천측위치의 직접 계산 방법에 관한 연구

2021.11.5

㈜ 해양정보기술
김 영 배
ybkim54@naver.com

천측위치의 직접 계산 방법에 관한 연구

1. 연구배경 및 목적
2. 연구내용 및 방법
3. 연구결과
4. 결론

1. 연구배경 및 목적

- 천문항해는 선박이 대양을 항해할 때 천체를 관측하여 선박위치를 결정하는 방법으로 GPS가 보편화되기전까지 항해자들이 널리 사용

- GPS장비의 고장 또는 해킹 등으로 선위측정이 제한되거나 선박 비상시 반드시 필요

- IMO의 훈련자격당직기준(STCW)에서 천문항해 능력을 요구하고 있고, 우리나라 5급 이상 해기사 면허시험과목에도 포함

- 천문항해는 위치결정 과정이 복잡하고 계산상 오류 유발, 시간이 많이 소요되는 작업

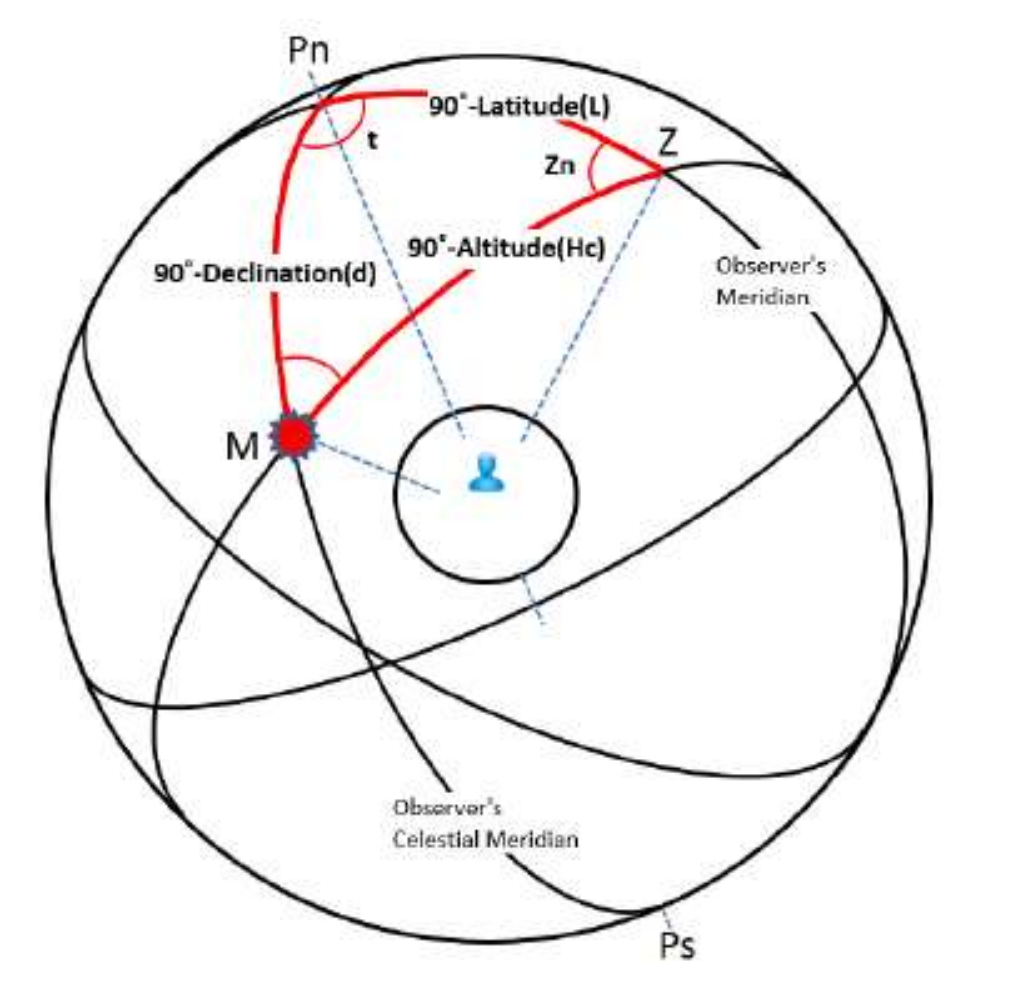
- 천측계산표와 해도에 위치선 작도 없이도 휴대용 계산기에 의해 천문위치를 구하는 방법 강구

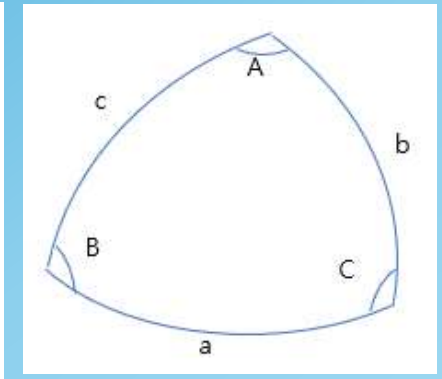
※ STCW : International Convention on Standard of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers

2. 연구내용 및 방법

(1) 구면삼각형

- 천문항해는 기본적으로 구면삼각형을 이용한 항해삼각법 위치계산





Sine 법칙 $\frac{\sin a}{\sin A} = \frac{\sin b}{\sin B} = \frac{\sin c}{\sin C}$

Cosine 법칙

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

$$\cos b = \cos a \cos c + \sin a \sin c \cos B$$

$$\cos c = \cos a \cos b + \sin a \sin b \cos C$$

$$\cos A = \frac{\cos a - \cos b \cos c}{\sin b \sin c}$$

항해삼각형 기본공식

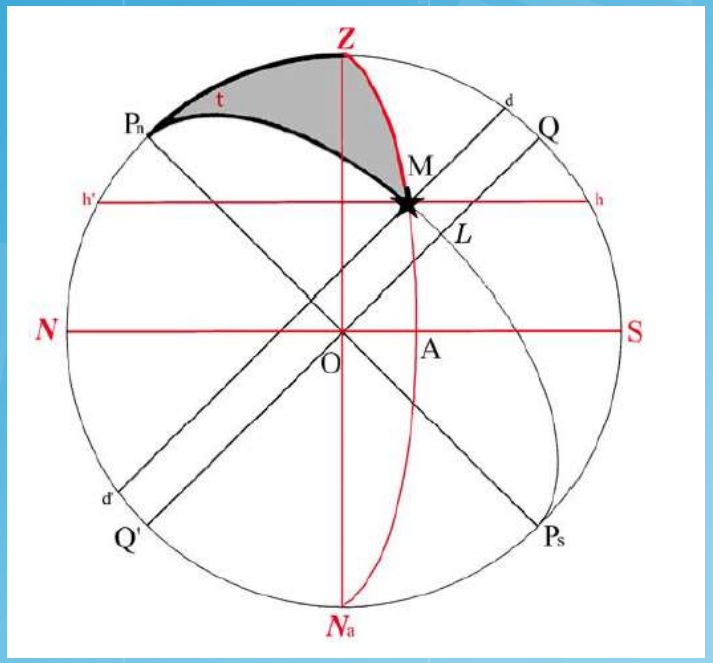
$$\sin a = \sin b \sin c + \cos b \cos c \cos A$$

$$\cos A = \frac{\sin a - \sin b \sin c}{\cos b \cos c}$$

2. 연구내용 및 방법

(2) 항해삼각형

- 지구를 완전한 구체로 보고, 천체의 적위(Dec), 그리니치 시각(GHA)에 의해 천체의 위치를 이용하여 선박 위치를 결정



항해삼각형 : △Pn-Z-M

관측자 위도 : Z-Q
천체 적위(Dec) : d-Q
계산고도(Hc) : A-M

여위도(90°- Lat) : Pn-Z
극거 (90° ± Dec) : Pn-M
정거(90° - Hc) : Z-M

자오선각(t) : ∠ Z-Pn-M
방위각(Z) : ∠ Pn-Z-M
위치각(Pa) : ∠ Pn-M-Z

- 위도, 적위, 자오선각을 알고, 계산고도 및 방위각을 구함 (**천측위치 결정**)
- 위도, 고도, 방위각을 알고, 적위와 자오선각을 구함 (**미지 천체 식별**)
- 자오선각, 적위, 고도를 알고 , 천체 방위각을 구함 (**나침의 오차 측정**)
- 두 지점 경위도를 알고, 대권거리와 대권침로를 구함 (**대권항법**)

2. 연구내용 및 방법

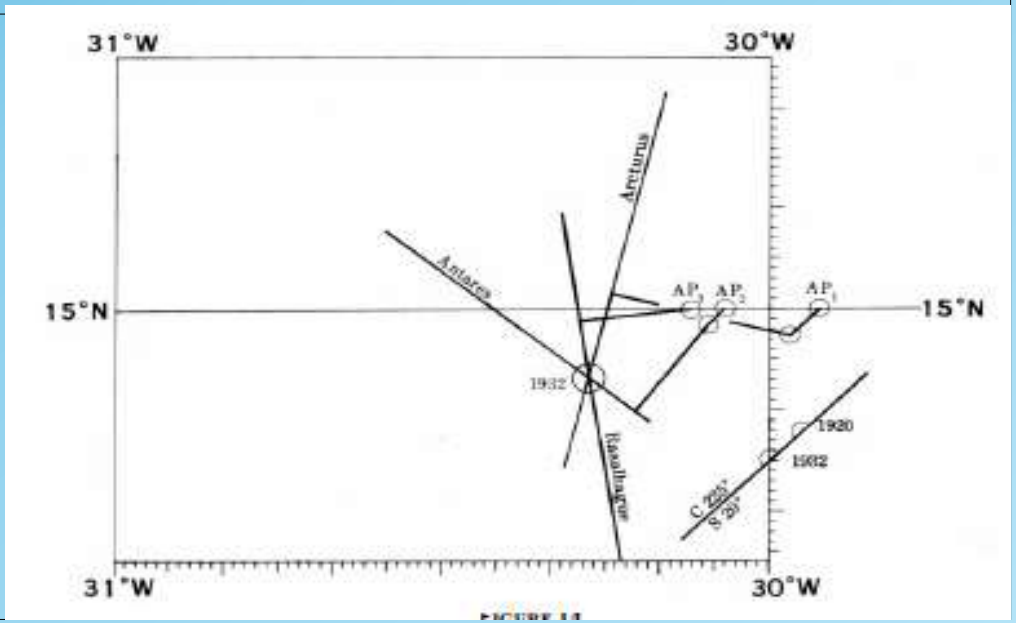
(3) 전통적 천측위치 결정방법

- 천문항해의 위치결정은 아래 4단계를 거쳐 천측위치를 결정

육분의에 의한 관측고도 수정	
천측력에 의한 GHA 및 Dec 산출	
천측계산표에 의한 HC 및 Z 산출	
해도상 위치선 작도	

Body	*Zone Time*	*Sextant Altitude*	*SHA*	*Declination*
Arcturus	19h20m03s	28°29.5′	146°22.4′	19°18.9′ N
Antares	19h25m58s	37°57.4′	113°02.0′	26°22.7′ S
Rasalhague	19h32m01s	72°38.2′	96°34.0′	12°34.9′ N

	ARCTURUS		ANTARES		RASALHAGUE
GMT (Sept. 9)	21h20m03s		21h25m58s		21h32m01s
GHA ♈ for 21h GMT	303°31.5′		303°31.5′		303°31.5′
Increments	0°01.6′	25m58s	0°30.6′	32m01s	8°01.6′
SHA	146°22.4′		113°02.0′		96°34.0′
GHA ☆	84°55.5′		83°04.1′		48°07.1′
a	29°55.5′W		30°04.1′W		30°07.1′W
LHA ☆	65°00.0′		53°00.0′		18°00.0′
Dec.	19°18.9′N		26°22.7′S		12°34.9′N
Dec. Inc.	18.9′		22.7′		34.9′
d and correction	(+) 2.3	(−) 44.9	(−) 17.0	(+) 16.0	(+) 0.0
Hc	28°05.3′		37°38.6′		72°21.5′
Ho	28°21.3′		37°49.8′		72°31.5′
a	16.0T		11.2T		10.0T
Z and Zn — N75.8°W	284.2°	N141.9°W	218.1°	N95.7°W	264.3°



2. 연구내용 및 방법

(4) 계산에 의한 천측위치 결정방법

① 수정차법에 의한 해도 작도

육분의에 의한 관측고도 개정 (Ho= Hs±IC-Dip+Alt corr)

천측력에 의한 GHA 및 Dec 산출 (UT사용)
자오선 각의 산출 (LHA = GHA ± λ)

천측계산표에 의한 HC 및 Z 산출

$$Hc = \sin^{-1}(\sin L \sin d + \cos L \cos d \cos LHA)$$

$$Z = \cos^{-1}\left(\frac{(\sin d - \sin L \sin Hc)}{\cos L \cos Hc}\right)$$

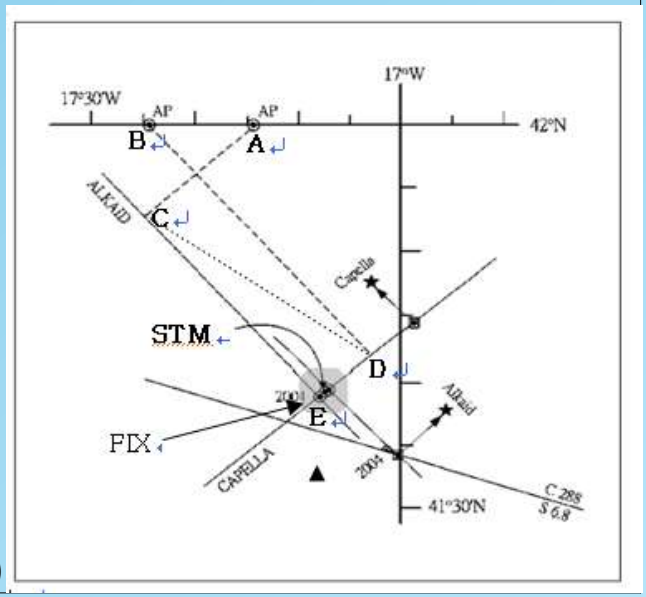
계산고도(Hc)와 관측고도(Ho)의 비교, 방위 거리 산출
HoMoTo 규칙, if Ho › Hc Then Toward, Else Away

해도상 위치선 작도(A, B 점은 가정위치)
- 중분위도 항법 에 의해 방위 거리로 C, D 위치 결정
  C 점 위도 = A 점 위도 ± 위거 (Δℓ = D cos C)
  C 점 경도 = A 점 경도 ± 경거 (ΔDlo = D sin C ÷ cos Lm)
  D 점 위도 = B 점 위도 ± 위거 (Δℓ = D cos C)
  D 점 경도 = B 점 경도 ± 경거 (ΔDlo = D sin C ÷ cos Lm)

- C-D 점간 거리 및 방위 산출
  CD 방위 = tan-1(ΔDlo cos Lm ÷ Δℓ)
  CD 거리 = Δℓ ÷ cos C

- Δ C-D-E의 내각 계산
  ∠ C = CE방위 - CD방위
  ∠ D = CD역방위 - DE방위
  ∠ E = DE방위 - CE방위, DE거리= $\overline{DE} = \frac{\overline{CD} \times \sin C}{\sin E}$

- E 점 위도 = D 점 위도 ± 위거 (Δℓ = D cos C)
  E 점 경도 = D 점 경도 ± 경거 (ΔDlo = D sin C ÷ cos Lm)

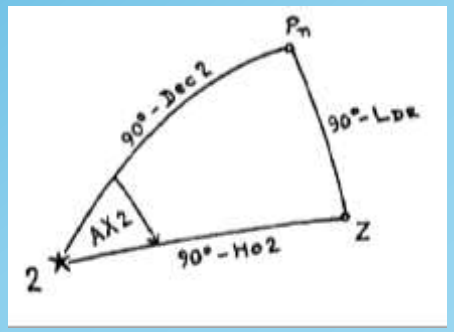


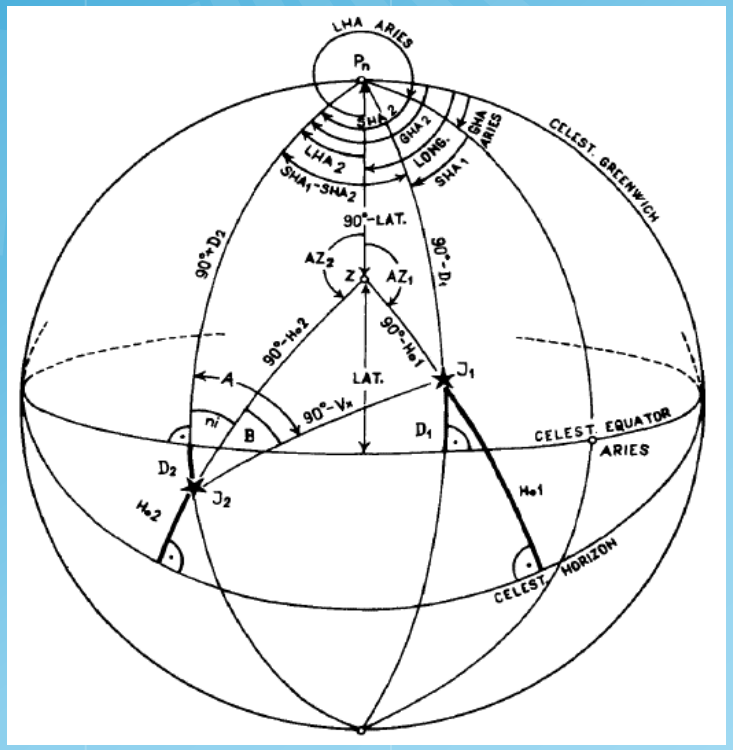
2. 연구내용 및 방법

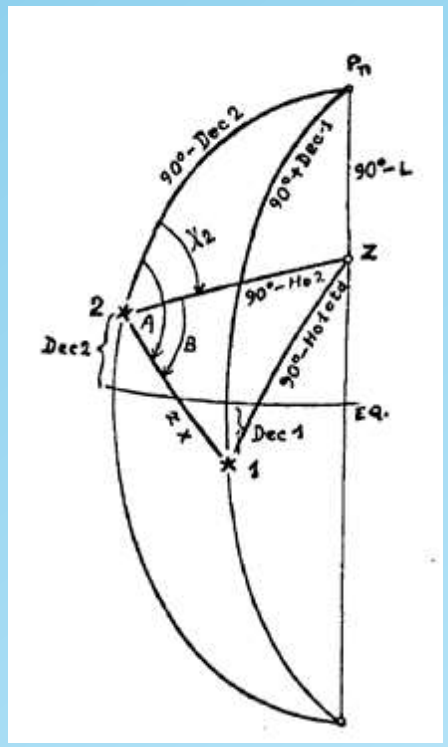
(4) 계산에 의한 천측위치 결정방법

② K-12 방식에 의한 천측위치 산출 방법

- 유고슬라비아 KOTLARIC이 1980년 IHReview 에 K-12 방식 논문 게재
- 구면삼각법은 sine공식의 반각을 이용(Havesine)
- 위치각(AX2) 계산으로 진위치를 비교
- 관측시간동안 선박 진행거리를 Ho1에 반영







K-12 방식의 천측위치 공식

Ho1 수정값(correction) = (Speed(knot) × ΔGMT × cos (Az-Co) ÷ 60

Ho_1 corrected($Ho_{1\ ctd}$) = Ho_1 + Ho_1 correction

ΔGHA = Abs(GHA_2 – GHA_1)

$$AX_2 = 2\left[\sin^{-1}\sqrt{\frac{1}{\sin(90^\circ - Ho_2)}\frac{1}{\cos d_2}\cos R\sin(R - L_{DR})}\right] \qquad R = \frac{(90^\circ - Ho_2) + d_2 + L_{DR}}{2}$$

$$zx = 2\left[\sin^{-1}\sqrt{\sin^2\frac{d_2 - d_1}{2} + \sin^2\frac{\Delta GHA}{2}\cos d_2\cos d_1}\right]$$

$$A = 2\left[\sin^{-1}\sqrt{\frac{1}{\sin zx}\frac{1}{\cos d_2}\cos F\sin(F - d_1)}\right] \qquad F = \frac{zx + d_2 + d_1}{2}$$

$$B = 2\left[\sin^{-1}\sqrt{\frac{1}{\sin zx}\frac{1}{\cos Ho_2}\cos G\sin(G - Ho_{1ctd})}\right] \qquad G = \frac{zx + Ho_2 + Ho_{1ctd}}{2}$$

X2 = A ~ B(차) , X2 = A + B (합)

$$L = 90^\circ - 2\left[\sin^{-1}\sqrt{\sin^2\frac{Ho_2 - d_2}{2} + \sin^2\frac{X2}{2}\cos Ho_2\cos d_2}\right]$$

$$MA_2 = 2\left[\sin^{-1}\sqrt{\frac{1}{\sin(90^\circ - d_2)}\frac{1}{\cos L}\cos U\sin(U - Ho_2)}\right] \qquad U = \frac{Ho_2 + (90^\circ - d_2) + L}{2}$$

$LHA_2(t_2)$ = MA_2(서경), LHA_2 = 360 – MA_2(동경)

λ = $LHA_2(t_2)$ – GHA_2

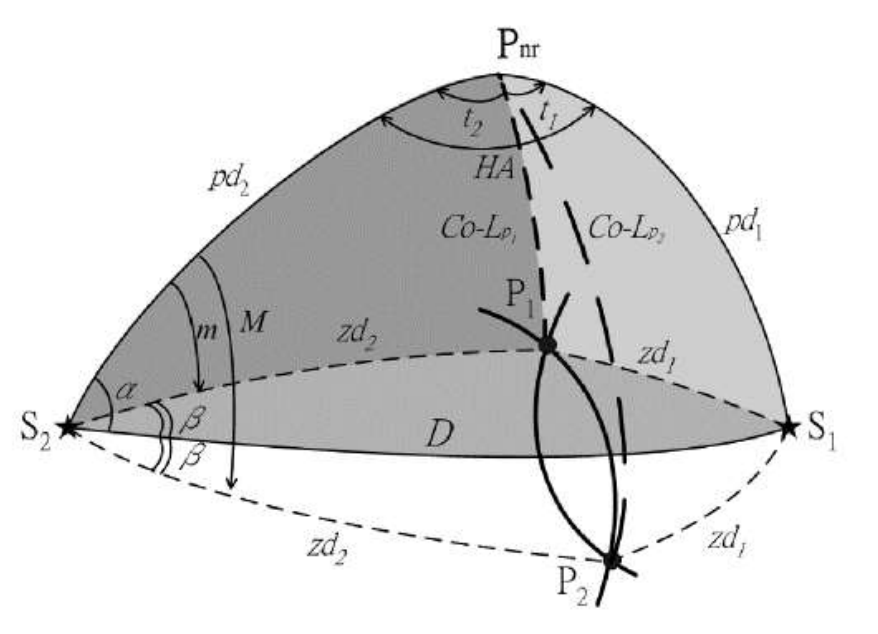
λ 가 + 값이면 동경(East), - 값이면 서경(West)

2. 연구내용 및 방법

(4) 계산에 의한 천측위치 결정방법

③ STM에 의한 천측위치 산출방법

- 대만 타이완 대학 Tien-Pen Hsu 등은 2005년 Journal of Navigation에 천측위치의 새로운 계산방식을 게재
- 벡터 대수학과 연결하여 상대적인 자오선 개념과 결정된 좌표시스템에 의해 간단하고 직접적인 계산방법 발표
- 동시 등고도 공식법(SEEM)과 구면삼각법(STM)을 개발하여 매트릭스보다 더 단순하고, 더 복잡하지 않는 방식을 제시



S1, S2 : 관측된 천체 위치
Pnr : 북극
P1, P2 : 등고도 위치권의 교점(2개 점)
t1, t2 : 천체의 자오선 각
HA : S1, S2 천체의 시각
Co-L1, Co-L2 : 천체의 여위도
Pd1, pd2 : 천체의 여적위
zd1, zd2 : 천체의 정거
M, m : 두 천체의 위치각
D : 두 천체간 각거리

STM방식의 계산공식

$$\cos D = \sin d_1 \sin d_2 + \cos d_1 \cos d_2 \cos(HA)$$

$$\tan a_2 = \frac{\sin(HA)}{\cos d_2 \tan d_1 - \sin d_2 \cos(HA)}$$

$$\cos \beta_2 = \frac{\sin H_1 - \sin H_2 \cos D}{\cos H_2 \sin D}$$

$$m_2 = a_2 \sim \beta_2 \qquad M_2 = a_2 + \beta_2$$

$$\sin Lp_1 = \sin d_2 \sin H_2 + \cos d_2 \cos H_2 \cos m_2$$

$$\sin Lp_2 = \sin d_2 \sin H_2 + \cos d_2 \cos H_2 \cos M_2$$

$$\tan t_2 = \frac{\sin m_2}{\cos d_2 \tan H_2 - \sin d_2 \cos m_2}$$

$$\tan t_2 = \frac{\sin M_2}{\cos d_2 \tan H_2 - \sin d_2 \cos M_2}$$

$$\lambda = t_2 - GHA_2$$ $LHA_2(t_2) = 360 - t_2$(동경), $LHA_2 = t_2$(서경)

λ가 + 값이면 동경(East), - 값이면 서경(West)

2. 연구내용 및 방법

(4) 계산에 의한 천측위치 결정방법

④ Direct Fix에 의한 천측위치 산출방법

- 미해군 해왕성 편대 S.W, Gerry는 1997년 Journal of Institute of Navigation에 두 개의 천체 고도로부터 위도, 경도의 직접 계산 방법을 게재

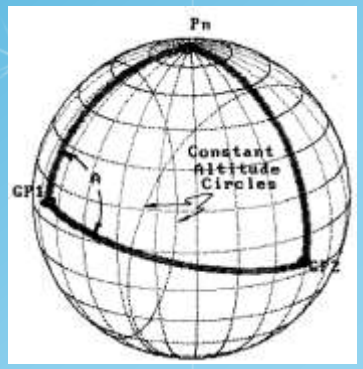
- 이 논문에서는 가정위치나 추측위치 및 해도의 위치 투입과정이 필요없고, 두천체의 그리니치 시각(GHA), 적위(Dec) 및 관측고도만 주어지면, 위도 경도를 직접 산출

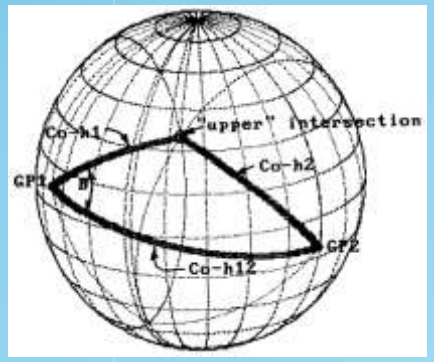
- 천체의 관측고도는 천체의 지위를 중심으로 하는 소권이며, 선박이 위치하는 위치권임

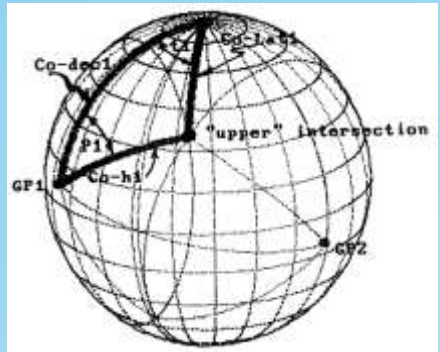
- 두 개의 위치권이 만나는 교점은 천구상 두 개가 되며, 그 중에서 천체 방위를 관측하여 그 방위와 가까운 교점이 선박의 천측위치가 됨

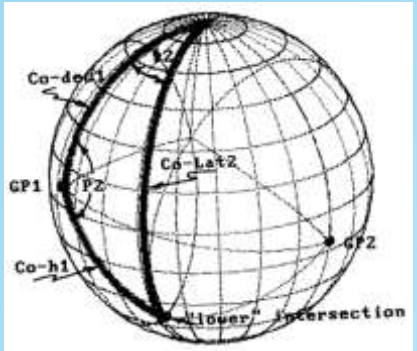
- 이 논문에서 극점, 관측자 및 천체를 잇는 구면삼각법의 해법으로, 천체 쪽에 만들어진 각을 위치각(Parallactic angle)이라 하고, 두 천체간 각거리를 의사 여고도(Psedo coaltitude, Co-h12)라고 하여 계산

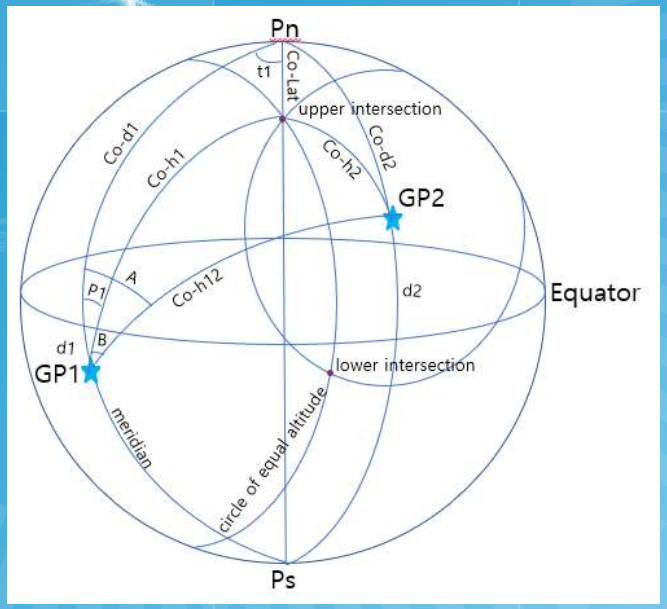
- 주된 공식은 항해삼각형의 기본공식을 응용하여 계산기로 소수 8위까지 산출











Direct Fix 기본공식

$$Alt(a,b,c) = \sin^{-1}[\cos a \cos b \cos c + \sin b \sin c]$$

$$Az(x,y,z) = \cos^{-1}[(\sin x - \sin y \sin z) \div (\cos y \cos z)]$$

Direct Fix 계산 공식

$$t_{12} = GHA_2 - GHA_1$$

$$h_{12}(t_{12}, d_1, d_2) = \sin^{-1}[\cos t_{12} \cos d_1 \cos d_2 + \sin d_1 \sin d_2]$$

$$A(d_2, d_1, h_{12}) = \cos^{-1}[(\sin d_2 - \sin d_1 \sin h_{12}) \div (\cos d_1 \cos h_{12})]$$

$$B(h_2, h_1, h_{12}) = \cos^{-1}[(\sin h_2 - \sin h_1 \sin h_{12}) \div (\cos h_1 \cos h_{12})]$$

P_1 = A~B(차), P_2 = A + B(합)

$$L_1(P_1, d_1, h_1) = \sin^{-1}[\cos P_1 \cos d_1 \cos h_1 + \sin d_1 \sin h_1]$$
$$L_2(P_2, d_1, h_1) = \sin^{-1}[\cos P_2 \cos d_1 \cos h_1 + \sin d_1 \sin h_1]$$

Abs(DR Lat - L_1) < Abs(DR Lat - L_2) :
Then L_1 → Fix Lat ; Else L_2 → Fix Lat

$$t_1(h_1, d_1, L_1) = \cos^{-1}[(\sin h_1 - \sin d_1 \sin L_1) \div (\cos d_1 \cos L_1)]$$

$$t_2(h_1, d_1, L_2) = \cos^{-1}[(\sin h_1 - \sin d_1 \sin L_2) \div (\cos d_1 \cos L_2)]$$

$\lambda_1 = t_1 - GHA_1$, $\lambda_2 = t_2 - GHA_1$
$\lambda_1 = (-t_1) - GHA_1$, $\lambda_2 = (-t_2) - GHA_1$

Abs(DR Lon - λ_1) < Abs(DR Lon - λ_2) :
Then λ_1 → Fix Lon ; Else λ_2 → Fix Lon
위도가 남위(S)이면 – 값, 경도가 서경(W)이면 – 값

3. 연구결과

(1) 천측위치 직접 산출 결과 비교

상기 4개의 천측위치의 직접 산출방법에 대해 Casio fx-5000P 계산기로 동일한 항해 사례에 대해 산출한 결과는 아래 표와 같음. 모든 계산은 소수 8위까지 계산, 최종결과는 분의 소수 1위 표시

[사례] 2004년 추측위치 41°34.8′N, 17°00,5′W 위치에서 20h02m56s에 Alkaid를 관측하고, 20h03m58s에 Capella를 아래와 같이 관측하였다. 이 선박은 당시 288° 6.8노트 속력으로 항해함(Ho1 correction = (S(6.8)×t(1m2s)×cos(318.8-288)÷60=0.1′)

Body	ZT	HO	Dec	GHA	Zn
1. Alkaid	20-02-56	77°34.9′ Ho_{1ctd} + 0.1′ = 77°35.0′	49°25.7′N	003°14.2′	318.8°
2. Capella	20-03-58	15°19.3′	45°58.4′N	131°24.8′	047.9°

천측위치 직접산출방법	위 도	경 도	비 고
수정차법에 의한 해도 작도법	41°39.3′N	17°07.5′W	선박이동 미적용
K-12 방식의 천측위치 산출방법	41°39.3′N	17°07.1′W	관측시간간 선박이동 적용
STM에 의한 천측위치 산출방법	41°39.2′N	17°07.2′W	관측시간간 선박이동 적용
Direct Fix에 의한 산출방법	41°39.2′N	17°07.2′W	관측시간간 선박이동 적용

- 위 표에서 수정차법에 의한 해도작도법은 중분위도법에 의해 산출된 것으로 선박 이동의 미적용과 항법상의 오차가 포함된 것으로 보임
- K-12 방식은 STM과 Direct Fix에 비해 위도와 경도에 약 0.1′의 차이가 있고, STM과 Direct Fix 방식은 동일 결과를 나타내었음
- 따라서 위의 4가지 천측위치 산출방식중에서 구면삼각법을 이용한 STM에 의한 천측위치 산출방법과 Direct Fix에 의한 산출방법을 활용하는 것이 바람직함

여러 논문등에서 산출된 천측위치와 Casio fx5800P 계산기 프로그램에서 산출된 결과는 아래와 같음

입 력 사 항	천측위치 산출결과		비고
	출처(논문)	Casio fx5800P	
DR L 9°01.5′N, λ 130°30.0′W d1=-26°01.5′S, h1=31.32173°, GHA1=178°45.8′ d2=-29°47.3′S, h2=29°41.7′, GHA2=82°22.4′	KOTRARIC, K-12(1980) **9°02.7′N, 130°33.1′W**	**9°02.6′N, 130°33.2′W**	관측시간 이동 적용 0h2m55s (303° 0.8M)
DR L 33°16.6′N, λ 27°40.0′E d1=-17°30.8′S, h1=15.86838°, GHA1=274°27.2′ d2=-17°28.5′S, h2=39°44.1′, GHA2=327°08.9′	KOTRARIC, K-12(1980) **32°36.5′N, 28°23.0′E**	**32°36.5′N, 28°23.0′E**	Running Fix 3h30m48s (141° 52.7M)
DR L 34°51.5′N, λ 38°06.4′W d1=-10°34.7′S, h1=30.85898°, GHA1=78°13.9′ d2= 11°38.7′N, h2=65°27.3′, GHA2=29°08.8′	KOTRARIC, K-12(1980) **34°47.2′N, 38°08.8′E**	**34°47.2′N, 38°08.7′E**	
DR L 24°32.8′N, λ 81°47.8′W d1=-11°08.2′S, h1=47°33.8′, GHA1=105°14.1′ d2= -20°47.7′N, h2=28°54.8′, GHA2=39°43.5′	S.W.GERY, Direct Fix(1997) **24°35.6′N, 81°46.4′W**	**24°35.6′N, 81°46.4′W**	
DR L 35°00.0′N, λ 20°00.0′E d1= 7°24.4′N, h1=30.3861°, GHA1=37°52.9′ d2=-11°07.7′S, h2=20.77519°,GHA2=285°23.0′	S.W.GERY, Direct Fix(1997) **35°00.0′N, 020°00.0′E**	**35°00.0′N, 020°00.0′E**	
DR L 41°34.8′N, λ 17°00.5′W d1= 49°25.7′N, h1=77°34.9′, GHA1=003°14.2′ d2= 45°58.4′N, h2=15°19.3′, GHA2=131°24.8′	TienPenHSU, STM(2005) **41°39.1′N, 017°07.3′W**	**41°39.1′N, 017°07.3′W**	
DR L 38°30.0′N, λ 73°43.0′W d1= 22°21.7′N, h1=62.23333°, GHA1=46°58.4′ d2= 22°22.64′N, h2=68°19.7′, GHA2=90°49.9′	K.Gibson, Running Fix(1994) **38°14.2′N, 073°35.7′W**	**38°14.2′N, 073°35.7′W**	Running Fix 2h55m27s (49° 17.5M)
DR L 36°23.0′S, λ 080°53.0′W d1= 17°19.2′S, h1=29.510°, GHA1=15°00.4′ d2=-17°21.0′S, h2=59°36.2′, GHA2=53°40.5′	항해과요체, 한국해대((1968)) **36°06.3′S, 080°43.8′W**	**36°06.1′S, 080°43.6′W**	Running Fix 2h34m41s (25° 25.0M)
DR L 39°00.0′N, λ 157°10.0′W d1= 74°10.6′N, h1=47°13.6′ GHA1=103°43.0′ d2=-11°08.4′S, h2=32°28.7′,GHA2=126°05.7′	C.L.Chen AVP(2003) **39°00.0′N, 156°21.7′W**	**39°00.0′N, 156°21.7′W**	

(2) Casio fx-5800P 천측위치 계산 프로그램

(Mode) 5 : Prog , (Program Menu) 1: New, (File Name?) [DIRECT FIX], (File Mode) 1: COMP

```
Clr Memory : "DIRECT FIX" : 30 → Dim Z : Lbl 1 :
 "DR LAT"? → Z[1] : "DR LON"? → Z[2] : "DEC1"? → Z[3] :
 "HO1"? →Z[4] : "GHA1"? → Z[5] : "DEC2"? → Z[6] : "HO2"? →Z[7] :
       "GHA2"? →Z[8] :
"T12" : Z[8] − Z[5] : Ans → Z[9] :
     If Z[9] >180 : Then 360 − Z[9] : Ans → Z[9] : IfEnd :
"H12" : sin⁻¹(cos(Z[9]) cos(Z[3]) cos(Z[6]) + sin(Z[3]) sin(Z[6])) : Ans
        → Z[10] :
"A" : cos⁻¹((sin(Z[6]) − sin(Z[3]) sin(Z[10])) ÷ (cos(Z[3]) cos(Z[10]))) :
     Ans → Z[11] :
"B" : cos⁻¹((sin(Z[7]) − sin(Z[4]) sin(Z[10])) ÷ (cos(Z[4]) cos(Z[10]))) :
     Ans → Z[12] :
"P1" : Z[11] − Z[12] : Ans → Z[13] :
"P2" : Z[11] + Z[12] : Ans → Z[14] :
"LAT1" : sin⁻¹(cos(Z[13]) cos(Z[3]) cos(Z[4]) + sin(Z[3]) sin(Z[4])) : Ans
         → Z[15] :
"LAT2" : sin⁻¹(cos(Z[14]) cos(Z[3]) cos(Z[4]) + sin(Z[3]) sin(Z[4])) : Ans
         → Z[16] :
"T1" : cos⁻¹((sin(Z[4]) − sin(Z[3]) sin(Z[15])) ÷ (cos(Z[3]) cos(Z[15])))
    : Ans → Z[17] :
"T2" : cos⁻¹((sin(Z[4]) − sin(Z[3]) sin(Z[16])) ÷ (cos(Z[3]) cos(Z[16])))
    : Ans → Z[18] :
"LONG1" : ( −Z[17] − Z[5]) : Ans → Z[23] :
     If Z[23] >180 : Then (−360 + Z[23]) : Ans → Z[23] : IfEnd :
     If Z[23] <(−180) : Then (360 + Z[23]) : Ans → Z[23] : IfEnd :
     (Z[17] − Z[5]) : Ans → Z[24] :
     If Z[24] >180 : Then (−360 + Z[24]) : Ans → Z[24] : IfEnd :
     If Z[24] <(−180) : Then (360 + Z[24]) : Ans → Z[24] : IfEnd :
     If Abs(Z[23] − Z[2]) < Abs(Z[24] − Z[2]) : Then Z[23] → Z[19] :
     Else Z[24] → Z[19] : IfEnd :
```

```
"LONG2" : (-Z[18] - Z[5]) :  Ans → Z[25] :
    If Z[25] >180 : Then (-360 + Z[25]) : Ans → Z[25] : IfEnd :
    If Z[25] <(-180) : Then (360 + Z[25]) : Ans → Z[25] : IfEnd :
    (Z[18] - Z[5]) :  Ans → Z[26] :
    If Z[26] >180 : Then (-360 + Z[26]) : Ans → Z[26] : IfEnd :
    If Z[26] <(-180) : Then (360 + Z[26] : Ans → Z[26] : IfEnd :
    If Abs(Z[25] - Z[2])  < Abs(Z[26] - Z[2]) : Then Z[25] → Z[20] :
    Else Z[26] → Z[20] : IfEnd :
"SELECT PO" :
    If Abs(Z[15] - Z[1]) < Abs(Z[16] - Z[1]) : Then Z[15] → Z[21] :
    Else Z[16] → Z[21] : IfEnd :
    If Abs(Z[19] - Z[2]) < Abs(Z[20] - Z[2]) : Then Z[19] → Z[22] :
    Else Z[20] →  Z[22] : IfEnd :
"FIX LAT=" : Z[21]↵
"FIX LON=" : Z[22]↵
Goto1
```

- 이 천측 프로그램은 S.W, Gerry의 Direct Fix 공식을 사용하였으며, 두개의 구면삼각형 위치중 추측위치에 가장 가까운 위치를 진위치로 함
- 이 프로그램은 천체의 동시관측 및 격시관측(Ho1에 수정값 적용)에도 사용 가능함
- 남위, 서경, 남적위의 부호는 –를 사용

4. 결 론

- 천문항해는 육분의에 의한 고도관측과 천측력, 천측계산표 등에 의해 계산고도와 방위를 구하고, 해도에 위치선을 투입한 후 선박의 위치를 결정하는 방법을 전통적으로 수행함

- 그러나 GPS 등의 새로운 위치측정시스템에 비해 천문항해의 방법은 번거럽고, 수작업에 의한 계산 등이 어려운 과정이지만 GPS의 오류나 선박 비상시에 대양에서 선박위치를 확인할 수 있는 유일한 방법임

- 따라서 천문항해에서 계산에 따른 번거로움과 오류를 방지하고, 휴대용 계산기로도 수초 내에 0.1′의 정확도로 선박위치를 결정할 수 있는 방법을 제시함

- 이러한 알고리즘은 향후 전자항해서지의 개발에 도움이 됨은 물론 항해현장에서도 천측계산표와 해도에 위치기입 등의 작업 없이도 실용적으로 위치를 결정할 수 있고, 항해학 교육과정에서도 효과적으로 활용할 수 있을 것임