

全球衛星導航系統 (GNSS) 理論與應用研究總計畫 (1/3)

Researches in the Theory and Application of Global Navigation Satellite System (GNSS) (1/3)

計畫編號：NSC-88-2612-E-002-001

執行時間：87 年 8 月 1 日至 88 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、整合、衛星導航)

GPS 在導航之應用目前已十分普遍與活躍。不過它所受到的限制也不少。例如 (1) SA 效應使單機定位精度約 100 公尺，常常不夠準確。(2) 遮蔽物(如都市街道兩側之高樓)會使衛星數目不足 4 顆，導致無法定位。(3) 衛星訊號之主控權完全掌握在美國軍方的手中，令人不敢放心。爲了突破上述的限制，結合美國 GPS 與俄國 GLONASS 的全球導航衛星系統(GNSS; Global Navigation Satellite System)應運而生。本整合型計畫以三年爲期，共六個子計畫。子計畫一著重於 GNSS 接收機架構研究；子計畫二是廣域擴增系統的精度改進；子計畫三爲無人載具的導航與控制；子計畫四屬於 GNSS 載波相位修正法之理論和應用；子計畫五爲全球同步時脈產生器的研發和其在電力網路上故障定位之應用；子計畫六的重點是船艦精確導航和試車。

Abstract (Keywords: GLONASS, GPS, Integration, Satellite Navigation)

The applications of GPS in navigation are very popular. There still exist some

limitations, however. For examples, (1) the affect of SA causes the positioning accuracy around 100m; (2) the high buildings in the city may block GPS satellites; and (3) the satellite signal are controlled by the defense department of the US. To breakthrough the mentioned constraints, the combination of the GPS(US) and GLONASS(Russia) is considered. The integrated system is called as GNSS (Global Navigation Satellite System). The term of this group project is 3 years. Six sub-projects are included. The structure and implementation of the GNSS receiver are emphasized in the sub-project 1. The accuracy of the wide area augmentation system is improved in the sub-project 2. The navigation and control of unmanned vehicles are studied in the sub-project 3. The theory and application of the carrier phase correction are the issues of the sub-project 4. The development of the global synchronism clock generator and the application to the determination of the fault location of the power network are the topics of the sub-project 5. The precise navigation of a ship and sea trials are considered in the sub-project 6.

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。該系統正式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 100 公尺)，GLONASS 的時間同步精度是 30 奈秒 (GPS 為 100 奈秒)。導航接收機如果同時兼具處理 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，歐盟正積極籌備伽利略(Galileo)導航衛星群，而對岸的大陸也有意引入俄國技術發展導航衛星群。因此本整合型計畫以雙導航衛星系統之理論和應用為研究對象，是具有前瞻性的。

三、研究方法與成果

總計畫之主要任務是建立一個包括六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，協助採購設備、協調資源分配和共享等。在經驗交流方面，召開每週師生聚會，技術討論等。在對外發展方面，鼓勵成員參加學術研討會、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：GPS 和 GLONASS 的訊號調變方式分別為 CDMA 和 FDMA。理想的雙衛星接收機，應設法同時調諧多個不同的頻率；而不是像目前市面上已有的接收

機；採用兩套各自獨立的射頻前端以及中頻放大級。本計畫提出新型的接收機架構，利用頻率轉折的技術，使得中頻放大器的頻寬從 35 兆赫縮減為 20 兆赫。這樣做的好處，是使 GPS 和 GLONASS 訊號合併在同一路徑上，使用較少的硬體即可達成預定功能。雙衛星之訊號經過同一個 ADC 完成數位化，再送入 DSP 處理。此外，本計畫對於數位化所需的最低位元之數目亦有分析和模擬，認為 8 位元是理想的結果。而 DSP 處理所需之最低位元數目，經模擬後建議為 14 位元。

子計畫二：廣域差分的困難，是在有限的參考站之間，如何為大範圍內的用戶提供較精準的定位服務。本計畫使用了最小變異數法，將每一參考站的差分修正量適當地配以權重，再傳送給用戶。推理過程中，需要用到空間解相關函數的觀念。本計畫進行了兩組實驗：第一組是台科大、陽明山和師大分部的定位。第二組是陽明山、高雄和鶯歌的定位。兩組實驗數據都顯示出多參考站加上最小變異數配重法可得到較佳的效果。

子計畫三：無人載具的控制問題包括路徑追蹤以及特定位置以特定姿態停止等問題。本計畫以船舶為對象，特別考慮其側滑特性。在模型建立上，採用了非線性方程式以符合實際狀況。然後，我們用微分平系統(Differentially Flat System)理論設計船舶行駛的最佳路徑。微分平系統係指狀態變數及控制可用平輸出(Flat Output)及其微分表示，而使得狀態方程式自動滿足限制條件。對於微分平系統的路徑設計，可在平輸出空間先設計滿足端點條件的路徑，再對應成原來的狀態空間。路徑設計與控制所需之狀態變數，則採用 GNSS 接收機和羅盤來獲得。

子計畫四：GLONASS 系統如同 GPS，亦可分為太空部分（24 顆衛星，平均分佈於三個軌道面），地面控制部分和使用者部分。GLONASS 衛星訊號也有 L1(1.6GHz) 和 L2(1.2GHz)兩頻段。所用的調變技術為 FDMA，為了節省專用頻道的使用，系統設計時刻意在軌道面的極對稱位置佈建兩顆衛星，二者使用同一頻率的載波；由於中間夾著地球，故不致於產生干擾。本計畫詳細地說明 GLONASS 的導航訊息和星曆參數以及 PZ-90 座標。單獨使用 GLONASS 定位的實驗，受限於衛星數目不夠四顆而未能得到結果；但是雙系統 (GPS 和 GLONASS) 的定位實驗，無論是單機或是雙機，都比只用 GPS 系統得到更準確的結果。

子計畫五：本計畫研製了全球同步時脈產生器 (GSCG; Global Synchronism Clock Generator)，它的原理是利用了 GPS 的 PPS 訊號。GSCG 所提供同步脈波的上昇緣誤差維持在 1 微秒以內。監控電力系統所需的向量量測單位 (PMU; Phasor Measurement Unit) 的核心技術便是 GSCG。電力傳輸線故障帶來的經濟損失是數以億計的，1999 年 729 全台大停電以及 921 大地震的衝擊，迄今仍讓人心有餘悸。本計畫所發展的 GSCG、PMU 等硬體設備，配合傳輸線特性分析以及對應的電壓、電流關係，我們發展了故障偵測指標。利用這個指標，即可有效判斷傳輸線故障之位置，而能採取進一步的措施。電力系統中，著有聲譽的 EMTP 模擬軟體證實本計畫在高壓傳輸線故障偵測的準確度最高可達 99.9%。

子計畫六：本計畫最終的目的是在海上船艦環境下，建立以 GNSS 為基礎的導航與試車的能力。目前已完成者，包括瞭解

GLONASS 與 GPS 特性之異同；PZ-90 和 WGS84 座標系統的互換。此外，亦在台大造船系館建立了 DGPS 的比對系統。這套系統，曾於蘇澳港和高雄港進行實船導航與試車測試，結果顯示我們的設計和構想確實可以克服現實上的困難。

四、討論與結論

GNSS 接收機係透過代理商向國外原廠採購，行政與公文的往返耗掉不少時日，這是可以預期的。GLONASS 資料的閱讀，卻是早在計畫核定之前就展開了。由於 GLONASS 的普及率遠遠落後於 GPS，相關資訊的獲得倍感困難。網際網路可提供一些，不過大多是不夠深入的。另外，就是靠著參與衛星導航的研討會上努力去收集。GLONASS 的系統佈建仍然受限於俄國經濟的困頓，而不如預期，目前約有十顆的衛星在軌道上運行。受限於核准之經費，總計畫只能採購兩部 GNSS 接收機；而機器完成驗收時，大約已是計畫開始的半年之後。在設備、時程以及 GLONASS 衛星數目都明顯受限制的情況下，雙衛星的實驗並未普及到每一個子計畫。

綜合而言，子計畫一對於雙衛星接收機的 RF/IF 架構提出了頗具創意的看法。未來重點是數位訊號之處理。子計畫二在廣域差分的演算法和實證上有所成就，未來則要強化即時的能力。子計畫三對於船舶之運動模型已有理論基礎可協助路徑規劃和控制，未來需要 GNSS 和電羅盤等的輔助實驗驗證。子計畫四在雙衛星驗證上已有初步的成果，未來重點是 GLONASS 載波相位的處理能力。子計畫五對於時間同步應用於電力網路故障偵測已獲得期刊論文的肯定，未來除了在電力

網路之應用繼續深入外，亦可將其在接收機時錶誤差的心得轉而支援導航研究。子計畫六建立的 DGPS 比對系統經得起蘇澳和高雄外海實船的導航和試車測試，殊為難得。未來，則應將載波相位資訊納入，以增加性能。

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] Proceeding of ION GPS, by Institute of Navigation (ION), September every year after 1993.
- [7] Proceeding of PLANS (Position

Location and Navigation Symposium), by Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), every 2 years after 1990