCC) 的無線電 911 法規在於提昇無線 911 服務的可靠度、並且提供位置資訊給緊急救難人員，如此，就難人員可以更快確定 911 撥叫人員的位置，並提供必要的協助。為了達此目的，FCC 已經要求所有無線電的載具，按照既定條件與時程提供「增強 911」(Enhanced 911, E911) 的服務 [FCC, 2001]。

基本 911 法規要求所有無線載具(wireless carriers)能夠將所有 911 撥叫訊息傳輸到「公共安全回答點」(Public Safety Answering Point, PSAP)。因為，許多無線 911 撥叫都是來自善心人士報告車禍、犯罪、或是其他緊急事件等。能夠將這些緊急事件的撥叫立即傳輸給公共安全部門，對於大眾生命與財產安全的保障大有助益。根據統計（以美國為例），1995 年有 3 千 4 百萬手機用戶。一年之內有 2 千萬無線 911 呼叫。現在，2001 年，有 1 億 1 千 6 百萬手機用戶，而一年之內有 5 千萬無線 911 呼叫。此外，全國的 911 呼叫當中就有 30% 是利用無線手機呼叫的。

FCC 於 1996 年邀及無線電有關業者與公共安全有關單位協商後所作的決議，制定無線增強 911 規定，要求無線電載具（手機）傳輸 911 呼叫，而且使用定位技術可以將 911 呼叫

者的位置資訊給 911 呼叫中心 (the 911 call center)。

E911 計畫分成兩個階段實施：(1) 第一階段，自 1998 年 4 月 1 日開始，要求所有無線電服務者能將 911 呼叫者的電話號碼與接收到 911 呼叫的基地台位置提供給「公共安全回答點」(Public Safety Answering Point, PSAP) (2) 第二階段，自 2001 年 10 月 1 日起開始，發售具有「自動位置判定」(Automatic Location Identification, ALI)功能(如使用 GPS 定位技術)的手機。到 2002 年 12 月 31 日止，所有新的數位手機都應具有 ALI 功能。於 2005 年 12 月 31 日前，所有無線電服務者應要求其 95% 的顧客都備有 ALI 功能的手機 [Surge, 2001]。

「自動位置判定」(ALI) 的精度標準：如果使用手機式定位 (handset-based solutions)，67% 的呼叫位置精度在 50 公尺以內，95% 的呼叫位置精度在 150 公尺以內。

4-3、網基 GPS 定位

網基 GPS 定位 (Network-Based GPS Positioning)，就是利用 GPS 接收機擺設在已知座標的地面控制網上，實施連續觀測，透過通訊網路將控制網的 GPS 資料傳輸至控制中心，經過資料處理後，可以將網內的 GPS 系統誤差分離出來，再透過通訊網路將有關系統誤差改正量傳給使用者，以提高使用者的定位精度。典型的網基 GPS 定位服務為差分 GPS (DGPS) 定位，例如美國的海岸防衛局 (U.S. Coast Guard) 所提供海上船艦導航定位的 DGPS 服務，其服務距離約 100 到 200 公里。

由於電腦網際網路的發達以及無線電手機的普及，使得網基 GPS 定位的技術更進步，而應用層面更加普遍。現在介紹其中兩類：網基 RTK 和美國國家大地測量局 (National Geodetic Survey, NGS) 的 CORS 計畫。

4-3-1、網基 RTK

傳統的即時動態 GPS 測量 (Real-Time Kinematic GPS, RTK GPS)，需要一部接收機擺在已知地面座標的控制點上 (固定站)，另外一部 (或是一部以上) 的活動接收機擺在待測點上 (活動站)，透過無線電傳輸，活動站的 GPS 觀測量即時的傳給固定站的電腦，經過一段時間 (約數分鐘) 的處理後 (所謂的初始化，initialization)，求解所謂的載波相位之整數模糊參數，固定站把這些整數模糊參數傳給活動站接收機，如此，活動站就可以實施即時動態定位。由於受到系統誤差 (如電離層延遲) 的影響，以及無線電傳輸距離的限制，傳統的 RTK 測量，固定站與活動站的距離不會太遠 (約十公里以內)。所以，如果作業區域比較大的話，那麼必須常常更換固定站，作業上顯有不便之處，而且萬一固定站的座標有誤，也不容易察覺。

針對傳統 RTK 的缺點，而有網基 RTK (Network-based RTK) 技術的提出。網基 RTK 的特點有：(1) 以網狀的控制點，取代單站的控制點，因此，整個測區的 GPS 系統誤差可以加以模式化，並加以分離；(2) 利用模式化的系統誤差，產生所謂的虛擬參考站 (Virtual Reference Stations, VRS)，這些虛擬參考站很靠近活動站；(3) 活動站透過無線電手機與控制中心聯繫，取得虛擬參考站的資訊，以實施即時定位。根據研究顯示，利用網基 RTK 技術，固定站與活動站的距離可以延長到 70 公里，而且初始化時間由 300 秒降低到 150 秒 [Trimble, 2001]。

4-3-2、美國 NGS 的 CORS 計畫

美國國家大地測量局 (National Geodetic Survey) 的連續運作參考站 (continuously operating reference stations, CORS) 計畫包含兩類：國家 CORS 系統 (National CORS System) 和合作 CORS 系統 (Cooperative CORS System) [Snay, 2000; Prusky, 2001]。

國家 CORS 系統，是由全美地區約 180 個以上的參考站所組成，這些參考站都由 NGS 管理及維護並裝有雙頻 GPS 接收機，每天 24 小時接收人造衛星訊號。參考站的資料經由通訊網路傳到 NGS，經資料處理後，將參考站的地面座標放在 NGS 的網站上全天候的供民眾萃取。至於合作 CORS 系統，則由擁有固定參考站的加盟單位（如學校、其它政府單位）維護管理，參考站的座標資料（必須合於 NGS 的精度要求）僅於上班時間對外提供。

一般民眾透過網際網路，就可以獲得靠近測區或測站的 CORS 資料，以實施資料處理。就美國地區的使用者而言，CORS 計畫對於測量精度與經費都有很大的助益。例如，作業前就可以上網瞭解哪些 CORS 的控制點靠近測區，因此，減少資料收集級處理的時間，進而提高定位的精度。此外，利用此技術，只要一個人持單一 GPS 接收機就可以實施相對定位了，因為有了 CORS 參考點資料就不需要派另外一個人到控制點上擺站。

4-4、網路基 GPS 資料處理

以前要作 GPS 相對定位，至少要兩部以上的接收機，外加一套 GPS 資料處理程式。然而，有了 CORS 的觀念，單部接收機也可以作相對定位。同時，由於網際網路的發達，目前已經有好幾個單位提供免費的網路基 GPS 資料處理(Web-Based GPS Processing)服務，例如美國加州理工學院 JPL 的 Auto Gipsy Precise Point Positioning Service，美國大地測局的 OnLine Positioning User Service (OPUS)，澳洲測量與土地資訊局的 AUSLIG Online GPS Processing Service 等 [Craymer, 2001; Rizos, 2000]。

使用者只要遵照這些提供網路基 GPS 資料處理服務單位的規定，透過網路將需要處理的 GPS 觀測量傳到這些單位，通常 10 到 15 分鐘就可以得到待求點的點位座標，根據觀測

時間的長短、是否使用精密軌道、資料的採樣率等因素，點位精度可以達到公厘至公分級。例如，以 AUSLIG Online GPS Processing Service 為例，一次可以接受 7 個 RINEX 檔案資料，若是單站的一天資料，約需要 15 分鐘的處理時間，平面精度約為 1 公分，而高程精度則約為 1 到 2 公分。

五、結論

當初全球定位系統 (GPS) 的發展，主要是為了軍事上的導航定位需要，然而經過十幾年的研究發展，GPS 定位測量與我們的日常生活的關係越來越密切。而由前面的介紹可知，GPS 的發展隨著新世紀的來臨，結合電腦網際網路以及無線電技術，使得 GPS 的定位技術與應用發生很大的變化。因此，綜上所述，得到以下幾點結論：(1) 未來 20 年，美國將負起 GPS 現代化的責任，同時，到了 2013 年將有三個民用電碼供即時定位使用；(2) 新的衛星導航系統，如歐盟的 GALILEO 系統將持續發展，而且定位精度可望比 GPS 高；(3) 有了 GLONASS 及 GALILEO 等人造衛星導航系統，可以輔助或增強 GPS 的定位功能，進而促使即時定位裝備的開發與應用；(4) 由於網際網路及無線電的普及，使得網路基 GPS 定位與網路基 GPS 資料處理更方便，因此，改變傳統 GPS 作業型態，也提高 GPS 的定位精度與應用範疇；(5) 由數位天使與美國 E911 的例子，使我們瞭解到 GPS 定位的應用已經和日常生活息息相關，同時，也可以預期未來將有更多類似的產品會被開發出來。

六、參考文獻

- [1] Besser, J. (1997), GPS/GLONASS Receivers. Satellite Navigation Technology 1997 and Beyond, Sydney, Australia, 8-10 April.

- [2] M. Craymer, <http://www2.geod.nrcan.gc.ca/>, 2001.
- [3] Digital Angel , <http://www.adsx.com>, 2001.
- [4] FCC, SHEET–FCC wireless 911 requirements, <http://www.fcc.gov/e911/>, 2001.
- [5] GALILEO, <http://www.galileo-pgm.org>, 2001.
- [6] J. Prusky, The cooperative CORS program, Professional Surveyor, January 2001.
- [7] C. Rizos, Where does GPS go from here? New positioning technologies and applications. GPS/GIS showcase, Singapore, 22 November 2000.
- [8] R.A.Snay, The national and cooperative CORS systems in 2000 and beyond, Proceedings of ION-GPS-2000, 19-22 September, Salt Lake City, UT, USA, pp. 55-58, 2000.
- [9] T.J Surge, <http://www.fcc.gov/e911/>, 2001.
- [10] Trimble, Network RTK positioning using Virtual Reference Stations (VRS), <http://www.trimble.com>, 2001.