

電算處理에 의한 로오란C의 船位精度

安 長 榮

Accuracy of the position fix of automatic Loran C to compute with micro computer

Jang-Young AHN

Summary

In order to be determined the position by Loran C receiver automatically, author make the formula of hyperbolic curves that is the equivalent of time differences and compute position with micro computer for them of 9970 chain of Loran C to be measured on the A, B and C courses in the south coast, and compare the computed positions with positions by Radar.

The computed positions around them by Radar on the A course make two groups in the east and west but on the B and C courses are scattered in all directions.

On the A, B and C courses, the ranges of total errors of the computed positions to them by Rader are 0.16-1.40 miles, 0.10-1.30 miles and 0.38-1.27 miles, and the mean values of them are 0.63 miles, 0.66 miles and 0.81 miles, and its standard deviations are 0.25 miles, 0.31 miles and 0.26 miles respectively.

緒 言

海上船舶들이 船位를 決定하는 데는 地域的인 狀況에 따라 레이더, 로오란, 오메가, NNSS 등 여러가지 航法을 利用하고 있다. 그중 가장 普遍的이고 高精度의 電波測位方式의 하나인 로오란C 航法은 地域的인 影響과 測定時機에 따른 影響이 커서(Sonnenberg, 1978) 많은 誤差가 유발되므로 이에 관한 研究(今津·林, 1976; 濱田等, 1980; 1981; 1982)가 많이 되고 있다.

또한, 現在 使用되고 있는 로오란C 航法은 主從局間的 時間差를 測定하여 로오란C 海圖나 表에 의하여 船位를 決定하여야 하므로 不便할 뿐만 아니라 時間的인 損失로 인하여 海上事故의 우려가 惹起되고 있다(정, 1980; 金, 1977). 이에 대한 보완책으로 測定된

時間差를 短時間內에 自動的으로 位置를 구할 수 있도록 計算過程을 電算化할 必要性이 있다(栗村, 1977).

本 研究는 로오란C의 位置線을 球面雙曲線으로 생각하여 時間差에 따른 球面雙曲線을 漸長圖上에 等角 寫像한 曲線式에 의하여 船位計算過程을 電算化하였으며, 이러한 方法으로 구한 로오란C의 9970 체인의 船位精度를 레이더로 測定한 位置와 比較 檢討하였다.

理論的 解析

Fig.1 과 같은 球面直交座標系에서 로오란C의 主從局 O, O' 를 通하는 大圈인 x 축을 基線, 基線의 中點 M에서 垂直인 大圈 y 축을 基線中央線이라 할 때, 受信點 R 은 (1)式과 같은 球面雙曲線上에 있게 된다(並川, 1955; 平岩, 1971).

$$\sin x = \frac{\sin^2 a \cos^2 c}{\sin^2 c - \sin^2 a} \sin^2 y + \sin^2 a \dots\dots\dots (1)$$

但, $2c$: 主從局間의 距離

$2a$: 受信點에서 主從局間의 距離差
($2a = d_2 - d_1$)

또한, 球面上的의 直交座標 x, y 를 地理學的의 經緯度 (L, ℓ) 로 換算하면 다음과 같다.

$$\sin \ell = \sin x \sin X + \sin y \sin Y + \sin \ell_0 \sqrt{1 - \sin^2 x - \sin^2 y} \dots\dots\dots (2)$$

$$\sin(L-L_0) = \frac{\sin x \sin Z_0 - \sin y \cos Z_0}{\cos \ell} \dots\dots\dots (3)$$

但, X, Y : 北極의 球面直交座標.

L_0, ℓ_0 : 基線의 中心 M 의 經緯度.

Z_0 : 中心 M 에서 본 基線의 方位

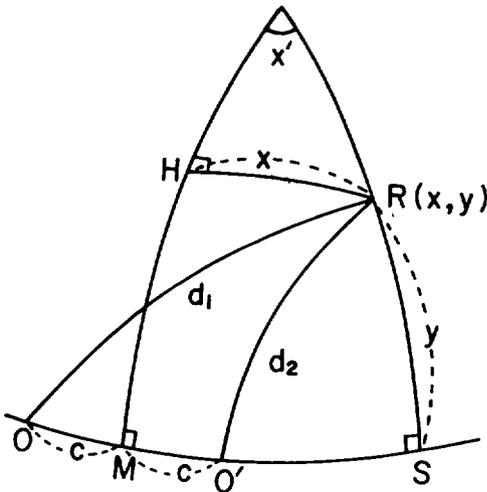


Fig. 1. Geometrical relation of the receiving station and transmitting stations of Loran C in spherical coordinates.

여기서 地理學的의 經緯度와 球面直交座標와의 關係式을 구하기 위하여 (2), (3)式에 의하여 $\sin y$ 를 구하면 (4)式과 같다.

$$\sin y = \frac{fp - q \pm \sqrt{(q - fp)^2 - (d - f^2)(h^2 + dk)}}{d + f^2} \dots\dots (4)$$

但, $d = \sin^2 \ell_0$

$$f = \cos Z_0 \sin X + \sin Z_0 \sin Y$$

$$h = \sin Z_0 \sin \ell - \sin(L-L_0) \cos \ell \sin X$$

$$k = \sin^2(L-L_0) \cos^2 \ell - \sin^2 Z_0$$

$$p = \sin Z_0 \sin \ell - \sin(L-L_0) \cos \ell \sin X$$

$$q = \cos Z_0 \sin(L-L_0) \cos \ell \sin^2 \ell_0$$

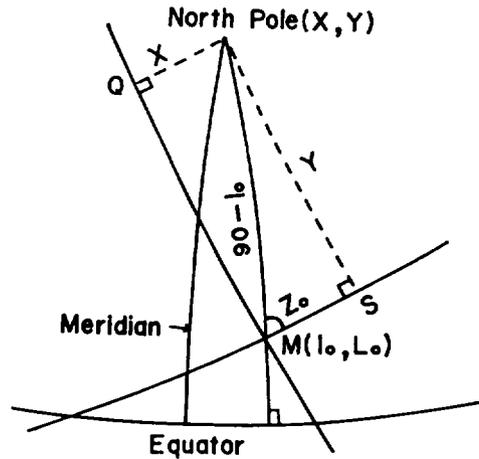


Fig. 2. Rectangular coordinates of the north pole on the spherical surface.

Fig.2에서 球面三角形 PMS와 PMQ가 直角球面三角形이라고 하면

$$\sin X = \cos Z_0 \cos \ell_0$$

$$\sin Y = \sin Z_0 \cos \ell_0 \dots\dots\dots (5)$$

但, $0^\circ \leq Z_0 < 180^\circ$

이므로 (5)式과 (4)式에 의하여 $\sin y$ 를 구하고, 이를 (3)式에 代入하여 $\sin x$ 를 구하면 다음과 같다.

$$\sin y = \sin Z_0 \sin \ell \cos \ell_0 - \cos Z_0 \cos \ell \sin(L-L_0) - \sin Z_0 \cos \ell \sin \ell_0 \cos(L-L_0) \dots\dots\dots (6)$$

$$\sin x = \sin Z_0 \cos \ell \sin (L-L_0) + \cos Z_0 \sin \ell \cos \ell_0 - \sin Z_0 \cos \ell \sin \ell_0 \cos (L-L_0) \dots (7)$$

임의 지점의 經緯度 L_1, ℓ_1 에서의 時間差를 測定하여 위의 (1), (2), (3), (6), (7) 式을 利用해서 그 時間差에 해당하는 球面雙曲線을 구한 後, 임의의 지점에서 가까운 球面雙曲線上을 通過하는 接線을 구한다. 그 接線의 交點을 計算위치로 하여 (井欄, 1977) 임의지점과의 距離誤差 dS 가 ϵ 以內가 될 때까지 반복계산해서 測定한 時間差에 대한 計算位置로 하였다.

이러한 理論式을 로오란C의 自動船位位置決定시스템에 利用하기 위한 計算機 시뮬레이션의 flow chart 는 Fig.3 과 같다.

資料 및 方法

로오란C의 時間差를 測定한 海域은 Fig.4 와 같이 우리나라에서 航海가 가장 頻繁한 南海岸一帶를 택하였으며 釜山과 濟州사이를 A 코오스로, 濟州에서 紅島附近까지를 B 코오스로, 濟州에서 小黒山島의 方向을 C 코오스로 하여 測定하였다.

測定에 使用한 로오란C 受信機는 本大學 實習船인 白鯨號에 設置된 LC-200 型(日本 FURUNO製) 自動受信機였으며 時間差 測定은 測定地域에서 대체적으로 受信狀態가 良好한 北西太平洋 체인인 9970 체인의 X, Y從局을 選擇하여 약 30 分間隔으로 測定하였으며, 雜音의 레벨이 比較的 높은 7월의 夜間에 거의 行하였다.

位置의 精度評價는 測定한 時間差를 電算處理하여 구한 計算位置와 레이다로 구한 位置와를 比較하여 레이다位置에 대한 計算位置의 偏位量을 구하였다.

結果 및 考察

測定한 時間差에 해당하는 位置를 計算하기 위하여, 로오란C의 9970 체인의 主局과 X 및 Y從局에서 基

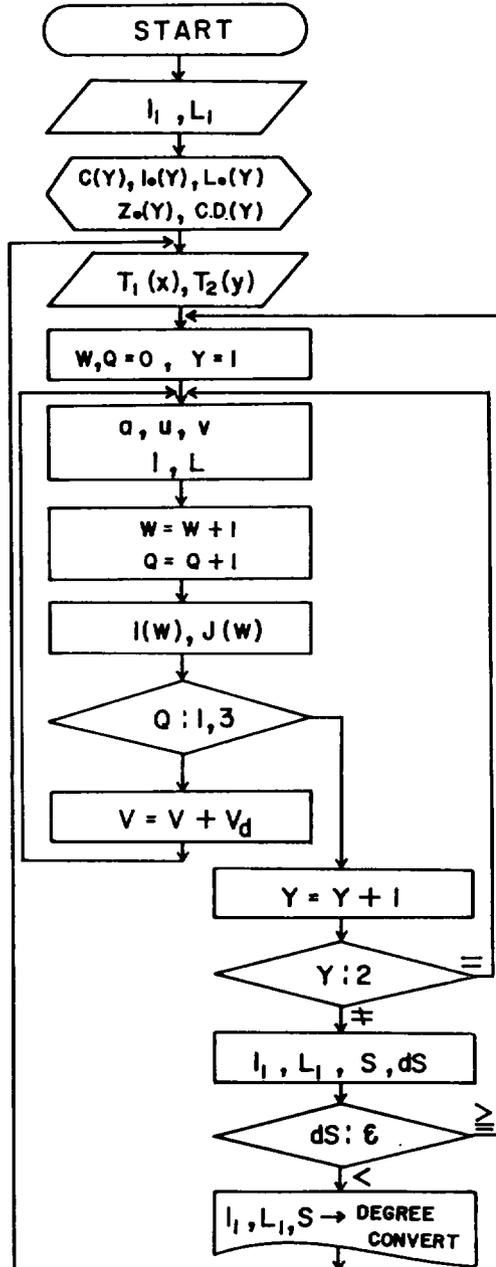


Fig. 3. Flow chart for the computation of position fix of Loran C.

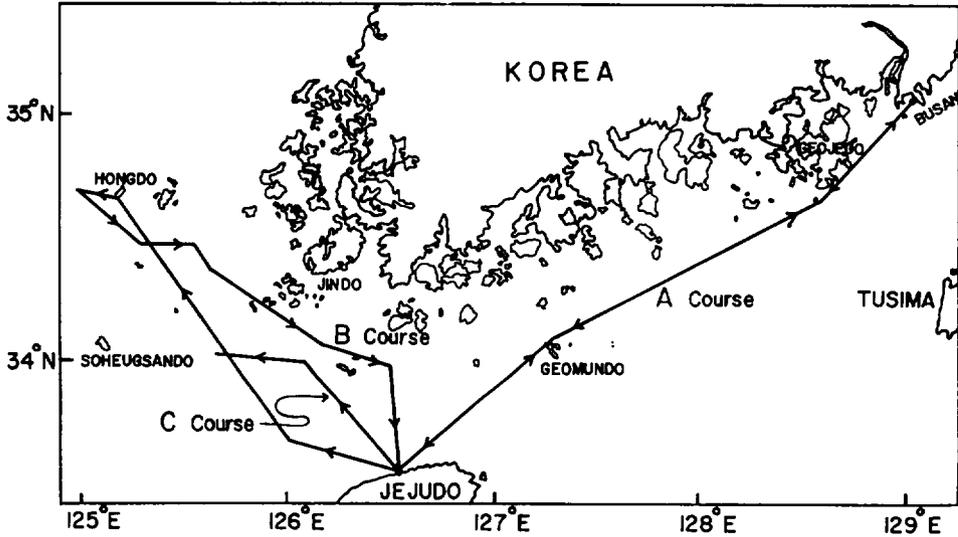


Fig. 4. Courses to measure the time difference of Loran C.

선의 中點M까지의 距離, 中點M의 經緯度 및 基線의 한 各 從局의 送信遲延時間은 Table 1 과 같다. 中點에서 본 基線의 方位 Z_0 를 구한 結果와 主局에 대

Table 1. Relation of center of base line and master and slave stations.

	Distance from Ts to M(Mile)	Position of M	Bearing of base line at M	Transmitting delay of slave station to Ms(μ S)
M_s S_x	540.58862	33° 46' 35.00"N 142° 36' 6.94"E	5° 14' 47.9"	36785.12
M_s S_y	359.97162	25° 51' 9.05"N 134° 47' 22.20"E	98° 40' 58.2"	59453.18

Ms: Master station
 Sx: X slave station
 Sy: Y slave station
 M :Center of base line
 Ts: Transmitting station

Table 1의 局의 位置, 從局의 送信遲延時間 및 測定한 時間差를 使用하여 Fig.3의 ϵ 이 0이 될 때까지 2~3회 반복계산하여 計算位置를 구하였다.

Fig.5(a), (b)는 A, B, C 코오스를 航海하면서 測定한 時間差를 理論式에 代入하여 구한 計算位置와 레이더

로 구한 實測位置로써 實測位置를 基準으로 하여 나타낸 計算位置의 分布圖이다.

Fig. 5(a)에서 A코오스의 計算位置들은 實測位置에서 166° 方向과 346° 方向을 연결하는 線을 基準으로 하여 대체로 東과 西로 分布하였다. 여기서 동쪽群

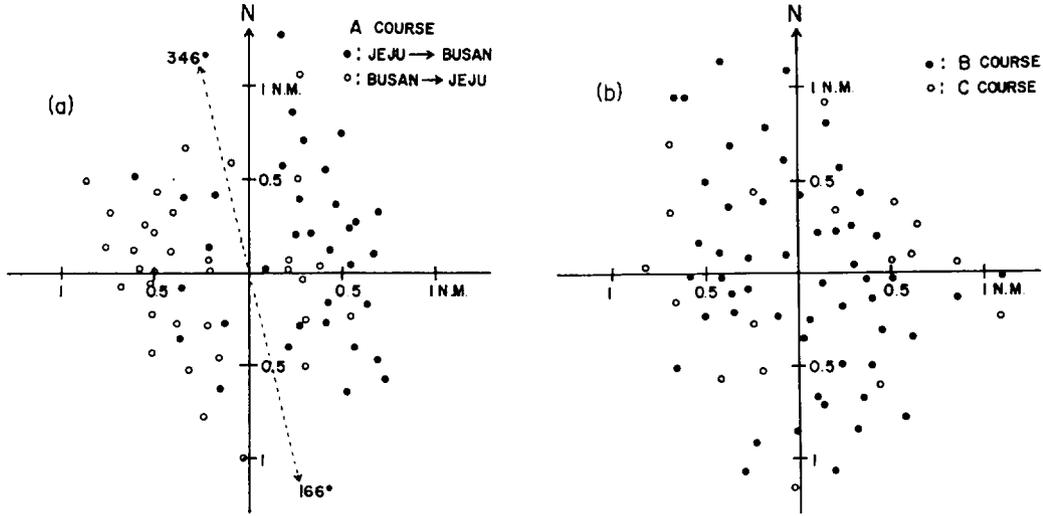


Fig. 5. Distribution of computed positions for the time differences of Loran C around the position by Radar.

은 濟州에서 釜山으로, 서쪽群은 釜山에서 濟州로 航海時에 각각 測定한 位置들이다.

레이다位置에 대한 計算位置의 偏位量은 0.5마일 以內가 28%이었으며, 1마일 以內가 92%로 대부분 1마일 以內이었다. 총 64개의 計算位置들의 誤差의 範圍은 0.16 ~ 1.40 마일이었으며, 誤差의 平均은 0.63 마일이고, 標準偏差는 0.25 마일이었다.

Fig.5 (b)에서 B코스 및 C코스의 計算位置는 實測位置를 中心으로 광범위하게 散在하였으며, 偏位量은 0.5 마일 以內가 31%이고 1마일 以內가 83%이었다.

B코스의 총 53개의 計算位置들의 實測位置에 대한 誤差의 範圍은 0.10 ~ 1.30 마일이고, 誤差의 平均은 0.66 마일이며 標準偏差는 0.31 마일이었다. 또한, C코스의 총 19개의 計算位置들의 誤差의 範圍은 0.38 ~ 1.27 마일이고, 誤差의 平均은 0.81 마일이며 標準偏差는 0.26 마일이었다.

여기서 實測位置에 대한 計算位置들이 A코스에서는 양쪽으로 偏在하고 B, C코스에서는 광범위하게 散在하고 있는 것은 A코스에서는 레이다位置를 구하는데

利用되었던 物標들이 針路를 中心으로 한쪽에 치우쳐 있고 B, C코스에서는 사방으로 散在하여 있어서, 한 物標의 方位와 距離에 의하여 구한 레이다位置에 觀測誤差가 포함된 때문이며 또한, 로오란C受信機의 測定誤差와 公式誘導誤差 및 로오란C와 레이다의 觀測時差 등에 의한 累積誤差 때문이라 생각된다.

摘 要

本 研究는 主從局間의 時間差를 測定하여 로오란海圖나 表에 의하여 船位를 決定하는 로오란航海法을, 測定된 時間差에 의하여 自動적으로 船位가 計算되도록 하기 위하여 그 計算過程을 誘導하여 電算化하였으며, 이러한 方法에 의한 測定船位의 精度를 파악하기 위하여 우리나라 南海岸의 A, B, C코스를 航海하면서 測定한 로오란C의 9970 체인의 時間差에 대한 計算位置를 레이다位置와 比較하였다.

그 結果 A코스를 왕복하면서 測定한 計算位置들은 레이다 位置를 中心으로 동서방향으로 두 군을 形

成하였으며, 誤差의 範圍는 0.16 ~ 1.40 마일이었고 誤差의 平均은 0.63 마일, 標準偏差는 0.25 마일이었다. 그리고 B, C 코오스의 計算位置들은 레이다 位置를 中心으로 광범위하게 散在하였으며, B 코오스의 計算位置들의 誤差의 範圍는 0.10 ~ 1.30 마일이었고 誤差의

平均은 0.66 마일, 標準偏差는 0.31 마일이었다. 또한, C 코오스의 計算位置들의 誤差의 範圍는 0.38 ~ 1.27 마일이고 誤差의 平均은 0.81 마일, 標準偏差는 0.26 마일이었다.

引用文獻

- 濱田悅之・齋藤清隆・鈴木 裕, 1980, 로텐C의 陸上 傳搬速度による 補正とその効果について, 日本航海學會論文集, 63:71 ~ 75.
- 濱田悅之・齋藤清隆, 1981, 로텐C의 陸上傳搬速度による 補正とその効果について-Ⅱ, 日本航海學會論文集, 65 : 83 ~ 87.
- 平岩 節, 1971, 船位論, 成山堂 : 1 ~ 81.
- 今津準馬・林 尚吾, 1976, 로텐C受信波形と時間差測定法の研究, 日本航海學會論文集, 56:47~52.
- 井潤健二, 1977, 電卓による 로텐測位, 日本航海學會誌, 53 :31 ~ 36.
- 정세모, 1980, 전파항법 (기초편), 한국해양대 학해사도 서출판부 : 103 ~ 179.
- 金尙漢, 1977, 電波航海學(理論과 實務), 太和出版社 : 123 ~ 190.
- 栗村靜男, 1977, 로텐-C受信機, 日本航海學會誌, 54: 6 ~ 9.
- 並川能正, 1955, 로텐位置의 線と平面雙曲線, 14 : 31 ~ 35.
- 齋藤清隆・濱田悅之・春日 功・栗田嘉有・喜多澤 彰, 1982, 로텐C의 陸上傳搬速度による 補正とその効果について-Ⅲ, 日本航海學會論文集, 67: 109 ~ 114.
- G. J. Sonnenberg. 1978, Radar and Electronic Navigation, Fakenham Press Ltd: 175~194.