

韓國近海에서의 電波航法 適用에 關한 考察

宋 武 永

韓國海洋開發研究所

BRIEF NOTE ON THE RADIO NAVIGATION SYSTEMS IN THE SEA AROUND KOREA

Moo Young Song

Korea Ocean Research and Development Institute, KIST

ABSTRACT

Korea has not any fixed station for Radio Navigation systems yet. In some part of the Korean Sea, however, Japanese stations can be utilized for the Radio Navigation.

3 Decca chains were proposed to install the Decca Navigation network for Korea. Only for the coverage area, 1 Decca chain is sufficient for the sea around Korea instead of 3 chains.

At present, Omega system is the most recommendable for the positioning in the farther area. In nearshore area, Raydist or Decca Trisponder is useful for obtaining the position with high accuracy.

緒 言

海洋探査에서의 精密한 位置測定은 海底地形이나 地質, 地球物理 등 流動性이 없는 海底情報를 얻고자 할 때 차후 同一 地點을 다시 찾을 수 있어야 한다는 觀點에서 매우 重要視된다. 緊急한 海難救助나 敵의 出現에 對한 迅速한 對應, 또는 海底 石油資源을 探査할 때 試錘孔의 選定 등에서는 位置 測定의 약간의 誤差가 큰 失敗의 原因이 될 수 있다. 그러나 海上에서는 物標가 많은 陸上에서와 달리 適合한 測定機器 없이 位置나 方向을 把握하기가 매우 곤란하다.

韓半島 近海에는 東海, 南海의 一部에서만 LORAN에 依한 船位測定이 可能할 뿐, 그의 他 海域에서는 現代의 電波航法適用이 困難한 狀態이다. 더구나 이 LORAN의 誤差範圍는 1~2km에 達한다. 그러므로 때로는 比較的 遠距離 海域에서 推測航法(Dead Reckoning)으로 豫定 地點에 接近하는 境遇, 그 觀測 資料의 信憑性

이 問題視 될 수 있다.

따라서 본 小考에서는 電波航法이 보다 精密한 船位 決定을 위해 尙차 國家的 次元에서 推進될 것으로 가정하여 現時點에서도 利用可能한 人工衛星電波航法과 Omega法을 檢討하고 Decca 觀測網을 設置할 경우 送信局의 후보지점과 기타 近距離 電波航法을 考察하고자 한다.

主要 電波航法 比較

第2次 世界大戰 以後 電波技術 發達の 附産物로서 電波航法이 開發되었고 美國에서는 LORAN (Long Range Navigation)을 중심으로, 英國을 위시한 유럽에서는 Decca를 중심으로 여러 가지 電波航法이 發達하였다(Mourad, 1975). 이러한 電波航法들은 位置를 이미 알고 있는 數個의 送信局으로부터 보내진 pulse의 到達時間差, 受信된 信號의 位相差 등을 利用하여 距離를 計算하고 觀測點의 位置를 測定할 수 있다(Dobrin, 1976; Sheriff, 1974).

1957年 人工衛星 Sputnik 1號가 發射되었을 때 人工衛星 信號의 Doppler 效果를 觀測한 後부터 人工衛星을 利用한 새로운 電波航法이 개발되고 1968年에 一般化되기 시작했다. 陸上에 送信局을 設置하여 利用하는 電波航法은 電子機器의 發達에 따라 多樣化되었다. 이들중 主要한 電波航法은 週波數, 測位範圍, 誤差範圍등에 따라 表 1 과 같이 整理될 수 있다.

이 電波航法들은 位置測定 方法에 따라 크게 3大分할 수 있으며 이들은 Doppler 效果를 利用한 NNSS法, 拋物線 測位線을 이용한 方法 및 送信局과 觀測點의 直線距離를 직접 적용하는 同心圓 測位法이다. 이들을 各各 項을 달리하여 그 適用方法과 問題點을 檢討하겠다.

1. NNSS法(Navy Navigation Satellite System)

軌道를 알고 있는 人工衛星이 通過할 때 그가 보내는 信號가 觀測點에서 Doppler 效果를 일으키고 이로부터 觀測點의 位置를 알아내는 方法이다. 人工衛星 軌道函數의 係數를 알기 위해서는 追跡局에서 계속 衛星의 運動을 觀測하여 計算하고 이를 人工衛星의 記憶裝置에 注入시켜

놓음으로서 人工衛星은 이 軌道要素를 送信하여 觀測點에서 受信할 수 있게 한다. 또 受信週波數의 Doppler 曲線으로부터 衛星 通過 最近接點을 計算하고 이 近接點과 觀測點間의 距離를 算出한다.

地上 補助 施設은 追跡局, 計算센터, 軌道情報 送信局으로 分類되며 追跡局은 美國의 Maine, Minnesota, Pointmugu, 및 Hawaii에 設置되어 있다. 한번 追跡局觀測으로부터 計算된 軌道要素는 半日分 이상 동안 衛星軌道를 豫測할 수 있다.

現在까지 利用되는 視野通過衛星은 表 2와 같다(Kimura et al, 1973).

衛星을 S , 受信點 R , 安定된 週波數 f_T , 受信週波數 f_R 이라 하고 時間에 따라 受信週波數를 그릴때 受信週波數와 基線과의 差인 Doppler 週波數 $\Delta f(t)$ 는 衛星과 受信點의 時刻에 따른 距離의 變化率과 같다. 最接近時에는 送信, 受信週波數가 같아지며 週波數 變化率이 最大이다. 이때의 時刻를 t_c 라 하고 衛星의 最接近點과 觀測點間의 距離 D_c 는 週波數 曲線의 傾斜로부터 求할 수 있다. 軌道要素를 受信하므로 t_c 때의 衛星 位置 S_c 를 求하고 그로부터 D_c 를 考慮하면

Table 1. Comparison of important radio navigation systems.

Type	Systems	Frequency	Range (mf)	Accuracy (ft)	Principle	Remarks
Satellite	NNSS	150 MHz 400 MHz	unlimited	150	Doppler shift	U.S. Navy operation Fix every 1~2 hr with 4~5 satellites
Low-freq.	Loran A	1,900 KHz	600~750	25000	Pulse timing	Government maintained; hyperbolic
Radio	Loran C	100 KHz	1,500	100~1500	Pulse+phase timing	Government maintained; hyperbolic
	Omega	10~14 KHz	6,000	1500~10000	Pulse phase	Government maintained; hyperbolic
Medium frequency radio	Decca	70~130 KHz	200~300	25~500	CW phase	Hyperbolic; 4 frequencies
	Lorac	1.6~2.5 MHz	150~250	25~300	CW phase	Hyperbolic; 2 frequencies
	Raydist DM	1.6~3.3 MHz	50~200	25~200	CW phase	Circular; 4 frequencies
	DR	1.5~5 MHz	50~200	25~200	CW phase	Circular; 2 frequencies
	N	1.5~3 MHz	150~250	25~300	CW phase	Hyperbolic; 2 frequencies
High frequency	Toran	1.6~3.8 MHz	150~250	25~300	CW phase	Hyperbolic or Circular; 2 freq.
	Shoran	210~310 MHz	70	30~100	Pulse timing	Circular; 3 frequencies
	Hydrodist	2800~3200MHz	30	10~100	CW phase	Circular; 4 frequencies
	Trisponder	9500 MHz	15~50	10~20	Pulse timing	Circular; uses transponders

地球上의 R點 位置를 알 수 있다.

즉 $D(f) = [D_c^2 + v_c^2(t-t_c)^2]^{1/2}$ (v_c : 인공위성 속도)이고 $t=t_c$ 일때 $\Delta f(t)=0$ 로서,

$$D_c = \frac{f r v_c^2}{c} / \left[\frac{d\Delta f(t)}{dt} \right]_{t=t_c} \text{이다. (c: 光速度)}$$

船上에서 位置를 測定하려면 受信器와 計算機器만 갖추면 되지만 적지 않은 예산이 필요하다. 衛星 通過 時刻사이의 船位測定은 內插法에 의해 求할 수 있으나 이때는 海底面에 對한 Doppler Sonar등 또 다른 Hardware를 갖추어야 하는 難點이 있다.

2. 拋物線 電波航海法

測位線(Line of Position)은 送信局으로부터 同一距離 延長線이나 두 送信局으로부터의 同一位相差 延長線에 基礎를 두고 있으며 그림 1에 例示된다. 두 隣接 測位線間의 距離는 lane이라 하고 두 測位線의 交叉로부터 位置가 결정된다 (Dobrin, 1976).

拋物線法은 한쌍의 두 隣接 送信局 사이의 同一 lane 數差를 延長하여 얻어진 一群의 拋物線과 이 두 送信局중 1개를 共有하는 다른 한쌍의 送信局들로부터 얻어지는 拋物線群과의 交叉에 의해 位置를 결정하는 方法이다. 이는 週波數範圍에 따라 Omega, Loran, Decca 등으로 區分된다.

(1) Omega; 隣接하는 두 送信局들 間의 距離가 LORAN 보다 20배이상 遠距離이므로 送信

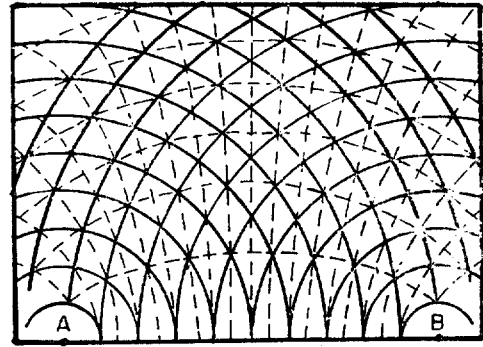


Fig. 1. Lines of position (LOP), circles, hyperbolas, ellipses.

局의 出力이 強해야 하는 반면 拋物線의 發散이 적어 送信하는 波長에 비해 正確한 位置 決定이 可能하다(白聖基 1978). 또한 Sky Wave要素를 감안한 校正法을 利用하면 LORAN A보다도 精密度가 큰 航法이다(日本海上保安廳 1976). 全世界의인 Omega 送信局은 Norway, Trinidad (Liberia가 대치 예정), Hawaii, North Dakota, La Réunion, Argentina, Australia 및 Japan이며 이들중 일부는 아직도 건설중에 있다. 이 送信局들은 10.2KHz, 11.3KHz, 13.6KHz의 pulse를 送信하되 각 pulse사이 에 1~10초의 間격을 유지시키므로서 각각 固有性을 갖게 한다. 船位를 測定하려면 船舶에서는 Omega受信器, Omega地圖 및 Omega 傳播訂正表를 所持하고 그 利用法만 習得하면 充分하다.

Table 2. Present transit satellites.

Registered No.	Launch D.	Frequency, input power	Frequency stability	Perigee apogee	Period inclination
1B 1960. T1	1960. 4. 13.	54/324 MHz 162/216 MHz 75.200 MW	5×10^{-10} 5×10^{-9}	745km 373km	95.8min. 50.3°
2A 1960. H1	1960. 6. 21.	54/324 MHz 162/216 MHz		1,070km 626km	101.7min. 66.7°
3B 1961. H	1961. 2. 21.	54/324 MHz 162/216 MHz	5×10^{-10} 5×10^{-10}	822km 188km	94.5min. 28.4°
4A 1961. O1	1961. 6. 29.	54/324 MHz 150/400	2×10^{-10} 2×10^{-10}	1,003km 859km	103.7min. 67.0°
4B 1961. AH1	1961. 11. 15.	54/324 MHz 150/400 MHz		1,127km 937km	105.6min. 32.4°

(2) Loran; 이는 主局의 양측에 1개씩 2개의 從局으로 構成되며 基線은 主局과 從局間을 200~600mile로 연결된다. 主局에서 pulse를 보내면 從局에서 受信하고 잠시후 變調시켜 再送信한다. 基線의 距離와 送信週波數에 따라 Loran A, Loran B, Loran C로 區分되며 Loran C는 精密度는 높으나 適用 範圍가 좁다. 全 世界的인 Loran 送信網은 그림 2 와 같고 夜間에는 適用範圍가 증가한다. 우리 나라의 東海와 南海의 一部에서는 日本의 Loran局을 利用하여 位置를 測定할 수 있으나 西海에서는 不可能하다. 船舶에는 Loran 受信器와 測位線이 表示되어 있는 Loran地圖를 갖추어야 한다(海上保安廳 1976).

(3) Decca; Decca의 測位線은 拋物線이면서도 Omega, Loran등의 pulse 信號와는 달리 CW (Continuous Wave)를 送受信하는 航法이다. 基線의 距離는 平均 150km이고 1개의 主局에서 보내진 70~130 KHz의 CW信號를 Purple, Red, Green의 3개 從局에서 受信, 變調, 再送信한다.

觀測點에서 受信되는 두 從局으로부터의 信號의 同一 lane數差가 拋物線을 形成하며 測位線으로 使用된다. 測位範圍는 基線 中央으로부터 500~600km에 達한다.

全世界的인 Decca觀測網은 그림 3 에 圖示되었다. 韓半島 附近에서는 南海 일부에서만 日本 Decca觀測網을 利用할 수 있다. 그림 4 는 Decca Navigator Co.에 依해 提案된 韓半島 近海 Decca 豫定觀測網이다. 이는 3개의 獨立체인(chain)으로서 西海中部, 南西海 및 東海中部에 位置하며 測位範圍는 韓國 領海를 全체 포함하고 精密度는 1海哩이하이다. 그러나 設置, 運營費가 크다는 難點이 있다.

그림 5 는 3개의 Decca체인 대신에 1개의 체인을 設置할 경우 추천 가능한 送信局과 그 測位領域이다. 이들 送信局의 位置는 표 3 와 같다. 1개의 Decca체인 설치의 경우, 送信局들은 內陸側에 存在해야하며 高度가 높아야 한다.

대체로 Decca체인이 精密하면 精密度가 增加

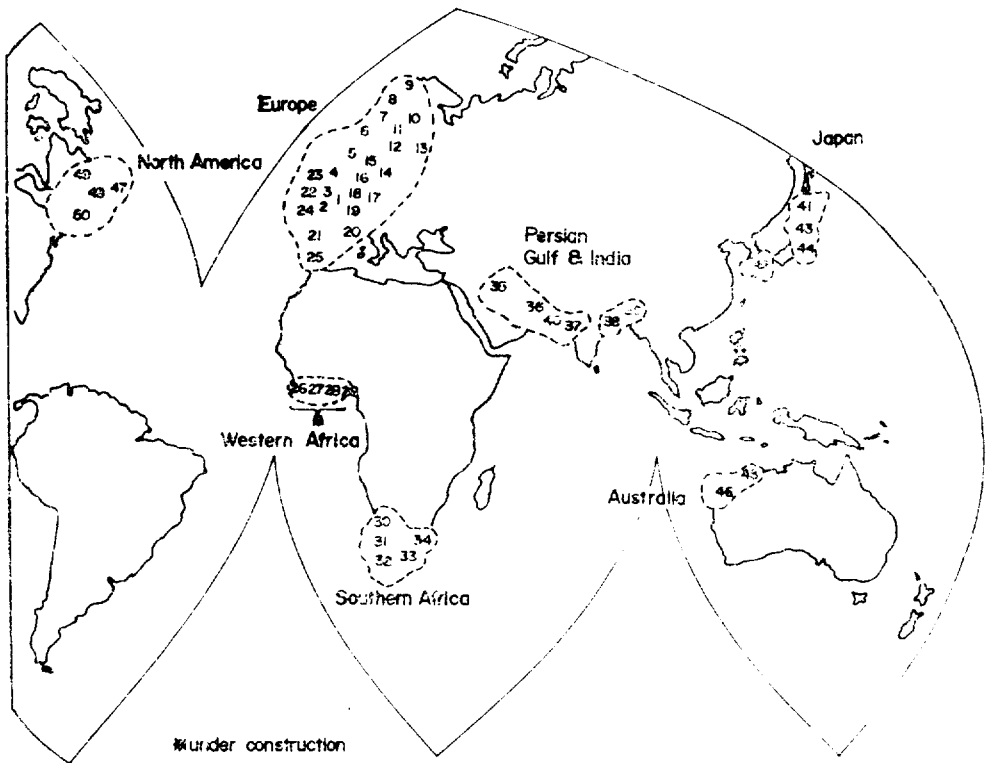


Fig. 3. Worldwide Decca radio location network.

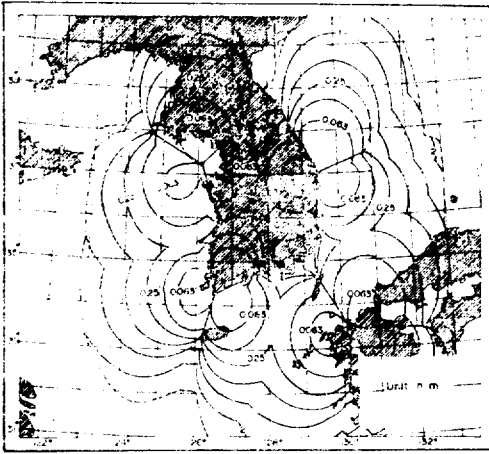


Fig. 4. Night coverage and accuracy diagram by Decca plan.

Table 3. Possible stations of 1 Decca chain.

Station	Place	Altitude(m)	Distance from M (km)
Master	北 德 裕 山 (全北茂朱郡)	1,594	—
Purple	華 岳 山 (京畿加平郡)	1,468	240
Red	月 出 山 (全南靈巖郡)	809	151
Green	加 知 山 (慶南密陽郡)	1,240	115

하므로 與件에 따라 Decca체인數를 선택할 수 있다. 英國 주변에서는 아주 稠密한 Decca觀測網이 設置되어 있는 반면 프랑스, 스페인 그리고 일본의 홋카이도 등지에서는 Decca 送信局間의 距離가 멀고 稠密하지 못하다(Decca Nav. Co., 1976).

韓半島 주변에서도 測位領域에는 변동이 크지 않더라도 要求되는 精密度, 設置, 運營費를 감안하여 몇개의 체인으로 Decca觀測網을 設置할 것인가를 決定해야 할 것이다. 3개 체인의 경우 필요 경비는 약 3백만달러로 현재 알려져 있다.

3. 同心圓 航海法

主局(혹은 移動局)이 觀測船에 架設되고 2개 이상의 地上局이 位置를 정확히 알고 있는 地點에 一時的으로 設置되어 있을때 主局으로부터 CW나 pulse가 地上局을 往復한 시간으로 距離를 測定하여 位置를 確定하는 方法이다. 現在 國

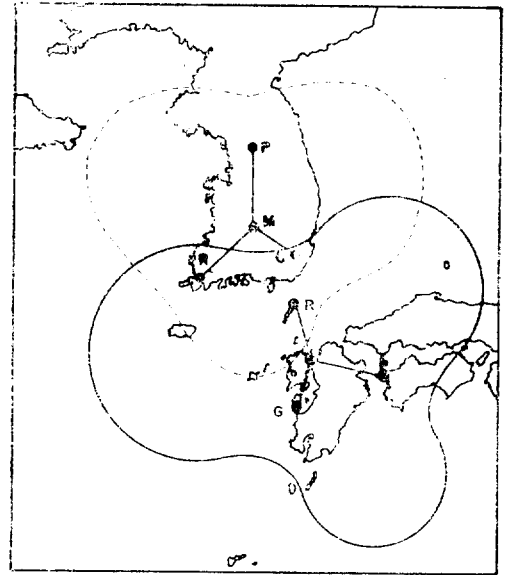


Fig. 5. Possible one chain Decca coverage.

內에서는 CW를 利用하는 Raydist와 pulse를 이용하는 Decca Trisponder가 주로 사용된다. 水路局과 資源開發研究所에서 利用하고 있는 Raydist는 75~150海哩 範圍의 測位도 可能하다. 그러나 안테나의 全方向性的 利點과 함께 運搬, calibration등의 難點이 있다. 반면 海洋開發研究所, 鎭海機械廠, 韓國海洋科學技術(株) 및 아세아航業 등에서 利用하는 Decca Trisponder는 精密度와 便利性的 長點이 있으나 80km 範圍內에서만 測位가 可能하다.

Raydist 受信器는 Lane를 觀測하므로 移動局과 地上局間의 距離는 Lane數에 Lane幅을 곱하여 求할 수 있으므로 觀測點의 經緯度는 Trisponder와 함께 다음과 같이 求할 수 있다. 그림 6 에서처럼 두 地上局의 經緯度를 알고 있고 地上局間의 距離가 充分히 떨어져 高度差를 무시하면 固定 入力值 $\varphi_1, \varphi_2, \lambda_1, \lambda_2$ 와 可變入力價値 D_1, D_2 로부터 다음과 같이 關係사항을 求할 수 있다.

$$X = \sqrt{(\varphi_2 - \varphi_1)^2 + (\lambda_2 - \lambda_1)^2}$$

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\varphi_2 - \varphi_1}$$

$$\theta = \cos^{-1} \frac{X^2 + D_1^2 - D_2^2}{2XD_1}$$

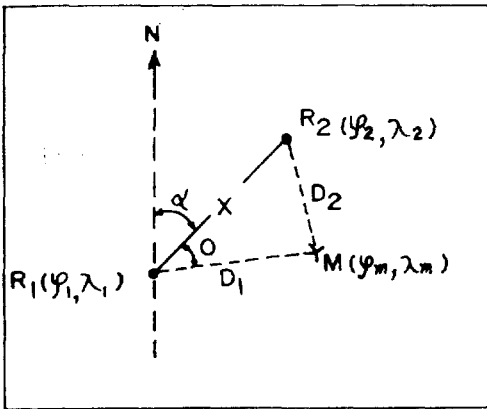
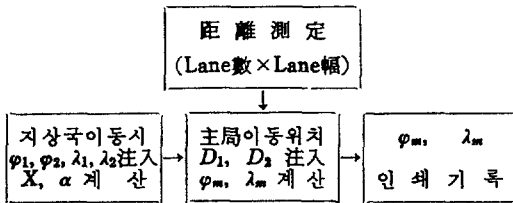


Fig. 6. Determination of geographic coordinates of point M.

主局이 $\overline{R_1R_2}$ 경계의 北西 상한이면 $\theta = -\theta$ 이다. 따라서

$$\begin{aligned} \varphi_m &= \varphi_1 + D_1 \cos(\alpha + \theta) \\ \lambda_m &= \lambda_1 + D_1 \sin(\alpha + \theta) \end{aligned}$$

로서 主局의 經緯도를 나타낸다. 距離測定裝置와 記錄計 사이에 計算機를 연결시키면 직접 經緯도를 얻어낼 수 있으며 過程은 다음과 같다. (河仁淑 外 1978).



結論 및 提言

精密한 船位測定을 爲한 電波航法으로는 沿岸附近에서 Trisponder와 Raydist등이 適合하고 遠距離 海上에서는 人工衛星 航法이 가장 유리하다. 人工衛星的 信號가 地形의 影響을 받으므로 沿岸에서는 NNSS 測位法이 불리하며 沿岸 探查에 充足시킬만한 精密度를 얻기가 어렵다. 그러므로 沿岸 探查에서는 測位 領域이 좀더라도 精密度가 높은 Trisponder나 Raydist를 利用해야 하며 一時的으로 送信局을 設置, 移動시키는 어려움을 감수해야 한다.

遠距離 海上에서는 測位範圍가 거의 無限定한

NNSS法이 適合하지만 人工衛星 信號 受信器, 컴퓨터 및 Doppler Sonar등을 갖추어야 한다. 그러나 일반 船舶이 NNSS 測定機器를 갖추기에는 적지 않은 재정적인 어려움이 있다.

遠距離 拋物線 測位法은 Omega, Loran과 Decca法으로 區分되는데 Omega外의 두 方法은 모두 國內에 送信局을 設置해야 한다. 이 경우 Loran보다는 精密度가 약간 높은 Decca를 選擇하는 것이 바람직하다. Decca 送信局 設置는 3개 체인과 1개 체인 設置 方案이 있으며 3개 체인의 경우 精密度가 증가하는 대신 재정적 문제가 크게 대두된다. 1개의 체인으로 Decca 觀測網을 設置할 경우 測位領域에는 큰 變動이 없으나 精密度가 약간 減少하고 送信局을 높은 高地에 設置해야 하는 難點이 있다. 이 두가지 方案의 選擇 여부는 다른 次元에서 경제적으로 分析 評價되어야 할 것이다.

새로운 送信局 設置등 재정적 문제 없이 Loran과 비슷한 精密度를 얻을 수 있는 航法은 Omega法이다. 沿岸에서 멀리 떨어진 海上에서 Omega 受信器와 訂正表 및 Omega 地圖를 갖추고 測位 산출법만 익히면 비교적 작은 경비로서 船位 測定이 가능하다. 現 國內 立場에서는 遠距離 海上에서의 測位法으로 이 Omega航法을 적극 권장, 利用토록 할 만하다고 판단된다.

近距離 電波航法으로 利用되는 Raydist나 Decca Trisponder는 컴퓨터 프로그램과 Interface의 개발로서 經緯度, UTM座標등, 觀測者가 願하는 座標를 직접 산출할 수 있다.

謝 辭

本 研究를 遂行함에 있어 몇가지 資料를 補充 提供해 주신 水路局의 金文善 課長, 白聖基 技佐 두분과 資料 整理를 도와준 海岸開發研究所의 權秀才, 朴明玉씨께 深深한 謝意를 表한다.

參 考 文 獻

Decca Navigator Co., 1976, Principles and performance of the Decca system, 88.
Decca Navigator Co., 1976~1978, Decca Navigator

- News, No. 71, 72, 73, 74.
- Del Norte Technology Inc., 1975, Manual of Trisponder 202-9 and DMU Type R01A-R03A, 190.
- Dobrin, M.B., 1976, Introduction to Geophysical Prospecting, 630.
- Kimura, K., S. Nishi, E. Tanaka, H. Nasu, A. Nishino, M. Fujita, and M. ITO, 1973, Studies on Utilization of the Navy Navigation Satellite System, Electronic Navigation Research Inst. Papers, No. 5, 1-84.
- Mourad, A.G., 1975, Marine Geodesy, Review of Geophysics and Space Physics, 13(3):253-254.
- Sheriff, R.E., 1974, Encyclopedic dictionary of Exploration Geophysics, 266.
- Teledyne Masting-Raydist Co., 1974, Manual of Raydist DRS-H System.
- 구자학, 서상용, 1975, 海洋物理探査時の 自動船位 決定을 爲한 小型電算機의 利用, 地質鑛床, 28:45-60.
- 國立地理院, 1976, 大韓民國全圖 1/1,000,000.
- 白聖基, 1978, Omega System, 수로 기술연보 제1101호, 3-8.
- 海上保安廳, 1976, Omega, 35.
- 海上保安廳, 1976, Loran A, 41.
- 河仁淑, 曹圭張, 1978, 海洋物理探査에 있어서 探査船의 電子工學的 位置測定과 運航에 對한 컴퓨터프로그램의 應用, 대한광산학회지, 15(3):251-262.