

第壹章 緒論

第一節 研究動機與研究目的

一、研究動機

電離層 (ionosphere) 為地球大氣層的一部分，位於距地球表面上空 50 公里至 1000 公里 (或更高) 之處，它充滿著電子和離子足以影響無線電波之傳播。當 GPS 衛星訊號經過電離層傳送到地面接收儀時，由於受到電離層中電子折射的影響，會造成時間延遲，產生所謂的「電離層延遲效應」(Ionospheric Delay Effect)。

就電離層延遲對 GPS 定位的影響來說，在夜間當 GPS 衛星處於天頂方向時，電離層延遲對距離的影響較小；在日間正午前，當 GPS 衛星接近地平線時，其影響較大。因此，電離層延遲為精密 GPS 定位及導航的主要誤差來源之一，其對 GPS 定位及導航之影響，茲以下列三種情形加以說明：

(一)單頻 GPS 接收儀之定位精度

雙頻 GPS 接收儀可藉由 L1/L2 觀測量的線性組合，消除大部份的電離層延遲誤差 (Hofmann - Wellenhof et al., 1994)。而單頻 GPS 接收儀因為只能接收 L1 載波訊號，無法藉由 L1/L2 觀測量的線性組合來消除大部份的電離層延遲誤差，目前只能採用廣播星曆中所提供的電離層延遲效應修正模式改善，此一模式為全球性的修正模式且其修正的有效性僅約 60% (Klobuchar, 1987)。

SA (Selective Availability, 選擇可用性) 效應，為美國在廣播衛星星曆及衛星時鐘的信號中加入誤差，以故意降低 GPS 衛星定位精度。以往單頻 GPS 接收儀定位的主要誤差來源為 SA 效應及電離層延遲效應，但是自從美國於 2000 年 5 月 2 日解除 SA 效應後，單頻 GPS 接收儀的定位主要誤差為電離層延遲效應。

(二) 廣域增強系統之導航精度

傳統 GPS 差分修正，仰賴地面參考站計算及傳送修正量，以達成改善導航精度的目的。但面對民航機大空域間(特別是臨海及越洋飛行)的需求，地面參考站的佈設將相當可觀，否則修正服務及銜接將難以達成。美國聯邦航空署 (Federal Aviation Administration, FAA) 為提供 GPS 差分修正服務，提高飛行導航精度，提出廣域增強系統(Wide Area Argumentation System, WAAS) 之架構，並著手進行研發。民國九十一年七月至九月此系統進行另一波密集測試，台灣亦進行實際接收測試，以瞭解該系統目前操作狀況。由台灣地區定位結果顯示，WAAS 差分修正結果並無改善精度效果，分析其原因，應是在台灣地區並無提供地面參考站資料，因而無法計算電離層在台灣的適當修正量，反而用北美參考站所計算之電離層修正量，使結果更加惡化(何慶雄等，民國九十一年)。

(三)長距離 (10 公里以上) RTK 測量之定位精度

GPS 即時動態 (Real Time Kinematic, RTK) 定位測量技術是一種快速的測量方式，不僅作業效率高、產量大，還可省下靜態測量所需的內業計算時間，更重要的是可以達到公分級的精度，目前已普遍應用於工程測量、地籍測量、地理資訊系統建置等領域。但是，實際長距離 (10 公里以上) 作業時，RTK 由於受電離層效應、對流層效應之影響，會造成原始數據 (raw data) 含有系統誤差，而影響其定位的精度。

有鑑於此，為減弱上述電離層延遲對 GPS 定位及導航的影響，以提高單頻 GPS 接收儀的定位精度、WAAS 的導航精度及長距離 (10 公里以上) RTK 的定位精度，應可利用 GPS 觀測量構建即時的區域電離層模型，以提供即時的電離層延遲誤差改正參數，修正因電離層延遲效應造成的定位及導航誤差。

林老生為提高即時的區域電離層模型精度，提出 UNSW(The University of New South Wales, 澳洲新南威爾斯大學)網格式演算法 (林老生, 民國八十八年; Lin, 1998)，並以美國、澳洲及日本等不同區域之 GPS 觀測網資料作試驗。測試結果顯示，利用 UNSW 網格式演算法，可以有效的提高即時的區域電離層模型之精度。

內政部於民國八十三年、八十四年設立陽明山 (YMSM)、北港 (PKGM)、墾丁 (KDNM)、太麻里 (TMAM)、鳳林 (FLNM)、金門 (KMNM)、馬祖 (MZUM)、東沙 (TNSM) 等八個衛星追蹤站，皆設置 AOA Benchmark 系列雙頻 GPS 接收儀，每 30 秒收錄一筆數據，作全天候 24 小時連續接收 GPS 衛星訊號。因此，可以利用內政部衛星追蹤站 GPS 觀測資料，採用 UNSW 網格式演算法，來構建即時的台灣地區電離層模型，以提昇 GPS 定位及導航的精度。

另一方面，WAAS 廣播訊號修正量有屬於快速 (Rapid) 修正量，修正 GPS 衛星軌道及時鐘誤差；而屬於緩慢 (Slow) 修正量，則以電離層誤差為主，其修正方法已改為網格點 (Grid Points) 方式表達，再經過斜距角的改正，即可計算出接收儀的修正量；由於網格大小定為 $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ ，因此北美地區需要儲存 929 個網格點 (何慶雄等, 民國九十一年)。而台灣地區幅員較小， $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ 之網格大小是否適合台灣地區的電離層模型值得進一步探討。再者，建立即時的區域電離層模型，在實際執行時，需使用無線電數據機將參考站的電離層修正數據傳輸至使用者測站以進行電離層改正，若網格愈小，則檔案愈大，傳輸速率愈慢。是以，為考量電離層模型的精度及實際執行的資料傳輸速率，應求得適合台灣地區的即時電離層模型之較佳網格大小。除此之外，亦應探討使用那些內政部衛星追蹤站的觀測資料，其所建立的網格式電離層模型即可涵蓋整個台灣地區，便可有效地建立即時的台灣地區電離層模型。

二、研究目的

根據上述研究動機，本研究主要目的為利用台灣地區 GPS 觀測量，以後級處理方式模擬構建即時的區域電離層模型，探討如果欲以 GPS 觀測量構建即時的台灣地區電離層模型時，必需先解決部分問題。具體言之，本研究目的如下：

- (一)估計參與構建區域電離層模型之每一參考站 GPS 接收儀之 L1/L2 差分延遲等系統誤差。
- (二)以台灣地區 GPS 觀測量，探討 UNSW 網格式演算法在構建即時的台灣地區電離層模型之適用性。
- (三)在考量網格式電離層模型的精度及電離層模型檔案大小等條件下，求得適合台灣地區即時的電離層模型之較佳網格式大小。
- (四)探討使用那些內政部衛星追蹤站的觀測資料，便可有效建立台灣地區的電離層模型。

第二節 研究方法與研究流程

一、研究方法

本研究採取以下兩種研究方法：

(一)文獻回顧

在構建即時的區域電離層模型過程中，通常須經過下列三個步驟：

- 1、首先估算衡量電離層遲延效應大小之全電子含量 (Total Electron Content, TEC)。
- 2、接著估算各 GPS 衛星及接收儀之 L1/L2 差分延遲 (GPS satellite & receiver L1/L2 differential delay)，以改正全電子含量 (TEC) 估值的系統誤差。
- 3、最後利用網格式演算法來構建即時的區域電離層模型，以計算出即

時的電離層延遲改正數，提供測站使用者修正因電離層延遲效應造成的定位及導航的誤差。

因此，針對估算全電子含量（TEC）估值、估算各 GPS 衛星及接收儀之 L1/L2 差分延遲，及構建網格式的區域電離層模型等三個部分，分別介紹與本研究相關之理論，並蒐集前人研究與相關資料，作為研究之參考。

1、估算全電子含量（TEC）估值

介紹林老生所提之相位水準（Phase Leveling）演算法（林老生，民國八十七年；Lin, 1998）及其相關公式推導。

2、估算各 GPS 衛星及接收儀之 L1/L2 差分延遲

介紹林老生提出之修正的單站演算法（林老生，民國九十一年）及其計算步驟。

3、構建區域電離層模型

介紹林老生提出之 UNSW 網格式演算法（林老生，民國八十八年；Lin, 1998）及其相關公式。

(二)實驗法

如圖 1-1，按照電離層的特性，電離層的地理分布區域，約可以分成三個區域：赤道區（Equatorial Region）、中緯度區（Mid-Latitude Region）與極區（Polar Region）（Bishop et al., 1991; Wanninger, 1994）。其中，中緯度區的電離層比較穩定，另外兩區則否。

由於林老生以美國、澳洲及日本等不同區域的 GPS 觀測網資料測試 UNSW 網格式演算法之效能，該等地區為電離層中緯度區，其電離層比較穩定；然台灣位於電離層赤道區，電離層的電子密度變化較為劇烈。所以，應以台灣地區 GPS 觀測資料來測試 UNSW 網格式演算法應用於台灣地區之適用性，。

綜上所述，本研究係採用林老生提出之相位水準技術估算全電子含

量 (TEC) 估值、修正的單站演算法估算各 GPS 衛星及接收儀之 L1/L2 差分延遲，以及 UNSW 網格式演算法構建即時的區域電離層模型。然而，本研究與上述林老生之研究主要差異在於，本研究採用台灣地區 GPS 觀測資料，並配合網格大小的改變而修改相關程式，進而決定台灣地區即時的電離層模型之較佳網格大小及探討使用那些內政部衛星追蹤站的觀測資料，便可有效建立台灣地區的電離層模型。

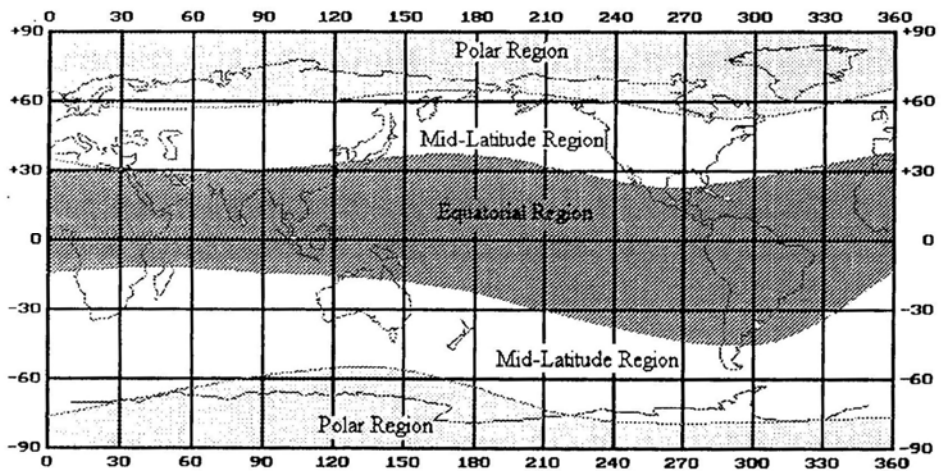


圖 1-1 電離層的地理分布區域 (Lin, 1998)

二、研究流程

依據前述之研究動機與目的，本研究首先界定研究之範圍與內容，回顧整理相關文獻之後，以台灣地區 GPS 觀測資料，測試與本研究相關之相位水準演算法、修正的單站演算法及 UNSW 網格式演算法之功效。從而，本研究之研究流程如圖 1-2 所示：

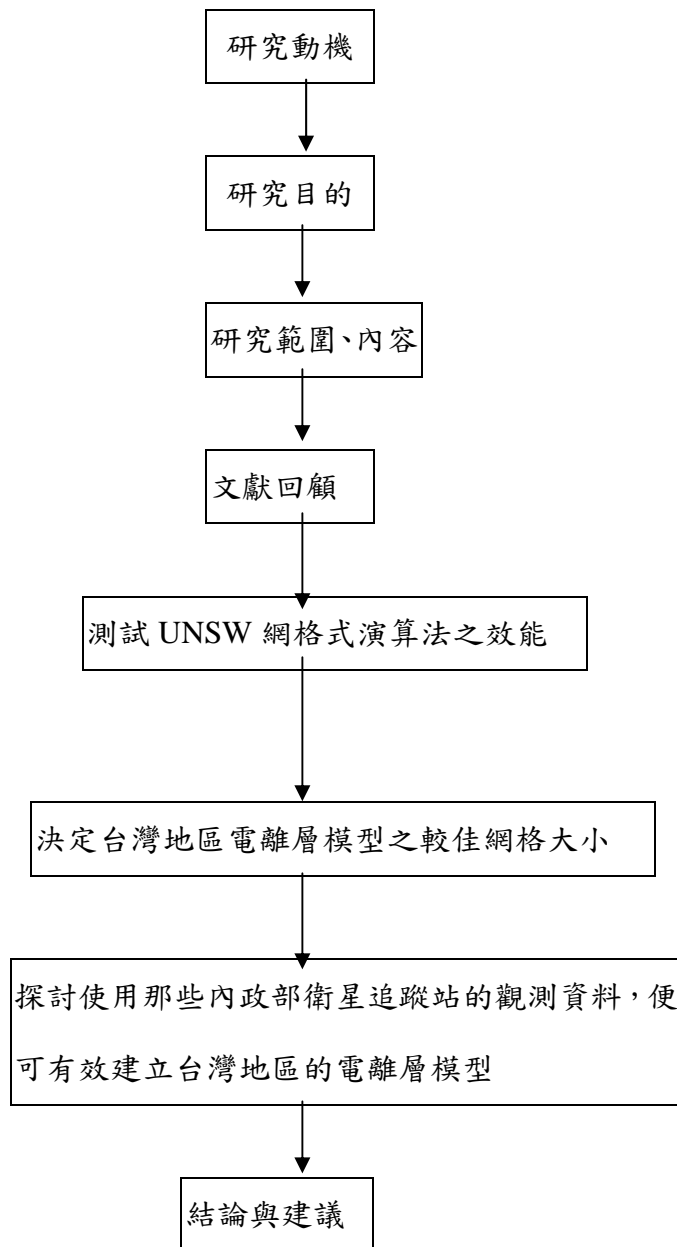


圖 1-2 研究流程圖

第三節 研究範圍與章節架構

一、研究範圍

本研究主要內容係以台灣地區 GPS 觀測資料，測試各種網格大小下所構建之區域電離層模型的精度，以決定台灣地區即時的電離層模型較佳的網格大小，而其研究範圍分成以下二個部分加以說明。

(一)問題範圍

本研究主要以後級處理方式模擬構建即時的區域電離層模型，由於影響到即時的電離層模型精度之因素，如多路徑效應 (Multipath Effect)、週脫脫落 (Cycle Slip) 的偵測與修補等，在後級處理時，可用相關的演算法來處理。因此，本研究的主要問題限定在以後級處理方式構建區域電離層模型之相關主題，如每一參考站 GPS 接收儀之 L1/L2 差分延遲估計，UNSW 網格式演算法在台灣地區的適用性，網格大小與區域電離層模型之精度關係等。

(二)時間及空間範圍

本研究採用的 GPS 觀測資料時段及地區計有：

- 1、91 年 4 月 5 日至 4 月 14 日計 10 天，內政部之 YMSM (陽明山)、PKGM (北港)、KDNM (墾丁)、太麻里 (TMAM)、鳳林 (FLNM)、金門 (KMNM)、馬祖 (MZUM) 等七個追蹤站 GPS 觀測資料。
- 2、91 年 4 月 5 日至 4 月 14 日計 10 天，台南縣白河鎮之 S804、R096、PH19 等三個測站 GPS 觀測資料。

二、章節架構

本文之架構分章如下：

- (一)第壹章為緒論，首先敘述研究動機，依此確立研究目的，接著說明研究方法以及流程，本章最後界定研究範圍與章節架構。
- (二)第貳章為構建區域電離層模型之理論基礎與文獻回顧，蒐集整理有關估算全電子含量、估算各 GPS 衛星及接收儀之 L1/L2 差分延遲、網格式演算法之相關文獻，探討理論及相關公式，作為後續實驗及分析基礎。
- (三)第參章為估計參考站接收儀 L1/L2 差分延遲，以研究範圍的 GPS 觀測資料，採用澳洲新南威爾斯大學(UNSW)發展之「網格式電離層模型」

套裝軟體 (POSTEC) (Lin, 1998) 及修正的單站演算法(林老生, 民國九十一年), 估計參考站 GPS 接收儀 L1/L2 差分延遲, 並針對實驗結果進行分析。

(四)第肆章為構建網格式區域電離層模型, 以研究範圍的實驗資料, 採用 POSTEC 套裝軟體並配合網格大小改變修改相關程式, 以探討 UNSW 網格式演算法應用於台灣地區電離層模型之適用性, 進而決定適合台灣地區即時的電離層模型之較佳網格大小及探討使用那些內政部衛星追蹤站的觀測資料, 便可有效建立電離層模型, 並針對實驗結果進行分析。

(五)第五章為結論與建議, 針對實驗結果提出結論, 與供後續研究之建議。