

航海儀器與電腦系統新結合之研究

陳國敏

勤益工商專科學校電子工程科

摘要

研究航海儀器與電腦系統的新結合。本文主要討論羅遠 (LORAN) 衛星導航 (THE NAVY NAVIGATION SATELLITE SYSTEM) 等接收機之功能及精確度，並將接收之訊號產生定位，輸出經度 (LONGITUDE) 緯度 (LATITUDE)，經由介面輸入電腦。應用電腦之繪圖功能，將所航行的路徑繪成航跡，顯示於螢光幕上，並可利用列表機列印出來，以利日後參考和存證，以取代傳統的航海日誌的虛實爭論。經由理論及實驗之結果，證實其具有相當多的優點：(1)減少海事糾紛，(2)可獲得更多的魚獲量，(3)可做航行及巡邏記錄用，(4)避免海難重演，(5)具有精確及公證力，可信度極高。

ABSTRACT

An method of digitizing the signal of LORAN and the Navy Navigation Satellite System with Combination of navigation equipment and computer system is proposed to computer from I/O interface. Then, the path of navigation is displayed on monitor or printed to printer with graphic functions. These data can replace the traditional navigation note as the further reference and confirmation. From the theoretic and experimental confirmation, the advantages of our system are:

- (1)decreasing the conflict of navigation
- (2)increasing the fish getting
- (3)Being used as the record of navigation
- (4)decreasing the tragedy of navigation
- (5)increasing the precision and reliability

一、前言

通信 (Communication) 是一個人的耳目，適用在航海上的儀器有雷達、衛星導航、羅遠、方探、對講機 (DSB, SSB)。雷達可顯示出對方目標的方位與距離，而衛星導航和羅遠是顯示出自己的位置。但，總是找不出可將各點位置連貫起來而形成一道航跡的儀器。電腦繪圖在目前的科技應用上是相當普遍，有機械製圖、室內設計製圖、電路製圖，甚至還有土木的營造製圖等。可是用在一般航海上的製圖很少，配合一些航海儀器的週邊製圖更少。

本研究是借助電腦繪圖處理的技術及功能，將羅遠 (LORAN) 或衛星導航、聲納，所提供的資料，如經緯度、水深，輸入電腦，以利用預先設計好的軟體來處理，將其顯示在螢光幕上 (Monitor)，並

以暫存及保留，便形成航跡。可利用列表機列印出來，以便日後如有產生海事糾紛，或建立海軍及保七總隊的巡邏資料，記錄存證，以資列管參考。

一般漁民有明確的航跡，如魚獲量不錯，可利用此航跡來回多捕幾趟，以獲更多的魚獲量。在航海、商業、軍事，經濟上受益良多，如再充分發揮或再三的研究其受益更難以估計。

二、單旁邊帶的功能與特性

單旁邊帶 (SSB) 是在雙邊帶 (DSB) 中將不需要的單邊帶抑制下來只剩單旁邊帶。在單旁邊帶中不含有載波的成份，所以也是抑制載波的信號。單旁邊帶調變傳輸的優點：(1) 在可使用的頻譜中，作最有效的利用。(2) 可避免干擾性的衰減現象。

(3) 在發射功率中訊息功率所佔的百分比可大為提高。依 $\mu = P_{SSB}/P_t = m^2/2 + m^2$, (μ 為功率效益, m 為調變指數, P_{SSB} 為旁波帶功率, P_t 為調變信號的總功率), 當在最大調變下 ($m=1$), $\mu = 1/3$ 。SSB 也有其缺點存在: SSB 系統設備比較昂貴, 系統對電壓調節、穩定性、可靠度及振盪頻率的要求相當嚴格, 否則會造成失真。

單旁波帶信號(SSB) 的產生有兩種方法: 一是用陡峭的截止濾波器來消除不想要的旁波帶。如圖 1 及 1a:

解調(DEMODULATION)是採用同步解調的方式, 用上旁波帶(USB)或下旁波帶(LSB)乘以 $\cos\omega_c t$ 再經過一低通濾波器(LPF) 就可產生原來之基頻帶的信號。SSB 調變 $\Phi_{SSB}(t)$ 乘上本地載波 $\cos\omega_c t$:

$$\begin{aligned} \phi_{SSB}(t)\cos\omega_c t &= \frac{1}{2} m(t)[1 + \cos 2\omega_c t] \\ &\pm \frac{1}{2} m_h(t)\sin 2\omega_c t \end{aligned}$$

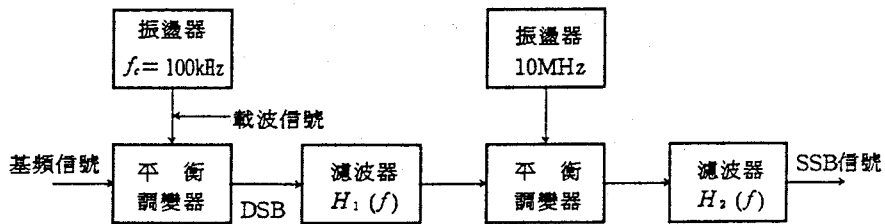


圖 1 “濾波器方法” 產生 SSB 信號

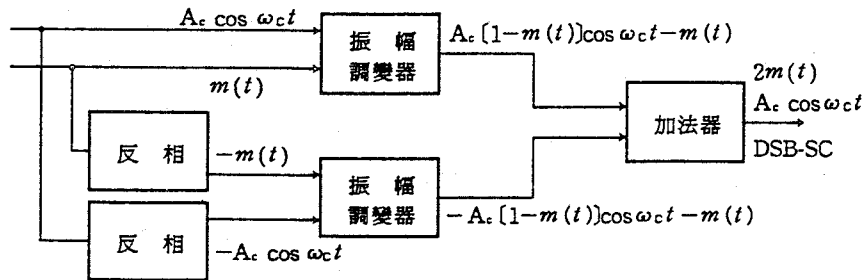


圖 1a 平衡調變方塊圖

二是用相移網路來完成。如圖 2:

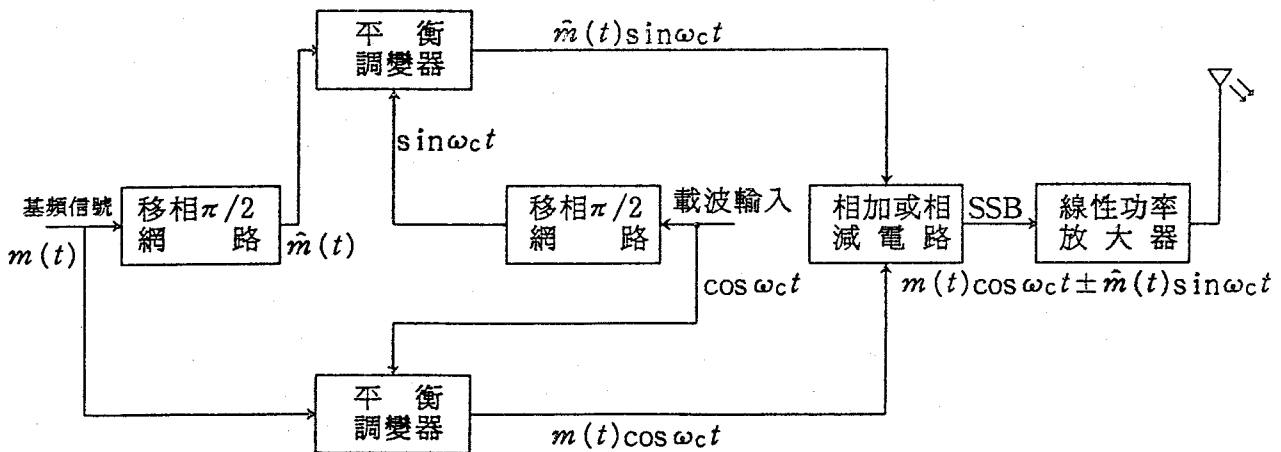


圖 2 改變相位法 (產生 SSB 信號)

$$= \frac{1}{2} m(t) + \frac{1}{2} [m(t) \cos 2\omega_c t \pm m_h(t) \sin 2\omega_c t]$$

由上式之表示， $\Phi_{SSB}(t)$ 經同步解調後產生基頻帶信號及另一個載波的 $2\omega_c$ 的SSB 調變信號。

三、羅遠的沿革及應用

羅遠 (LORAN) Long Range Navigation 是利用單旁邊帶射頻信號 (SSB RADIO) 及雙曲線的定位系統儀器 (HYPERBOLIC NAVIGATION)。羅遠可分為羅遠 A (LORAN A) 和羅遠 C (LORAN C)，羅遠 A 是發展二次世界大戰，由美國海岸防衛隊 (US COASTGUARD) 負責管理和運作。在二次世界大戰後有 70 個發射台和 75,000 套裝備在使用。而羅遠 C 是在 1970 年開始運作，雖然羅遠 A 比羅遠 C 老舊，準確度也差，但仍有不少人在使用，尤其是在台灣的海域地區。其主要的的原因是羅遠 A 的操作比較簡便。

(1) 羅遠 A (ALORAN A)

羅遠 A 是觀測由兩個發射台所發射出來之脈波的時間差 TIME DELAY (TD)，如圖 3 所示。兩發射台分為主台 (MASTER) 與副台 (SLAVE)，其結構稱為鏈 (CHAIN)，是由一 $40\mu s$ ，頻率為 1850KHz，1900KHz，1950KHz 的射頻脈波所組成，一個主台控制兩個副台稱為雙脈波 (DOUBLE PULSES)，可是兩個副台的脈波是完成分開的。

相鄰的部份能用相同的發射頻率，但在不同地方來接收會產生不同的脈波來復時區，(PULSE REPETITION INTERVAL)。一個鏈要先指定它的頻率和脈波來復時區：

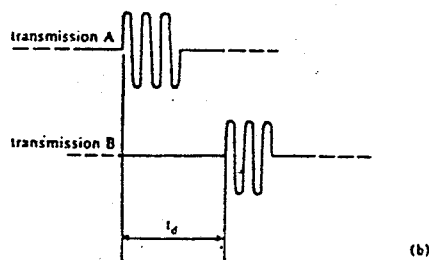
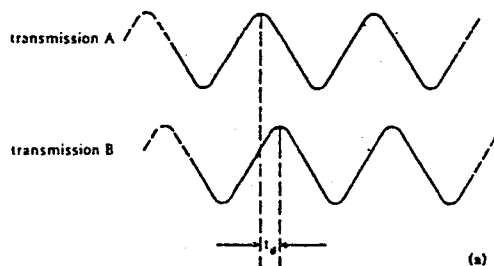


圖3 測量時間差(a)相位(b)脈波到達的時間差
(a) by phase comparison
(b) by difference in pulse arrival times.

FREQUENCY CODE	PRI	CODE			
		S	L	H	
1.1950KHz	0.	50000 μs	40000 μs	30000 μs	
	1.	49900 μs	39900 μs	29900 μs	
	2.	49800 μs	39800 μs	29800 μs	
	2.1850KHz	3.	49700 μs	39700 μs	29700 μs
		4.	49600 μs	39600 μs	29600 μs
		5.	49500 μs	39500 μs	29500 μs
		6.	49400 μs	39400 μs	29400 μs
3.1900KHz	7.	49300 μs	39300 μs	29300 μs	

例如：選定 1S2 是表示頻率為 1950KHz，脈波來復時區為 $49800\mu s$ 。

羅遠發射台，主台和副台是分開建在相距 200 到 400 miles 的地方。在白天是靠地波 (GROUND WAVE) 傳送，在夜間是靠天波 (SKY WAVE) 與地波共同傳送。天波有電離層 E，F 層的折射，以地波觀測之距離為 700 miles，如透過電離層折射大約可增大到 1500 miles。

羅遠 A 接收機是利用陰極射線管 (CRT) 顯示主台與副台的脈波，假如接收機的比例與鏈的脈波來復時區相一致 CRT 的畫面將產生上下兩條掃描軌跡，利用脈波產生器產生臺子 (PEDESTAL) 如圖 4，4a

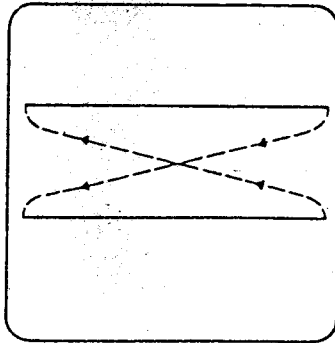


圖 4 羅遠 A 雙掃描線顯示的軌跡

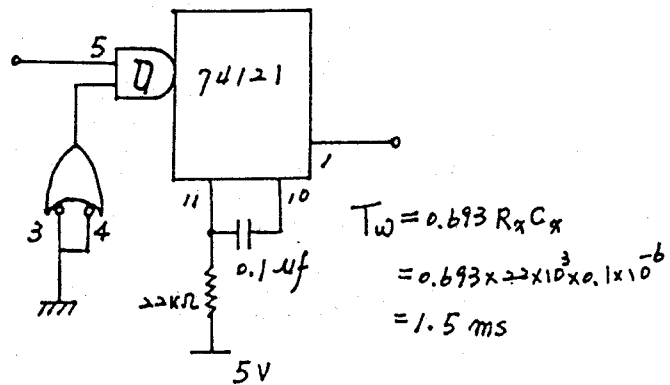


圖 4a 脈波產生器

然後將主台與副台的脈波調整押在臺子的前緣上，而後展開，並調整使前緣重疊，其顯示出來的數據便是所謂的TD值，如圖5，5a示。

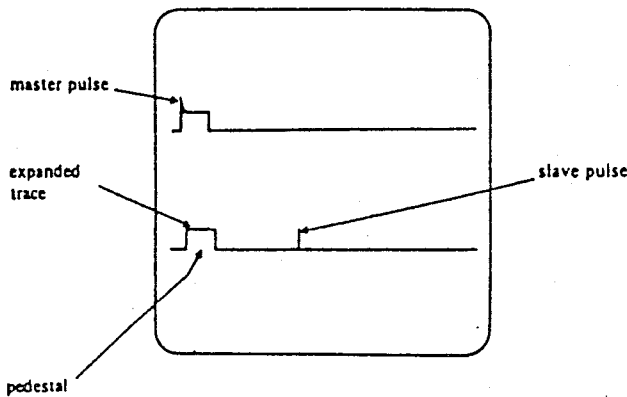


圖 5 羅遠 A 顯示臺子及主台脈波與副台脈波

然後在羅遠圖上找到在經度測出的TD值與在緯度所測出TD值之交會點，此點便就是你船的正确位置。

依台中港為例在經度上選用1S2(表示頻率選擇 1950KHz, PRI 選擇 49800 μs, 測出TD值是1217.1。在緯度上選用1S3 (表示頻率選擇 1950KHz, PRI 選擇 49700 μs)測出TD值是1493。請在附圖上找出經度1S2-1217, 及緯度1S3-1493之交會點便是台中港。

(2)羅遠C(LORAN C)

羅遠C 的位置仍是由雙曲線上兩個發射台由發射信號之時間差來決定，但是羅遠C 的鏈至少包括兩個副台，甚至高達四個副台，分別以W,X,Y,Z 來

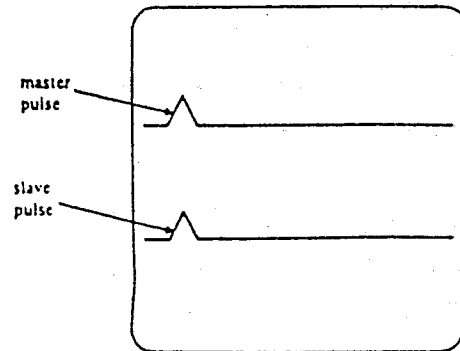


圖 5a 羅遠 A 信號展開圖

表示，每個副台與主台皆有一個固定的時間差。以 TDW, TDX, TDY, TDZ 表示之。但每個副台間信號之時間差則為一定，信號台發射之脈波時區稱集體重複時區(GROUP REPETITION INTERVAL)簡稱GRI。

整個羅遠C鏈的海圖或刊物是以GRI表示，所有鏈發射同一頻率100KHz，如地中海鏈(THE Mediteranean Chain)之GRI 為79900 μs，但以7990表示之，其副台之時差分別為11000 μs、29000 μs、47000 μs。則以7990X、7990Y、7990Z。如圖6所示。

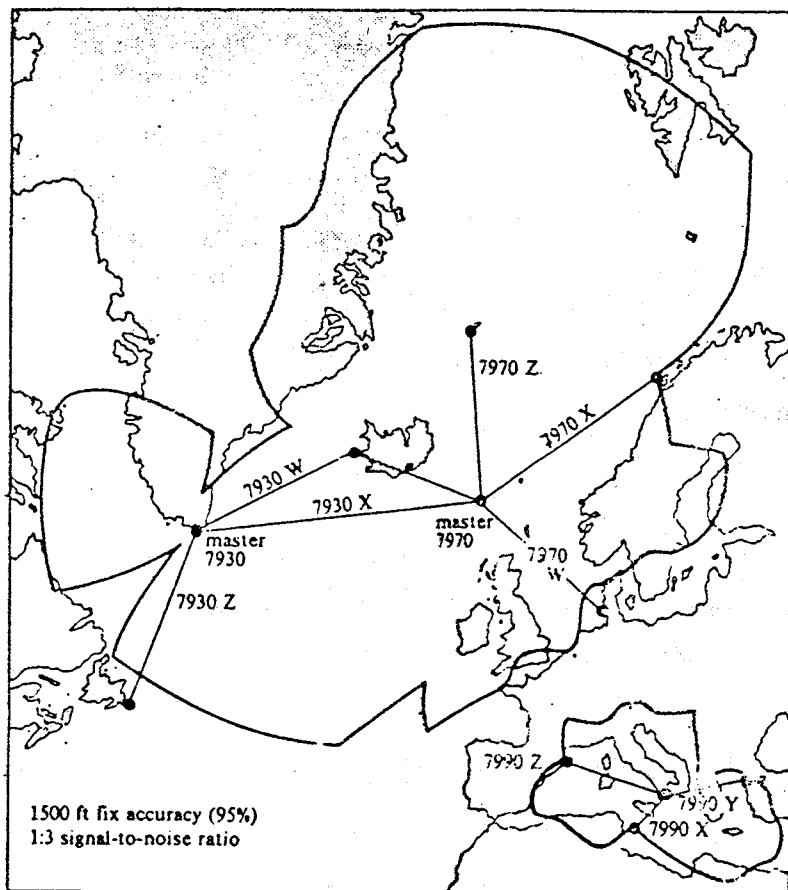


圖6 北大西洋與地中海羅遠C鏈海圖
(該圖取自參考文獻16、17)

為達到簡單的時間誤差的測量，不像羅遠A 只用基準脈波去展開，所以羅遠C 其主台的脈波由八個 $200\mu s$ ，間隔為 $1000\mu s$ 和第九個間隔為 $2000\mu s$ 的脈波組成，而副台僅只有前面八個脈波組成，如圖 7 所示。

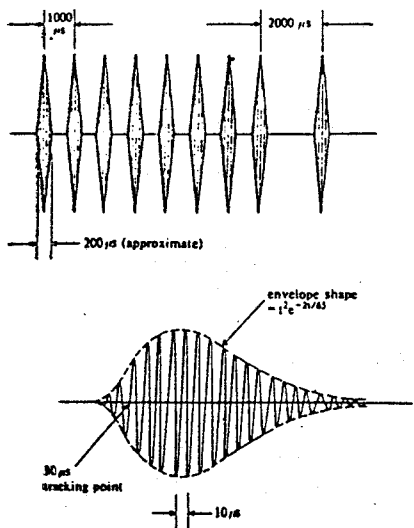


圖7 主台脈波群、副台只有前八個
(該圖取自文獻 16)

信號傳送的方式也分為地波 (GROUNDWAVE) 與天波 (SKYWAVE) 將羅遠 C 固定在高位置，而利用地波來傳送，一個位置的準確度是決定在雙曲線時間差的計算上，傳送速度 (PROPAGATION VELOCITY)，地的傳送速度 $v = 0.9997c$ ，(C 為 FREE SPACE VELOCITY ELECTROMAGNETIC RADIATION)，在水上的傳送速度 $v = 0.9977c$ 。水的傳播速度比陸地為慢，在海上一般是採用 $v = 0.9997c$ 來計算。

100kHz 的羅遠 C 信號其天波在比較低的電離層 (D-LAYERS AND E-LAYERS) 會產生折射。其射程的大小是決定在電離層的密度和離發射台的距離。在白天利用天波傳播其射程會比在夜間利用地波短 200~300miles，如圖 8 所示。

羅遠C 包括有兩個主要部份，一是接收機，一是計算用處理機。接收機是接收信號將它解調及放大，而處理機是將時差 (TD) 變換成所要的訊息和資料，如經度 (LONGITUDE) 緯度 (LATITUDE) 和 TD 的資料等。在理論上，其準確度在 $1/4 \sim 1/10$ 哩。

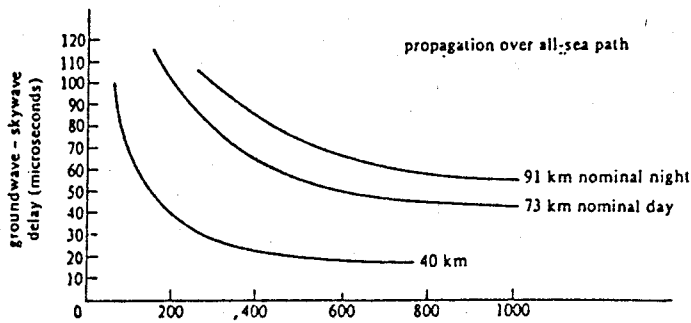


圖 8 天波地波之時間差與零離層高度之關係
(圖取自文獻 16)

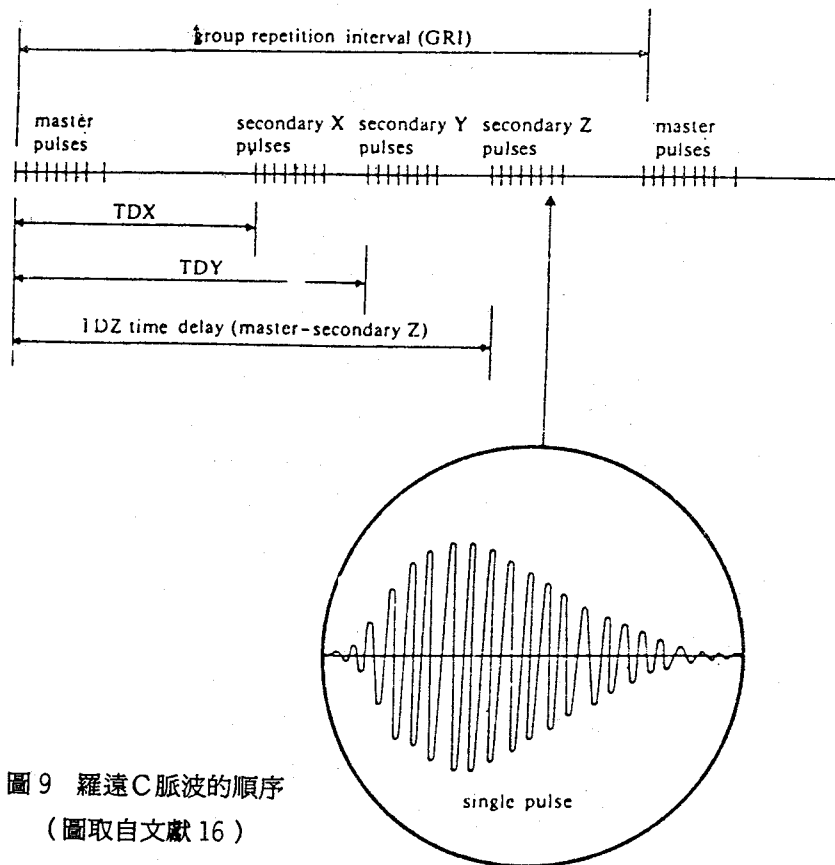


圖 9 羅遠 C 脈波的順序
(圖取自文獻 16)

由於羅遠 C 是利用主台和副台的時差來定位，副台與主台是同步發射信號，其信號如圖 9 所示。因此設備本身對於時間的計算有相當的要求。

新型的羅遠 C，新增加一些較佳的功能，如信號雜訊比 (SNR SIGNAL NOISE RATIO)，發射台故障警示 (BLINK ALARM)，接收警示 (LOST SIGNAL ALARM)，和不當信號接收警示 (CYCLE ALARM) 等。

羅遠 C 定位的精確度是受延伸線及切割所有雙曲線的角度而影響。

影響設備準確度及資料錯誤的因素有如下列：

1. 同步誤差 (SYNCHRONIZATION ERROR)：此項

可由監測站 (MONITORING STATIONS) 給以校正，若同步誤差超過 $\pm 0.2 \mu s$ ，則機器上的發射台故障警告燈會閃爍。

2. 地波傳播造成的誤差 (GROUNDWAVE PROPAGATION ERROR)。
3. 接收機本身誤差 (RECEIVER ERROR)。
4. 天波造成誤差 (SKYWAVE ERROR)。

5. 信號差異所形成包跡的誤差 (ENVELOPE TO CYCLE DISCREPANCY)。

四、衛星導航的理論與運作

(1) 全球衛星定位系統 (GLOBAL POSITIONING SYSTEM GPS)

GPS 係一由美國政府費時二十多年，耗資龐大經費 (近百億美元) 所發展，此系統是利用人造衛星發射電波信號以供導航、定位及定時作用，準確度極高，且不受電波干擾及時間，地點和天候影響

，其用途甚為廣泛。

我們所稱的全球定位系統GPS 是利用一種由18~24顆環繞地球軌道運行的衛星群所組成的衛星定位系統，如圖10所示。藉著衛星全天候24小時以散譜的技術(SPREAD-SPECT RUM TECHNIQUE)傳輸最新精確的定位資料信號。雖然目前進入軌道運行的衛星不到半數，陸上偵測及航海工業用的接收設備價格仍相當昂貴。然而預計1990年將會有12顆衛星運送入軌道(非同步軌道)，提供24小時三度空間的定位導航服務。二度空間定位需3顆衛星的信號，對於航行在海上船艦最有效用，三度空間資料的取得則需4顆衛星方可。

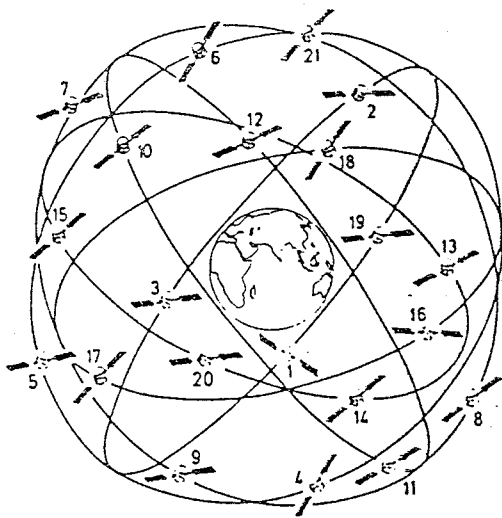


圖 10 GPS 衛星分佈圖 (圖取自文獻 3)

衛星定位系統，其主要的觀念是假設三個已知點的方向與距離，以三度空間(THREE DIMENSIONS)方式計算出自己的位置，而距離的長短可由接收來自衛星信號的傳播延遲(PROPAGATION DELAY)來測定。這種以傳播延遲來測量行程的方式和傳統的杜卜勒偏移(DOPPLER SHIFT)方式大不相同。GPS 衛星不使用固定式的軌道(GEOSTATIONARY ORBIT)，而是採用以每12個小時變換一次位置的傾斜軌道(INCLINED ORBIT)。其中最主要原因是同步衛星不能提供有效三度空間的位置，也不能預知靠近赤道緯度之精確度。此種定位系統載波信號方式是以「高得」編碼(GOLD-CODE)調變後發射，此編碼的晶片速率為1.023MHz，而實際發射的頻寬則為2MHz，只要低功率的電力(-163dbw)就可改善前端雜音(FRONT-END NOISE)。同時由於特殊高速處理器(TRANSPUTER)的功能運用，大可縮小其體積及減低功率消耗，並使得GPS 系統的精確度可以超越有名的羅遠C(LORAN C)系統。

NAV-STAR GPS系統可望在近年內提供24小時二度空間定位導航服務。GPS 衛星群劃分六個軌道，每個軌道各有四顆衛星隨時隨地繞經我們上空，每顆衛星隨時以2個旋轉波傳送導航定位的訊號。GPS 地面監測站負責追蹤，監視及重新定位，並隨時更新所有衛星位置及時間的資料，如圖11所示。GPS 系統之地面支援控制站計有主控站(MASTER CONTROL STATION, MCS)一座，監測站五座及三個地面天線站。

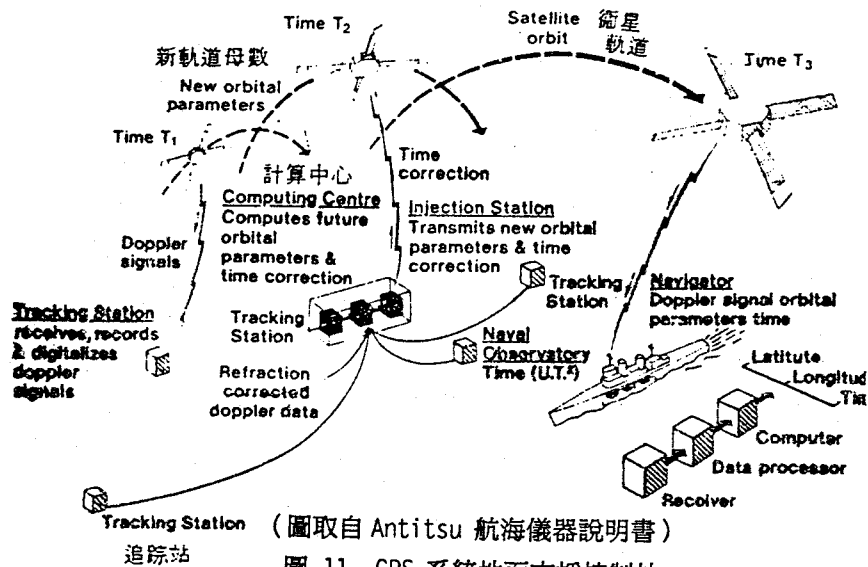


圖 11 GPS 系統地面支援控制站

GPS 接收機通常包括一個非常簡單的RF高頻部份，將訊號降頻至中頻(IF)以利取樣。此處數位訊號廣泛處理，並攝取至定位信號資料以便進一步提供使用者讀取，如圖12所示。

GPS 接收機依訊號處理方法的不同而有三種基本型式，其成本及功能也有不同。訊號的處理，可依接收先後次序處理、同時處理、雙向處理。依序處理的接收機構造比較簡單，成本最低。

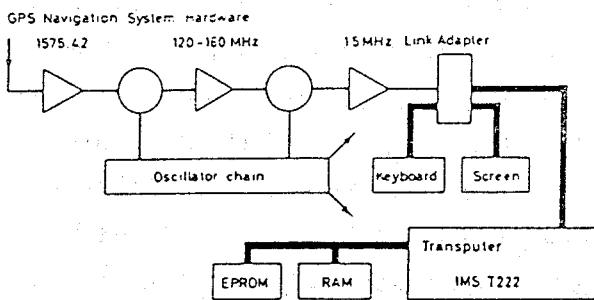


圖 12 GPS 接收機方塊圖
(圖取自 Anritsu 航海儀器說明書)

(2) 杜卜勒效應與衛星定位

在 1843 年奧國物理學家杜卜勒 (CHRISTION JOHANN DOPPLER) 發現波動變化現象。發聲體和受聽者，在同一傳送介質中，由於兩者都在運動，受聽者所感受的頻率和發聲者實際頻率，因位置不同而不斷的在改變，此為杜卜勒偏移 (DOPPLER SHIFT) 如圖13所示。

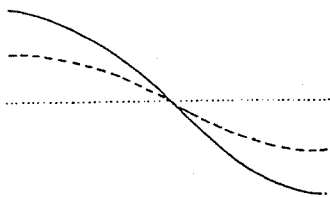


圖 13 杜卜勒曲線

杜卜勒效應是定位系統的基本理論的依據，一連串的衛星定位資料，就成為衛星導航 (SATELLITE NAVIGATION) 的一條精確航行路徑，如圖14所示。將一連串資料曲線放在海圖上和原先預計的航線相

對照，以修正航道之偏差如圖15就此即可獲得極高經濟效益又準確的航線。

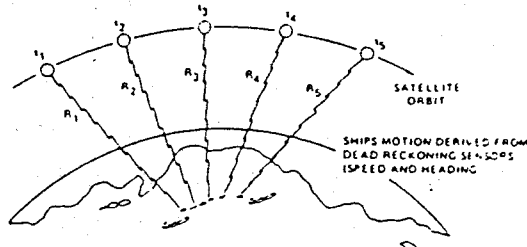


圖 14 航程和衛星定位
(圖取自 Anritsu 航海儀器說明書)

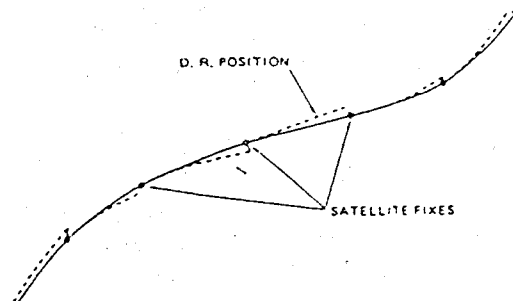


圖 15 實際航線和衛星修正
(圖取自 Anritsu 航海儀器說明書)

地球並不是一個圓球體，而是一個橢圓體，因此地球各個部份的結構，便不可能很均勻，各點的重力場分佈自然亦不會相等。若想發射一枚圍繞地球而運行的衛星，其軌道距地球要遠一些，而且要有一段距離，太靠近時，如德國天文和物理學家克卜勒 (JOHANNES KEPLER) 的第二定律：太陽與行星之連接直線在相等時間內必定掠掃相等的面積，如圖16所示。

換言之，某一星球圍繞另一星球有固定軌道運行時，其運轉的速度，隨地球表面結構的不同，而影響它運轉的速度改變，因此衛星軌道一定距地球要遠一些，但也不能太遠，否則會影響杜卜勒效應，其軌道才能獲得一較完整的軌跡。

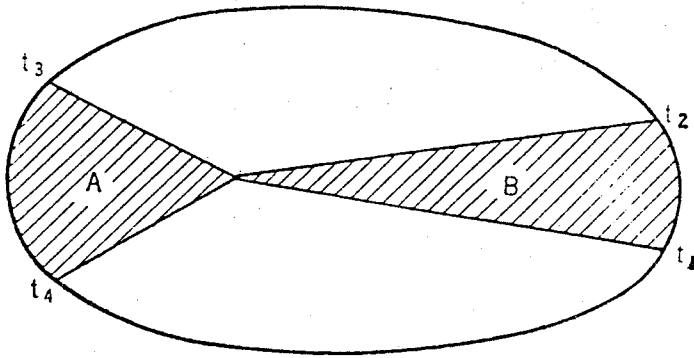


圖 16 克卜勒軌道圖
(圖取自文獻 1)

每顆衛星在其軌道運作的速度是每秒4哩，通過南北極，和經度(LONGITUDE)平行和緯度(LATITUDE)垂直，每繞兩極一圈所需時間是107分鐘，所經的路程是25680哩，地球自轉一週360°，24小時，所以地球每分鐘轉360° / 24 × 60 = 0.25°，亦就是衛星每繞南北極一圈會產生 0.25 × 107 = 26.75° 的偏移(SHIFT)。然而地球自轉一週須24小時，等於1440分鐘，而衛星每繞一週是107分鐘，兩者之比是13:1，相差很大，以此推算，每顆衛星每天對地球上的某一定點有近兩次的相遇機會，六枚定位的衛星，對定位的作業相當方便和快速。

(3)現有GPS的接收系統

單頻道接收機之系統，只接收衛星的一種頻率，而雙頻道接收機比單頻道接收機多接收另一種頻率，其準確度雙頻道比單頻道準確，經50次以上接收的實驗，其準確度單頻道最大誤差424公尺，而雙頻道只有80公尺左右。

衛星所發射的頻率有兩種，一是150MHZ，一是400MHZ，在定位系統中當接收機最初和衛星發射電波接觸時是150MHZ及400MHZ，但由於杜卜勒效應之作用，衛星與接收機的位置改變而使接收的頻率也變，當衛星往頂點方向上升，就是往觀察者之方向時接收到的頻率比實際高，而遠離便下降，如圖17所示。

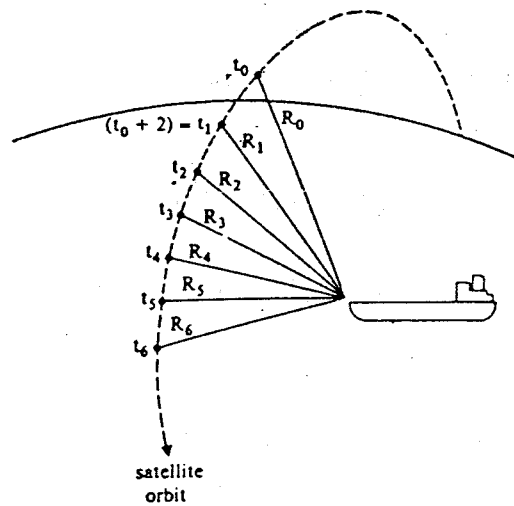
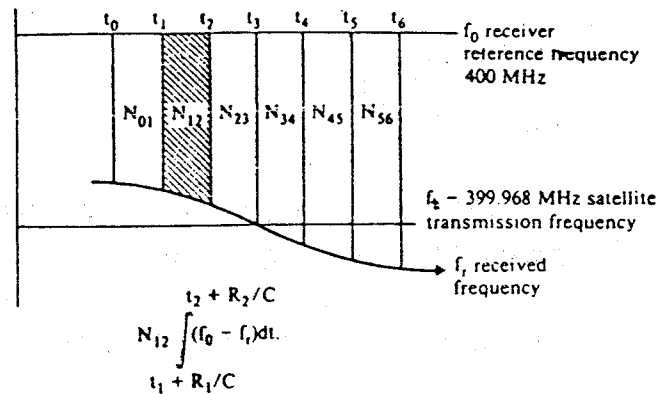


圖 17 以杜卜勒效應計算 2 分鐘時間的軌跡圖
(圖取自文獻 24SAT-NAV802 說明書)

以圖17為例：

$$N_{12} = \int_{t_1 + R_1/C}^{t_2 + R_2/C} (f_0 - f_r) dt \quad C = \text{傳導速度} \quad (1)$$

$$N_{12} = \int_{t_1 + R_1/C}^{t_2 + R_2/C} f_0 dt - \int_{t_1 + R_1/C}^{t_2 + R_2/C} f_r dt \quad (2)$$

第一項是表示發射頻率與接收頻率兩者相差的固定頻率。

第二項 f_r 就是杜卜勒偏移，代入任何時間接收與發射應該相等，以積分方程式表示發射頻率 f_t ：

$$\int_{t_1 + R_1/C}^{t_2 + R_2/C} f_t dt = \int_{t_1}^{t_2} f_r dt \quad (3)$$

將(3)式代入(2)式得：

$$\int_{t_1 + R_1/C}^{t_2 + R_2/C} f_0 dt = \int_{t_1}^{t_2} f_r dt$$

f_t 是發射頻率， f_0 是接收的參考頻率，保持不變在衛星通過的整個周期用積分方程式來表示：

$$N_{12} = f_0 \left[(t_2 - t_1) + \frac{1}{C} (R_2 - R_1) \right] - f_t (t_2 - t_1)$$

重新整理

$$N_{12} = (f_0 - f_t)(t_1 - t_2) + \frac{f_0}{C} (R_2 - R_1)$$

$$\frac{f_0}{C} = \frac{1}{\lambda_0} \quad (\lambda_0 = \text{參考頻率的波長})$$

$f_0 - f_t$ 是固定的頻率差 f_c (~32KHZ)

因此

$$N_{12} = f_c (t_1 - t_2) + \frac{1}{\lambda_0} (R_2 - R_1)$$

改變斜距 ($R_3 - R_2$), ($R_4 - R_3$).....

以此可算杜卜勒周期, N_{23} , N_{34}

在地球外層大約100公里的區域有電離層 (ATMOSPHERE) 存在，對各種電波會造成干擾，尤其以頻率的高低所受的折射程度也有所差異。如圖18所示。由於電離層的折射干擾作用，傳播時間或多或少會受到延遲，尤其對較高頻率電波的影響更大，可是這些因素是隨晝夜及溫度的而變化，並非一般軟體程式和固定數值可來解決的。運用在兩種相差2.6倍的無線電頻率 (150MHZ與400MHZ) 上使同時到達電離層上，但遇到不同的折射率，所以到達地球的時間亦不相同。在船上的電腦已設定每隔30秒的週期就量取一次杜卜勒效應，接收機就可算出因電離層而造成的誤差時間，予以彌補，在靜態狀況下，船不動定位的精確度會在±0.05海里內，然而在衛星通過的期間，讓電腦知道的速度和方向，不僅是船與衛星之間的相對速度會影響杜卜勒計算，就計算之過程中船也在移動，都必須列入計算，

如圖19所示。以求出更正確的方位資料。

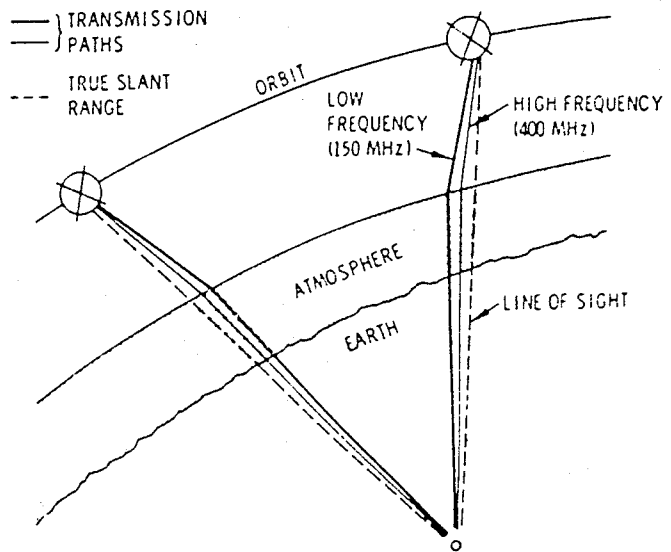
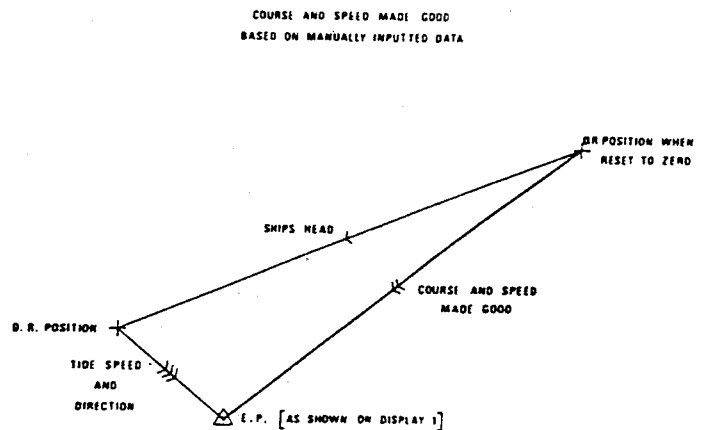


圖18 電離層與電波折射 (圖取自文獻19)



SPEED MADE GOOD } BASED ON SHIPS MOVEMENT BETWEEN LAST
COURSE MADE GOOD } AND PENULTIMATE SATELLITE FIXES
SET AND DRIFT

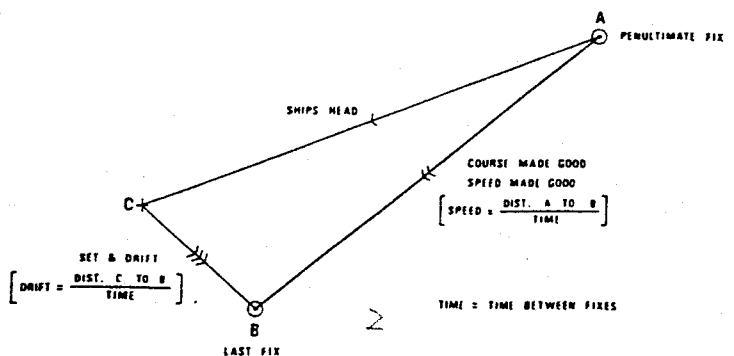


圖19 杜卜勒計算與船速的偏移 Shift (圖取自文獻 24 SAT-NAV802 說明書)

圖20為接收機系統的方塊圖，因衛星所發射的電波相當微弱，所以使用相鎖電路 (PHASE LOCK CIRCUIT PLC OR PLL)。當每次接收衛星信號時，不只一次收到一組 2 分鐘的資料，一般都可收到四

從經驗中知鉅一張圖形遠比一堆數據容易縱解的多，羅遠c 或衛星導航，將目前船隻所在的位置，以經緯度顯示出來，若要詳實記錄船隻所航行的路徑，則需一一將這些經緯度值，點在地圖上，再

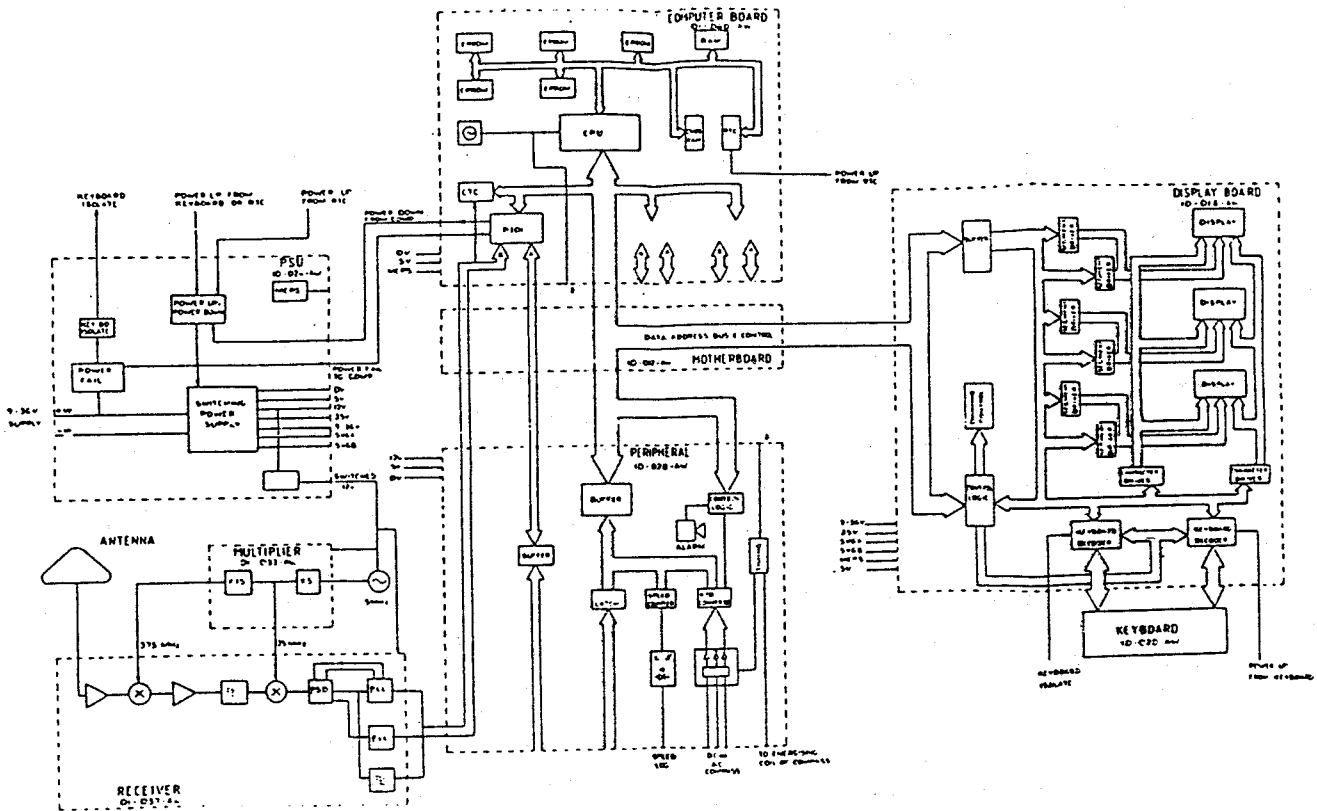


圖 20 接收機方塊圖
(圖取自文獻 24 SAT-NAV802 說明書)

至六組，經計算後接收機顯示出經緯度資料。目前正在發展中新式GPS 其定位導航系統的精確度提高一公尺以下。

路徑，則需一一將這些經緯度值點在地圖上，再用線相連起這些點，這樣的工作實在乏味，但若能把這些工作交給微電腦來做，則這些困擾將不存在，然而這須要一介面電路與一軟體程式。如圖21所示：

五、羅遠與衛星導航電腦化之研究

(1)基本的構想：

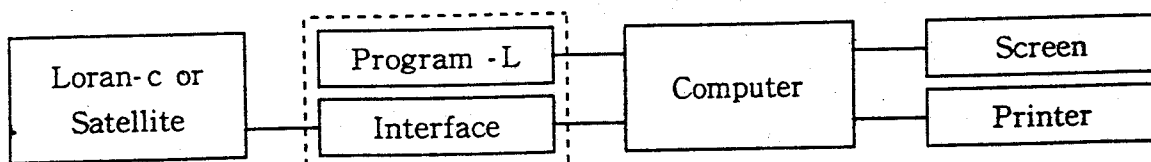


圖 21 基本架構方塊圖

(2) 介面與軟體的設計：

介面電路的功能，即做為羅遠或衛星導航與電腦間的橋樑，如圖22所示，它自羅遠或衛星導航的顯示電路取出具有意義的關鍵性資料，而何時抓取資料送入微電腦中，則由程式來控制這個時機，介面電路好比一個開關，只等程式下達命令，控制微電腦自羅遠或衛星導航取得經緯度值。

軟體程式的設計以人性化為目標，而若能將自羅遠或衛星導航得到之數據畫在地圖上，以巨觀，微觀兩個區塊顯示，似乎更佳，更具參考價值。在此將以C語言來選寫，且在繪圖模式之中處理這些圖形。請參考圖23，主要敘述為螢光幕對應的計算，而至螢光幕顯示。螢光幕顯示的為經緯度所對應的圖形；回到介面電路的迴圈目的在使資料不斷更新，將船隻路徑儲存在輔助記憶體之中，或自列表機列印出來，都可提供未來參考。

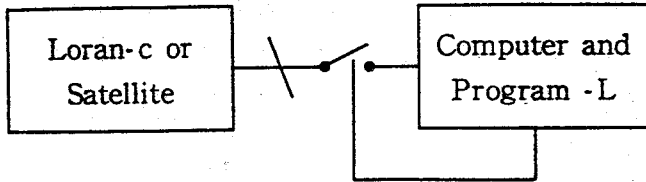


圖 22 介面方塊圖

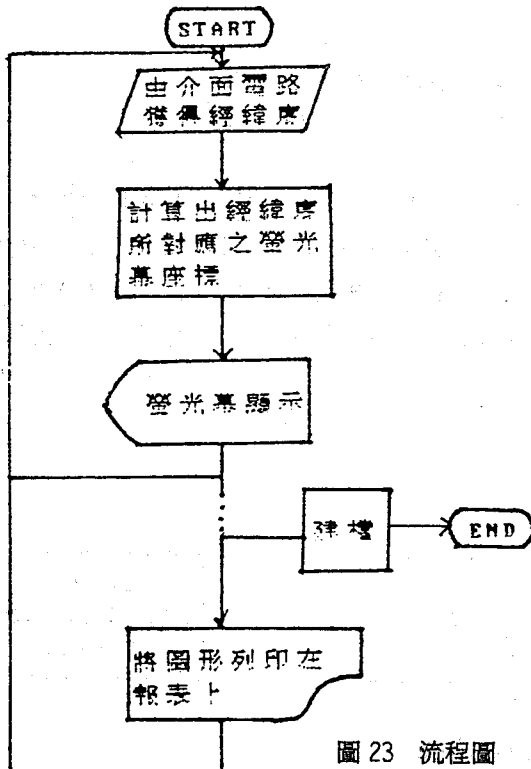


圖 23 流程圖

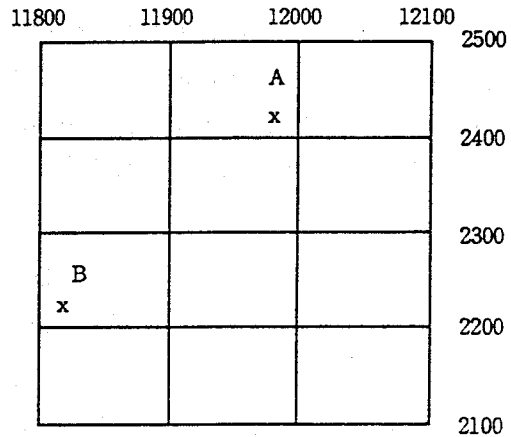


圖 24 螢光幕座標圖

(3) 將經度，緯度對應成為螢光幕座標：

以圖24所示，這12個格子全部設在螢光幕上，即做為巨觀區塊，而每一小格之長與高皆為一度的範圍。在螢光幕上的一點即為一分，一度為60分因此若在上角的螢光幕座標 X=500, Y=70, 時則經度121° 00'的螢光幕座標X=680, 而緯度為21° 00'的螢光幕座標Y=310。圖形上A點經緯度為119° 51' 緯度為24° 20', B 點經度為118° 25', 緯度為22° 25'。

以圖24, A點為例，其做法：A點經度對應螢光幕座標X，尋找到一整數經度值（即00分者，從較大的經緯度值開始），與A點經度值相減後不小於0，且最接近的整數經度值。以圖24為例為120° 00'，因此A點對應在螢光幕的X座標為：

$$(120^{\circ} 00' \text{線上的螢光幕X座標}) - (120^{\circ} 00' \text{與A點經度值差} - 40)$$

$$* 620 - (12000 - 11951 - 40) = 611$$

*說明：為何120° 00'在計算螢光幕座標時是在使用12000去運算其原因是在繪圖橫式下印出文字。

A點緯度值對應螢光幕座標Y之方法與上相同，所尋找到整數緯度以圖24為例為25° 00'則A點對應在螢光幕的Y座標為：

$$(25^{\circ} 00' \text{線上螢光幕上Y座標}) + (25^{\circ} 00' \text{與A點緯度之差} - 40)$$

$$70 + (2500 - 2420 - 40) = 110$$

B點所對應之螢光幕座標重覆以上方法可得出：

$$X = 560 - (11900 - 11825 - 40) = 525$$

$$Y = 190 + (2300 - 2225 - 40) = 225$$

綜合上述二結果，A點螢光幕座標 $X=661$ ， $Y=110$ ，B點螢光幕座標 $X=525$ ， $Y=225$ ，相連AB兩點就是船隻行走路徑記錄方法，若這些點有一堆，則在螢光幕上看到的就是一條航跡，如圖25所示。以

在一幾乎佔滿整個螢光幕的區塊，只表示一度的大小，其經緯度對應螢光幕座標的方法與前述雷同，只是比例變大了，唯一需特別處理的問題當船隻駛離這一度時的應變方法。當船隻超出這一度的部份必須轉至區塊之頂端，而螢光幕座標也需隨之轉移至正確的位置。

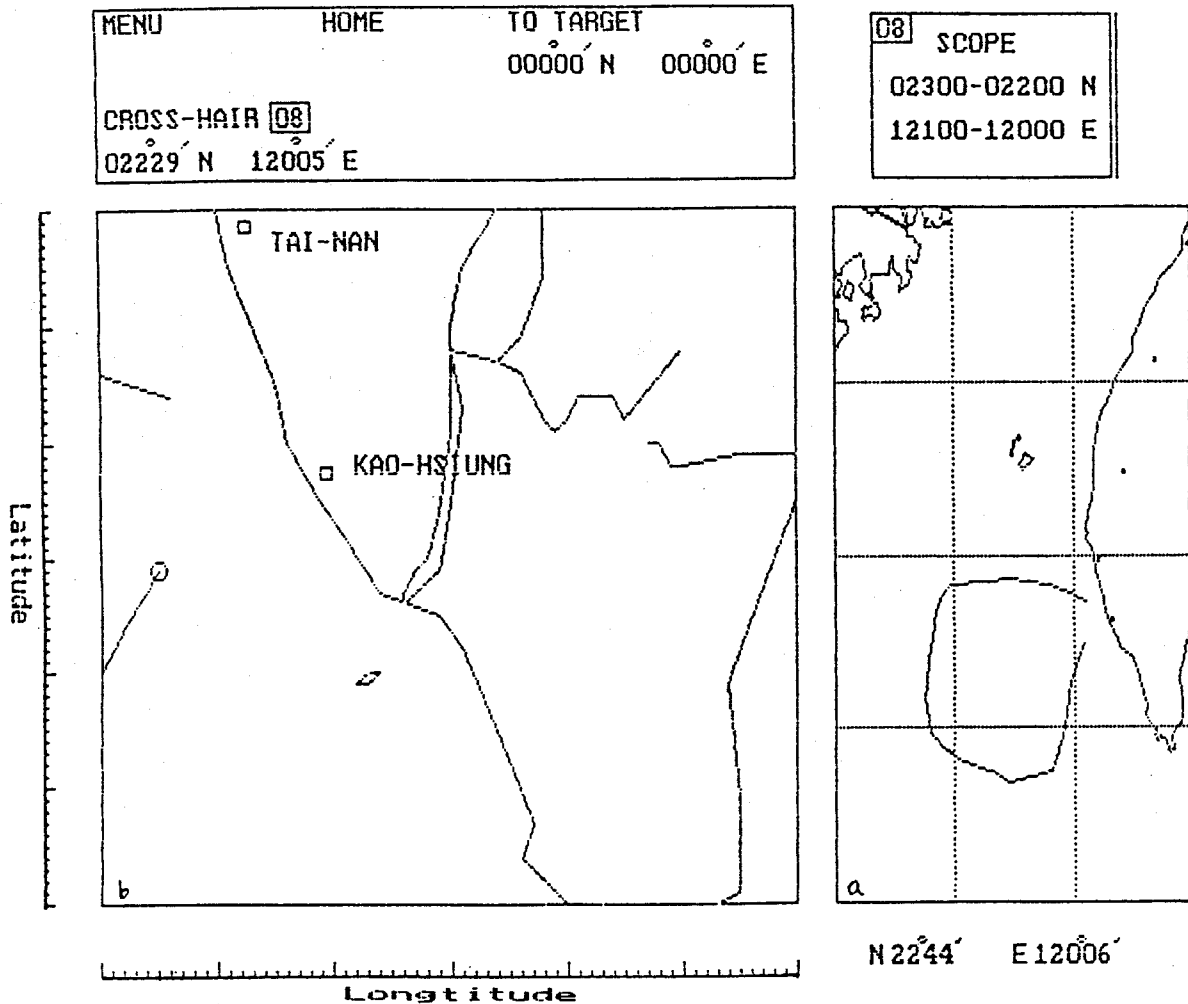


圖 25 航跡圖

上方法是將經度3度，緯度4度範圍的圖形全部設在一個螢光幕上，顯然得到的圖形太小，以圖25a所示，這個巨觀區塊中螢光幕上的一點是表示地圖上的一分，因此有製做微觀區塊的必要性，即以一大區塊只表示是巨觀程式中的其中之一，如圖25b所示。

六、航海儀器與電腦系統結合之實驗

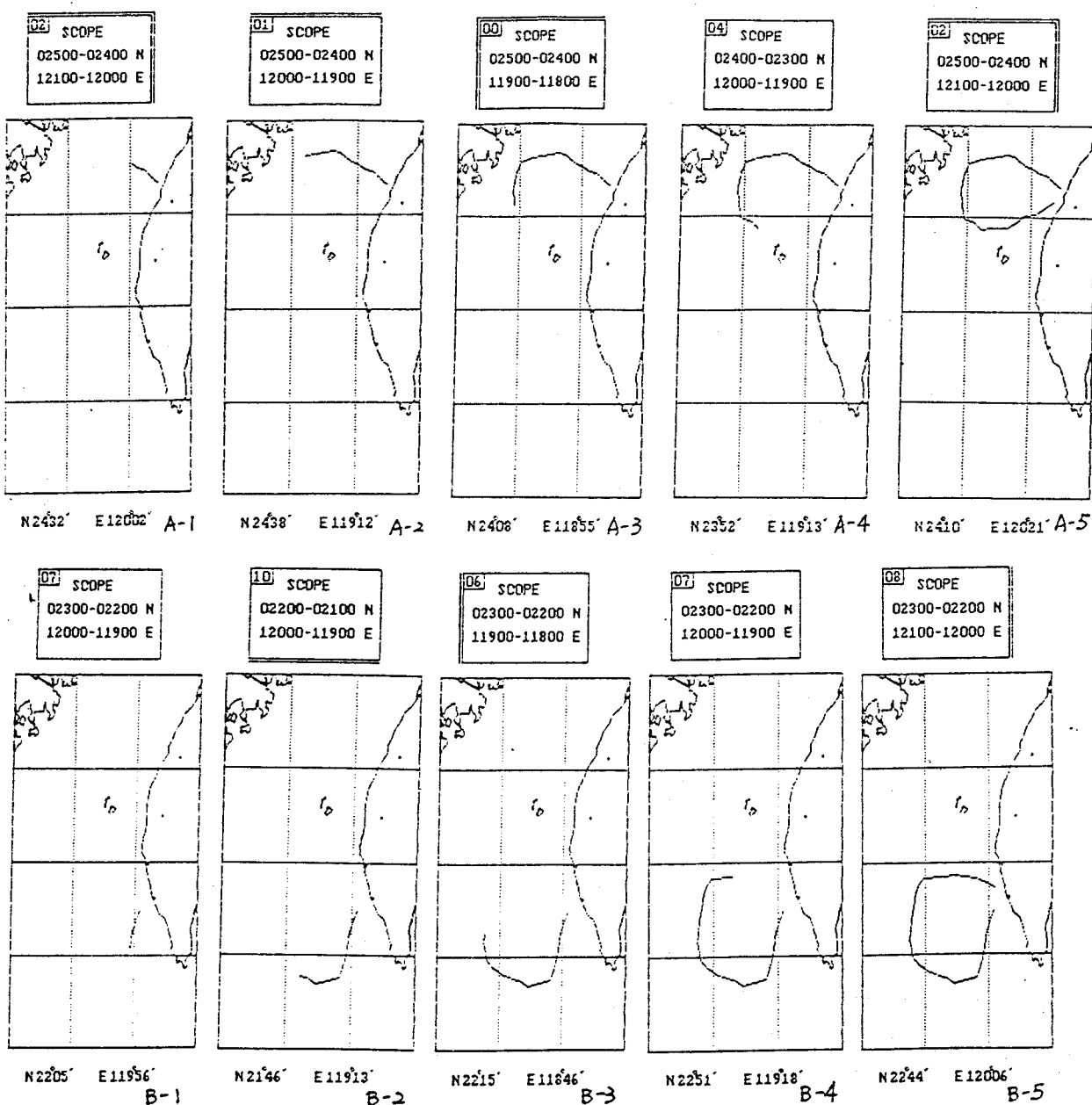
(1) 實驗的裝備：

本項實驗所使用裝備包含有羅遠C或衛星導航，個人電腦，單色螢光幕顯示器，及24針印表機(EPSON LX-570)五大部份，連接方式參考圖21所示。

(2)實驗一：

這次實驗的地區是選擇台中港附近的海域，因為台中港面臨台灣西部，是沿岸最突出之部份，寒流到的時候側風很大，為測試其精確度，所以特地選擇在八十年一月九日至一月十五日有強風及寒流時。業經高雄紅毛港籍的漁船滿順利號船長李先生之同意，將上述之裝備架設在甚駕駛艙的儀器架上

，因沒有船員證不能任意出港，所以指導他們操作及簡單的使用方法，該船是使用日本廠牌(FURUNO LC-70)的羅遠C做定位，所以此次實驗可說是羅遠C與電腦的結合。依電腦擷取資料之機會應可呈現各點之經緯度資料，但為便以此比較及檢討，故任取五點為例，實驗結果的航跡如圖A1~A5，其航跡的經緯度值如表一所示。



測 試 點	風力	
	日期	七級
	一月九日~一月十五日	
1	E N	120° 02' 24° 32'
2	E N	119° 12' 24° 38'
3	E N	118° 55' 24° 08'
4	E N	119° 13' 23° 52'
5	E N	120° 21' 24° 10'

表一

(3) 實驗二：

這次實驗地區是選擇在高雄港附近的海域，實驗船隻也是高雄港籍增益漁號，船長林先生，但是這條船的定位儀器是衛星導航儀(SAT-NAV802)型，所以此次實驗可說是衛星導航與電腦之結合，時間是選擇在農曆年後二月廿二日，為期一星期，實驗結果航跡如圖B1~B5所示，經緯度的統計如

測 試 點	風力	
	日期	六級
	二月廿二日~二月廿八日	
1	E N	119° 56' 22° 05'
2	E N	119° 13' 21° 46'
3	E N	118° 46' 22° 15'
4	E N	119° 18' 22° 51'
5	E N	120° 06' 22° 44'

表二

要執行，譬如捕魚或巡邏和緝私不願意依原航線來回行駛。所有實驗似乎未能盡善盡美，但已可得到不少寶貴的航跡和數據非常欣慰，況且航海儀器日新月異不斷的在研發，經一些先進國家的推廣，誤差會愈來愈小，精確度越可靠，所以該實驗的結果是具有價值的。

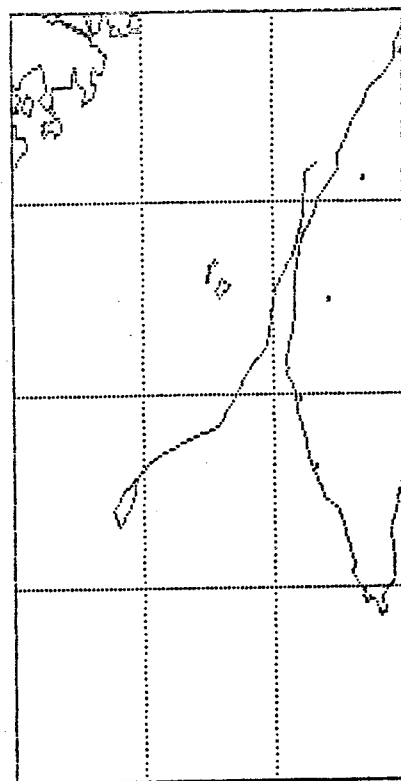
(4) 實驗三

此次所委託的實驗船是具有代表性，編號802及809緝私艇，這兩艘船是停靠台中港，透過管道經連絡之結果，編號802艇答應接收委託，並選擇在大陸客偷渡最盛的時機，三月十三日，該船羅遠、衛星導航皆有，由台中港夜間出航，做例行巡邏的記錄實驗，由航跡上可發覺在彰化及雲林兩縣的海上比較靠沿岸行駛，經查詢是說當時有狀況，而後又沿原航跡回航，如圖C所示。

(5) 實驗結果與討論

以上的實驗並未提到羅遠A，因為羅遠A所顯示的資料是時間(μs)並非經緯度，如要與上述裝備配合必須先將時間處理成經緯度的資料。

目前台灣雖然已經解嚴，但在機場及港口之管制仍然相當的嚴格，沒有船員證或海釣證，不能隨意出港，所以一切的實驗需費很多的口舌才能說服船長或艇長協助執行，可是他們出海另有其他任務



N 22° 33' E 118° 57' C

七、結 論

目前由美國國防部負責仍不斷的在發展新式的GPS，並由空軍太空部門(SPACE DIVISION)控制管理的一種太空連續運行的導航定位系統，其準確度較現有已使用數十年的羅遠C優越。該計劃是利用GPS的運作，以提高定位系統的精確度在一公尺以下。尤其是在1991年底，所有24顆衛星皆要發射升空，屆時在全球任何地方都可隨時接受到四個以上衛星的電波，具全天候及三度空間的導航定位。

未來GPS將成爲主要導航及定位的系統，傳統的導航產品將逐漸的被淘汰。各國都積極的在發展導航器，唯國內目前尚無廠商從事GPS產品之研究開發，惟多年來國內在資訊科技之發展導航奠定相當的基礎。所以本人在民國六十六年自空軍退伍之後仍不斷的在從事雷達，聲納及一般航海儀器，通訊器材，視聽器材的研究，在民國七十四年五月間完成聲納（魚探機）數位化的改良，目前再接再勵的研究羅遠，衛星導航和聲納電腦化，再配合日後國際間之發展，深信本研究在航運上，商船，漁船，飛機，甚至連公路警察或機動的巡邏車都可將行經的路徑繪成記錄，避免誤航，或假公濟私將巡邏車躲起來泡茶，或辦私事，致促使浪費國家的人力和財力，另並能維護所有航運之安全。

參考文獻

1. R. G. Goul and Y. F. Lum. communication Satellite System. An Overview of the Technology. 1975 IEEE Press.
2. George N. Krassner and Jackson V. Michaels: Introduction to space Communications 1964 McGraw-Hill Book Co.
3. William G. Schmidt. Editor: Communications Satellite Development Technology. Vol 42 1967 MIT Press AIAA
4. P. L. Bargellini. Editor: Communication Satellite Technology. Vol. 33 MIT Press AIAA
5. Nathaniel E. Feldman. Editor: Communication Satellite for 70's System Vol 26 1971 MIT Press AIAA
6. Gilbert E. Levean. Editor: Communication Satellite Development System Vol 41 MIT Press AIAA
7. David Jarett. Editor: Satellite Communication Future System 1976 MIT Press AIAA
8. Harry L. Van Tress: Satellite Communication. 1979 IEEE Press. COMSAT Technical Review: Communication Satellite Corporation.
9. Kamilo Feher: Digital Communications, Satellite/Earth station Engineering. 1983
10. James Martin: Communication Satellite System. 1978. Prentice-Hall Inc.
11. K. Miya: Statellite Communication Engineering. 1975.
12. K. Miya: Statellite Communication Engineering 1980. KDD Engineering and Consulting Inc.
13. Emanuel Fthenakis: Manual of satellite Communication. 1981. McGraw Hill Book Co.
14. Bhargava: Digital Communication by Satellite. 1981. John Wiley and sons.
15. James J. Spilker: Digital Communication by Satellite. 1977. Prentice-Hall Inc.
16. Radar And Electronic Navigation. G. J. Sonnenbarg Sixth Edition 1988.
17. Marine Electronic Navigation. S. F. Appleyard.
18. Kennedy "Electronic Communication System". Third Edition 東南書局
19. Tauf/Schilign "Principles of Communication System" 淡江書局
20. Zimer/Tranter "Principles of Communication" 歐亞書局
21. 直接廣播衛星的原理與接收裝置作者：林光輝 全華書局
22. Anritsu 航海儀器說明書.
23. Furuno Electric Co., LTD Loran Navigation System Model LC-30 說明書
24. 北聖企業有限公司代理歐克牌衛星導航儀 Walker SAT-NAV 802 412 說明書

25. 日本 Kodan Electronics Co., LTD Model LR-740/LR-740A 羅遠說明書
26. SL-727 型， TL-852 型， SML-808AC 型羅遠說明書
27. 蔡明志， Turbo C 程式語言 --- 入門與應用， 松岡書局， 80 年 02 月， 第 10 版
28. 蔡明志， The Walte Group's Turbo C 松岡書局， 80 年 04 月， 第 3 版
29. 蔡耀賢， Turbo C 繪圖入門與應用， 靖宇資訊科技股份有限公司， 80 年 02 月， 初版
30. 蔡文能， C 程式語言 (THE C PROGRAMMING LANGUAGE) 松岡書局， 79 年 6 月， 第 2 版

附錄

