

全球衛星導航系統 (GNSS) 理論與應用研究總計畫 (2/3)

Researches in the Theory and Application of Global Navigation Satellite System (GNSS) (2/3)

計畫編號：NSC-89-2212-E-002-080

執行時間：88 年 8 月 1 日至 89 年 7 月 31 日

主持人：張帆人

台灣大學電機系教授

一、中文摘要 (關鍵詞：GLONASS、GPS、INS、擴增系統、整合)

衛星導航之技術已趨成熟，故其應用的範圍也相當普遍。昔日，只有國防、航太等高科技載具才講究的定位與軌跡運算，目前已迅速擴散到和日常生活息息相關的汽車導航、路徑推薦等。GPS 一詞對許多現代人來說，已逐漸成為常識了。受到此一成功經驗的鼓勵，以及避免過度依賴美國，越來越多的國家都已經或預備自行發展導航衛星。本整合型計畫為期三年，以全球衛星導航系統中美國的 GPS 和俄國的 GLONASS，以及慣性系統、擴增系統為研究對象；探討整合多種導航系統時所需之理論與可能的應用。我們共有五個子計畫。其重點分別為：(1)全數位 GPS/GLONASS 展頻接收機架構，(2)網路式廣域差分修正擴增系統，(3)GPS 與 INS 之資訊整合應用於無人載具，(4)GPS/GLONASS 載波相位對精度的改善與(5)將衛星導航系統中的時間同步訊息應用於雙迴路輸電線保護電驛。

Abstract (Keywords: GLONASS, GPS, INS, Augmented System, Integration)

The Technology of satellite navigation

has been matured. The applications are widely spread also. Previously, the positioning and trajectory determination are considered only for those high-tech defense or aerospace vehicles. Now, the navigation skills are often appeared in daily life automobile guidance and route recommendation, etc. GPS becomes a common term for most people. Many nations have developed or try to develop their own satellite navigation systems due to the success of GPS and the fears of GPS completely controlled by US government. The duration of this group research project is 3 years. We emphasize on the theory and application of the integrations of GPS (US) and GLONASS (Russia), GPS and INS (Inertial Navigation System), and GPS and Augmented Differential System. We have 5 subprojects in total. (1) Digital GPS/GLONASS spread spectrum receiver, (2) Networked wide area differential augmented system, (3) Data fusion of GPS/INS for unmanned vehicles, (4) GPS/GLONASS carrier phase applications to precise positioning and (5) GPS time synchronization technology for reliability improvement of power systems.

二、緣由與目的：

GPS 與 GLONASS 都是 1970 年代美國與俄國著手規劃的全球衛星導航系統。GPS 的進展較為順利，其應用也廣為大眾熟悉。GLONASS 系統則受到俄共垮台，經濟崩盤的影響，目前仍在艱苦奮鬥中。該系統正常運轉所需的二十四顆衛星迄今尚未補足。值得注意的卻是，俄國系統的性能並不遜色，譬如說：GLONASS 的定位精度是 30 公尺 (GPS 為 20 公尺)，GLONASS 的時間同步精度是 30 奈秒 (GPS 為 20 奈秒)。一個導航系統如果同時兼具處理 GPS 和 GLONASS 的能力，除了精度的改善外，還可以獲得減少遮蔽，增加可靠度等優點。此外，歐盟正積極籌設伽利略(Galileo)導航衛星群，而對岸的大陸也於 2000 年底和 2001 年初，兩度發射實驗型導航衛星，其名稱為北斗導航衛星群。故本整合型計畫所探究的雙衛星導航(子計畫一與四)是前瞻的。此外，完備的導航系統會採用所有可能獲得的訊息，故網路式廣域差分修正(子計畫二)和 GPS/INS 之融合(子計畫三)均為當前熱門的研究題目。精準的時間同步是所有無線電導航系統得以成功的關鍵。子計畫五所研究的，正是利用這個特質來提高電力系統傳輸線的可靠度。

三、研究方法與成果

總計畫之主要任務是建立一個包括五位教授和三十餘位博、碩士生的研究團隊。為了完成這個目的，在行政支援方面，我們協助採購設備、協調資源分配和共享等。在經驗交流方面，我們每週召開師生聚會，技術討論等。在對外發展方面，我們鼓勵成員參加學術研討會、亦主動舉辦研習會、邀請廠商參訪等。

至於各子計畫的進展，均各自有書面報告。在此僅簡略概述相關的成果如下：

子計畫一：本研究之主要目的為模擬與設計全數位 GPS/GLONASS 展頻接收機。為接收美國之 GPS 和俄國之 GLONASS 衛星訊號，設計一共用之類比射頻/中頻(RF/IF)前端電路，再利用類比數位轉換器，將訊號轉換成基頻數位訊號。此數位訊號經 BPSK 直接序列解展頻器後，可將傳送之衛星資料解出。解展頻器中因同步的要求，須設計載波回復迴路(Costas Loop)，與 PN Code 搜尋及追蹤迴路(Acquisition/Tracking Loop)來達到同步的目的。此接收機使用 FPGA Chip (Altera Flex 10K)設計序列滑動相關器(Serial Sliding Correlator)與數值控制振盪器(NCO)數位電路。並利用 TI TMS320C6201 數位信號處理器來完成同步所需之訊號處理運算。

子計畫二：傳統 DGPS 的方法，常常受限於修正量可用性的範圍。WADGPS(Wide Area DGPS)保有傳統 DGPS 所能夠提供的效能，而且還減少了參考站到使用者的距離和精確度之間的相關性，足以提供廣大的服務範圍。本計畫中我們利用了無線數據與網際網路的特性，設計了一個適合多 DGPS 修正站的 WADGPS 架構，將多個修正站的差分修正量透過網際網路傳遞至一基地站後，再由基地台利用公眾之數據通信網路，傳送給廣域之使用者，使用者修正後之位置亦能傳回基地站後再透過網路顯示於其他之地圖監控程式。實驗的結果證實了系統的可用性。另一方面，本計畫亦首度採用了 10Hz 的載波相位 DGPS 定位於實際電動模型車的速度及位置控制，經過模型辨識與控制設計，達成效果優良的定速/循速與定位控制。

子計畫三：無人載具之導航感測器有許多種，例如 GPS、慣性導航系統(Inertial Navigation System, INS)、羅盤等。不同元件的特性也是不同的。例如，GPS 適用於低頻環境，而 INS 則適用於高頻環境。爲了整合不同的感測器，卡曼(Kalman)濾波器是一個有效的演算法。然而，卡曼濾波器的一些難處，例如初值之設定，以及需要獨立雜訊的假設條件，往往不易克服。本研究提出初值，如誤差協方矩陣、雜訊協方矩陣的設定步驟。此外，協方矩陣交集的觀念，可以解決資訊相依的問題。從無人載具的實驗結果顯示，我們所提出的演算法，比傳統卡曼濾波器更爲強健。

子計畫四：GPS 或 GLONASS 系統的定位原理大致相同，整合雙衛星系統時，首先需注意座標系統、時間系統與載波頻率上的差異。座標系統上需作 PZ-90 與 WGS-84 的座標轉換；時間系統需考慮兩時間系統間的差值；而使用載波相位時，則需考慮其頻率代號方能轉換至正確的距離差。實驗過程中，我們需利用接收機內涵的三種指令，選擇以對齊 GPS 系統時間指令解決時間對齊問題；選取適當的間距方法，解決 GLONASS 衛星位置精準度的問題；至於疊代所用之時間不定的問題，則需藉由引用前次所計算的結果來加以改善。

我們利用 GNSS-300 接收機，成功完成整合 GPS 與 GLONASS 雙衛星系統的定位成果，並作以下的各種實驗：在靜態定位實驗上，我們做了單機定位 (SA 開啓、SA 關閉) 和雙機定位實驗，包括利用電碼、載波與相位平滑電碼三種觀測量所對應的演算法。在動態定位實驗上，所用的載具包括推車和自動尋軌車，所使用的演算法皆爲載波觀測量之處理。推車實驗中用了雙機，可解算載具之運動軌跡。自動

尋軌車實驗中用了三機，除了載具之運動軌跡，還得到了載具車首線之角度。

從以上實驗中所獲得數據，以比較單獨收錄 GPS 衛星、GLONASS 衛星或整合後雙衛星定位實驗數據間的差異。同時經電腦程式處理分析，驗證整合雙衛星系統的定位精準度，確實比單獨收錄 GPS、GLONASS 衛星系統的定位精準度改善很多。此外，整合後亦能增加測距源亦即增加可視衛星數目，以及強化涵蓋地表高、中、低緯度衛星分佈的互補狀態，亦可減低受制於衛星主權國家的控制。整合雙衛星系統的過程與經驗，將有助於未來加入新規劃的衛星系統。

子計畫五：本研究建基於 GPS 之時間同步訊號，據此提出一種以同步相量量測單元爲基礎之超高壓雙迴路輸電線適應保護電驛。將匯流排兩端量測所得之同步電壓與電流相量經由模態轉換來解耦合，推導出故障偵測及定位等兩個指標。利用這兩個指標|MI|與|DI|完成輸電線保護電驛設計。我們利用參數評估演算法，來克服線路參數不確定性對故障定位及偵測性能之影響。最後，以 EMTP/ATP 作了大量之故障模擬，故障定位準確度達 99.9%。此外，本保護電驛之響應時間非常快速，對於大部分之故障皆可維持在 6 毫秒左右。本研究提出之保護電驛技術其安全性與可靠度分別達 99.99%與 98.36%。

四、討論與結論

未來，預期會有更多的全球衛星導航系統。例如，GPS(美)、GLONASS(俄)之外，將來還有 Galileo(歐盟)和北斗導航衛星(大陸)。雙衛星甚至多衛星之資訊整合勢必會受到重視。爲輔助 GPS 之不足而籌設的廣域差分擴增系統，如 WAAS(北

美)、EGNOS(歐盟)、MSAS(日本)亦可望於2002年起次第完工啓用。本整合型計畫在世界趨勢之掌握上，大致上是符合潮流的。2000年5月1日GPS之SA取消後，單機定位的精度一夕之間從100公尺誤差半徑躍升至20公尺。這樣戲劇化的結果，立時在民生市場上掀起波瀾。GPS車機定位更加熱門了！但是，「趙孟之所貴，趙孟亦能賤之」。有識之士都會警覺到，過分依賴美國一個國家是危險的。確實掌握知識之真諦才是要緊的事。

在技術推廣上，2000年5月26日以各子計畫主持人為主要講員的「國科會全球導航衛星系統(GNSS)研究成果發表會及產學座談會」，於台大電機系圓滿召開；參與者包含產、官、學、研各方精英約150位。此外，本研究團隊之多篇學術論文，也都順利發表於國際期刊和國際會議中，得以和全世界的導航先進相互切磋討論。

五、參考文獻

各子計畫的重要文獻請參考各相關之報告，以GNSS為主的文獻有以下7類值得參考。

- [1] Glavkosmos USSR, "Global Satellite Navigation System GLONASS Interface Control Document (Second Wording)", reprinted by Navtech Inc, 1994.
- [2] E. D. Kaplan, "Understanding GPS Principles and Application", Artech House Inc, 1996.
- [3] B. W. Parkinson and J. J. Spilker Jr., "Global Positioning System: Theory and Applications Volume I and II",

American Institute of Aeronautics and Astronautics Inc (AIAA), 1996.

- [4] Proceedings of National Technical Meeting, by Institute of Navigation (ION), January every year after 1993.

- [5] Proceedings of Annual Technical Meeting, by Institute of Navigation (ION), June every year after 1993.

- [6] Proceedings of ION GPS, by Institute of Navigation (ION), September every year after 1993.

- [7] Proceedings of PLANS (Position Location and Navigation Symposium), by Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), every 2 years after 1990