

위성항법 정보를 이용한 선박의 방위정보 향상에 관한 연구

고광섭 * · 임봉택 * · 최우영 * · 최창묵 *

* 해군사관학교

A Study on Improvement of the Ship's Bearing Information using GPS

Ko, Kwang Soob * · Lim, Bong Taeck * · Choi, Woo Young * · Choi, Chang Mook *

* Korea Naval Academy

E-mail : nav-sun@hanmail.net

요 약

본 논문은 선박의 마그네틱 컴파스와 자이로 컴파스의 제한점을 극복하기 위하여 첨단 위성항법 방식인 GPS 시스템을 이용하여 고안된 GPS-Compass를 현재의 향상된 GPS 시스템 환경(2000. 5. 1 미국의 전격적인 SA 오차가 중지되어 정밀도가 7~8배 향상된 환경)을 적용하여 모델을 재검토하고 실험을 통하여 함정에서의 제 2 방위센서 사용 가능 여부를 확인하기 위하여 연구하였다.

따라서 본 논문에서는 GPS-Compass 구성을 위한 이론식을 정립하고 GPS-Compass 모델을 확인하여 이론적 검증을 하였고, 두 대의 GPS 수신기로 실험장치를 구축하여 분석한 결과 선박의 제 2 방위센서로서의 사용 가능 여부를 확인하였다.

Abstract

The purpose of the study is to develop ship's bearing sensor using GPS receiver which can play a role as a ship's secondary compass.

In this research, two GPS receivers are used to determine the bearing in real time. Then we investigated the bearing accuracy associated with the error pattern of two GPS receivers.

Especially, the results are as follows ;

- The investigation on the system design of GPS-Compass
- The modeling to compute heading of sailing
- The analysis on bearing accuracy with the error pattern
- The defining possibility to play a role as a ship's secondary compass

1. 서 론

방위정보를 정확하게 결정하는 것은 선박이 항해하는데 가장 기본적이며 중요한 관건이다. 선박이 출발지를 떠나 목적지까지 이동하는 방법은 계획된 침로를 정확히 유지하면서, 안전하고 신속하게 그리고 경제적으로 항해하는 것이다. 군함의 경우에는 정상적인 항해의 목적뿐만 아니라, 상황변화에 따른 목표 지점으로의 기동 및 군사무기체계의 신속, 정확한 운용이 요구되므로 방위정보는 전 시 승패를 결정할 수 있다.

이러한 방위정보를 얻기 위한 항해계기로는 고

전적인 마그네틱컴퍼스와 자이로컴퍼스가 있다. 그러나 선박에 의무적으로 설치해야 하는 선박용 마그네틱컴퍼스는 철로 제작된 선박의 구조물 등과 같은 자성물질에 의한 방위오차 변동이 심하여, 정확한 방위센서로는 제구실을 못하고 있는 실정이다[9]. 그러므로 최근에는 선박용 자이로 또는 자이로컴퍼스의 고장시 방위정보를 제공할 수 있는 지원시스템을 개발하거나, 기존 마그네틱컴퍼스 정도의 방위정보를 유지하더라도 방위변동이 급격하지 않고 변화를 예측할 수 있는 제 2방위센서 개발에 노력을 기울이고 있는 실정이다.

1996년 선박의 마그네틱컴퍼스, 전파 및 위성항

법 시스템의 방위 정보 제공에 따른 제약점을 극복하기 위하여 첨단 위성항법 방식인 GPS(Global Positioning System) 시스템을 이용하여 방위센서 역할을 수행할 수 있는 GPS-Compass를 고안하여 육상실험과 해상실험을 한 바 있다[5].

그러나 1996년과는 사뭇 다르게 현재의 GPS 시스템은 2000. 5. 1 미국의 전격적인 SA오차 중지로 정밀도가 7~8배 향상되었을 뿐만 아니라 위성을 이용한 위치정보 기술 및 시스템 환경이 많이 달라졌다.

따라서 본 연구는 선박에 의무화 운용될 GPS를 위치정보뿐만 아니라 고정밀 위치정보를 이용한 GPS-Compass 모델을 검토하여 시스템을 구성하고 실험을 통한 평가로 제 2방위센서로서의 사용 가능 여부를 검토하였다.

II. GPS 시스템

GPS는 최초의 위성항법 체계인 미 해군의 NNSS(Navy Navigation Satellite System)체계 이후 미국방성이 주동이 되어 군사적 목적으로 1973년 연구 개발에 착수하였으며, 1995년 완성되었다.

GPS는 원래 군용 항법시스템이지만, 민간용으로는 제한된 범위에서 사용 가능하게 한 위성항법 시스템으로 위성에서 수신기까지의 전파도달 시간을 측정하여 정확한 3차원 위치, 속도 및 시각 측정이 가능하며 무한의 이용자가 전세계에서 24시간 이용 가능하다.

GPS 항법의 원리는 기하학적 삼각법에 의한 위치 결정으로 위치를 정확히 아는 위성에서 출발한 위성신호를 수신하여 전파의 도달 시간 측정으로 사용자의 위치를 계산하는 것으로 최소 4개의 위성으로부터 신호를 받을 때 위치 및 시간을 얻을 수 있다.

GPS는 위성 부분(Space Segment), 지상관제국 부분(Control Segment), 사용자 부분(User Segment)으로 나뉘어 진다. 현재 24개의 위성이 각 4개씩 6개의 궤도를 따라 적도면과 55도 각도로 11시간 58분 주기로 20,183 - 20,187km 높이에서 돌고 있다 [3].

GPS위성신호는 코드분할 다중접속방식(Code Division Multiple Access : CDMA)으로 PRN부호에 변조된 L-band반송파를 이용하며 반송파는 L1(1.575GHz), L2(1.2276GHz)의 2가지이다. 항법 메시지에는 위성시계 보정치, 전리층 모델, 위성궤도 정보, 위성상태 정보 등이 포함된다.

PRN코드에는 민간용의 C/A코드와 군용의 P(Y)코드가 있다.

GPS지상관제국은 미국 Colorado Springs에 주 관제소 1개소와 Hawaii, Ascencion, Diego Garcia, Kwajalein에 감시국 5개소가 있다.

표 1. 에서는 코드별 비교를 하여 나타내고 있다.

표 1. C/A코드와 P코드의 비교

구 분	C/A코드	P코드
목 적	민간용	군용
주파수	L1반송파 (전리층 지연 보상 불가)	L1, L2반송파 겸용 (전리층 지연 보상 가능)
측정오차 (2DRMS)	15-20m	15m

III. GPS-Compass 원리

3.1 평면직각항법

침로와 항정을 알고 변위 및 동서거를 구하거나, 또는 동서거와 변위를 알고 침로 및 항정을 구하는 계산법을 평면항법이라 한다[8].

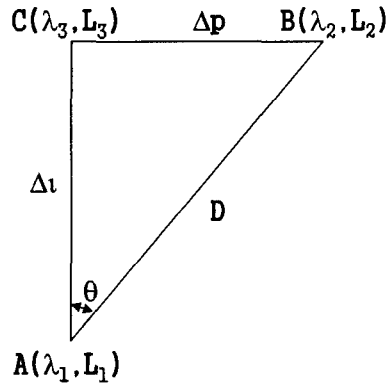


그림 1. 평면직각항법 개념도

그림 1은 평면직각항법의 기본 개념도이다.

그림 1에서 지구상의 국소위차 A점과 B점을 알고 있다면, A점으로부터 B점까지의 수평면에서의 진북을 기준으로 하는 방위 θ 와 거리 D는 식 (1), (2), (3)으로 계산된다.

$$\tan \theta = \frac{\Delta p}{\Delta i} \text{-----} (1)$$

$$[\text{변위 } \Delta i \text{의 부호}] \theta \text{ [동서거 } \Delta p \text{의 부호]} \text{-----} (2)$$

$$D = \Delta i \cdot \sec \theta \text{-----} (3)$$

위의 식(3)에서, 변위 Δi 은 A점의 위도 L_1 과 B점의 위도 L_2 사이의 위도 변화에 따른 거리이고, 동서거 Δp 는 A점의 경도 λ_1 과 B점의 경도 λ_2 사이의 거리이다.

위의 식(2)에서, 변위 Δi 은 A점과 B점의 위도가 같은 부호면 차를 구하고 다른 부호면 합을 구하며, 부호는 B점이 A점의 북쪽에 있으면 N(North),

남쪽에 있으면 S(South)를 붙인다. 또한 동서거 Δp 는 A점과 B점의 경도가 같은 부호면 차를 구하고 다른 부호면 합을 구하며, 부호는 B점이 A점의 동쪽에 있으면 E(East), 서쪽에 있으면 W(West)를 붙인다.

그림 2는 그림 1의 평면직각항법을 함정의 함수미 방위 계산에 적용한 GPS-Compass 모델이다. 함정의 함수미 선상에 GPS 수신기를 두고 그 위치 A, B를 그림 2의 지구상에서의 국소위치 $A(\lambda_1, L_1)$, $B(\lambda_2, L_2)$ 로 가정하면, 위의 식(1)으로부터 함정의 함수미 방향 θ 를 계산할 수 있다. 이것이 GPS-Compass의 기본원리이다.

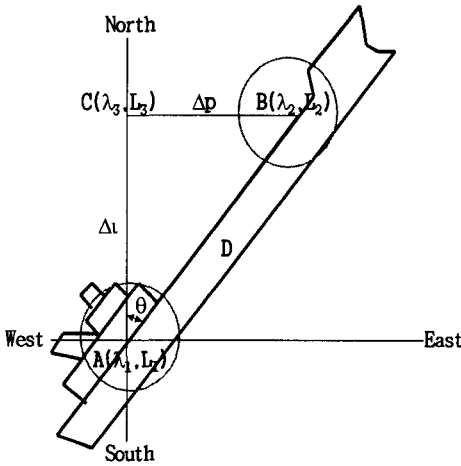


그림 2. GPS - Compass 모델

3.2 GPS 오차확률원 CEP 반경에 따른 방위 오차 해석

그림 3에서 x - y 직교 좌표계로 변환할 때 경위도 $A(\lambda_1, Lat1)$, $B(\lambda_2, Lat2)$, $C(\lambda_1, Lat2)$ 좌표 값은 $A(0, 0)$, $B(\Delta p, \Delta l)$, $C(0, \Delta l)$ 로 변환하여 나타낼 수 있다.

또한 GPS의 정밀도를 나타낼 때 사용되는 전측 위점의 50%를 포함하는 GPS의 오차확률원 CEP(Circular Error Probable)반경을 고려하면, 점 $A(0, 0)$, $B(\Delta p, \Delta l)$, $C(0, \Delta l)$ 은 $A'(x_a, y_a)$, $B'(x_b, y_b)$, $C'(x_a, y_b)$ 로 변환되고, 함수방향 θ 는 θ' 로, 두점 사이의 거리 D는 D' 로 변환된다. 여기서 GPS의 오차로 인하여 변동된 좌표값 $\Delta x_a, \Delta y_a, \Delta x_b, \Delta y_b$ 는 다음 식(4), (5), (6), (7)과 같이 구할 수 있다.

$$\Delta x_a = r_a \cos \theta_a \quad \text{-----} \quad (4)$$

$$\Delta y_a = r_a \sin \theta_a \quad \text{-----} \quad (5)$$

$$\Delta x_b = r_b \cos \theta_b \quad \text{-----} \quad (6)$$

$$\Delta y_b = r_b \sin \theta_b \quad \text{-----} \quad (7)$$

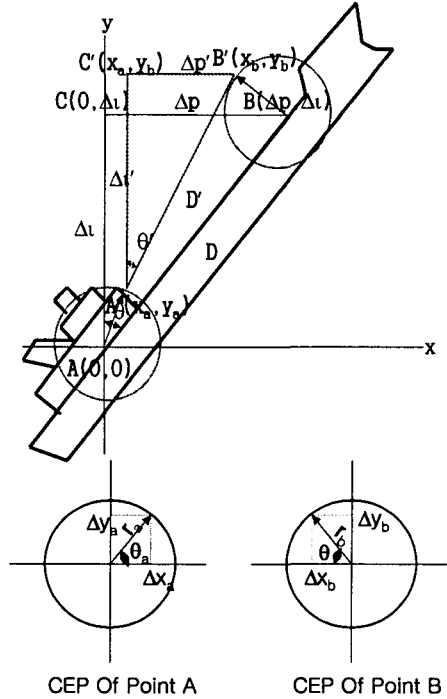


그림 3. x - y 좌표계로의 변환

여기서 r_a, θ_a 와 r_b, θ_b 는 각각 A 점과 B점에 설치한 GPS의 경위도 위치오차로 CEP 반경의 크기(r)와 각(θ)을 나타낸다. GPS의 경위도 위치오차로 인하여 변환된 $A'(x_a, y_a)$, $B'(x_b, y_b)$ 의 좌표 값은 다음 식(8), (9), (10), (11) 과 같이 $\Delta x_a, \Delta y_a, \Delta x_b, \Delta y_b$ 를 원좌표 값에 가감한 값이된다.

$$x_a = \Delta x_a \quad \text{-----} \quad (8)$$

$$y_a = \Delta y_a \quad \text{-----} \quad (9)$$

$$x_b = |\Delta p - \Delta x_b| \quad \text{-----} \quad (10)$$

$$y_b = |\Delta l - \Delta y_b| \quad \text{-----} \quad (11)$$

따라서 A', C' 사이의 거리 Δl 와 A', B' 사이의 거리 $\Delta p'$ 는 다음 식으로 구할 수 있다.

$$\Delta p' = |x_a - x_b| \quad \text{-----} \quad (12)$$

$$\Delta l = |y_a - y_b| \quad \text{-----} \quad (13)$$

또한 GPS의 CEP 반경을 고려한 침로 C_0 는 식(14)와 같이 구할 수 있다.

$$C_0 = \tan^{-1} \frac{\Delta p'}{\Delta l} \quad \text{-----} \quad (14)$$

식(14)는 식(2)와 같은 절차에 따라 θ' 의 앞의 부호, 뒤의 부호를 결정한다.

IV. 데이터 측정 및 분석

4.1 측정 시스템 구성

데이터 측정을 위한 GPS 장비는 12 채널의 SMART GPS를 사용하였으며, 장비의 정밀도는 2DRMS(Distance Root Mean Square) 15M를 유지하였다.

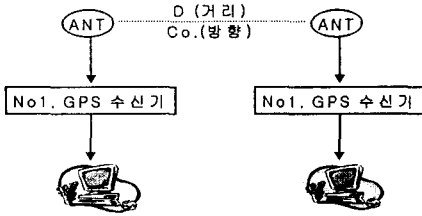


그림 4. 실험장치 구성도

데이터 수신은 그림 4와 같이 장비를 구성하고 차량 앞쪽과 뒤쪽에 탑재하여 데이터를 수신하고 컴퓨터에 저장하여 Matlab을 이용 평면직각항법을 적용한 방위측정 프로그램을 Coding하고 방위의 변화량을 확인하여 GPS-Compass의 성능을 분석하였다.

4.2 데이터 측정

데이터 측정은 차량에 탑재해 구현된 GPS-Compass의 No.1 GPS와 No.2 GPS의 데이터를 수신하였다.

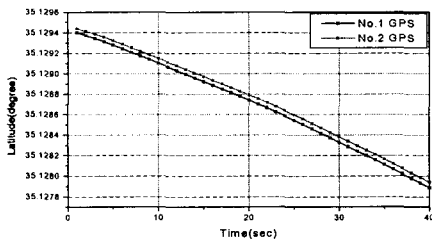


그림 5. No.1 GPS와 No.2 GPS의 위도 변화 비교

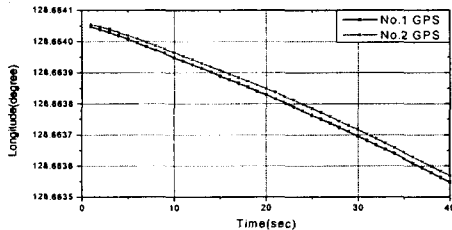


그림 6. No.1 GPS와 No.2 GPS의 경도 변화 비교
수신된 데이터는 각 GPS 별 위도와 경도를 시간

변화에 따라 비교 분석하였으며 경위도를 종합 도시하였다.

그림 5는 위도의 변화를 시간의 변화에 따라 비교하였으며, 그림 6은 경도의 변화를 시간의 변화에 따라 비교하였다.

또한 그림 7은 위도와 경도의 변화를 종합 비교하였다.

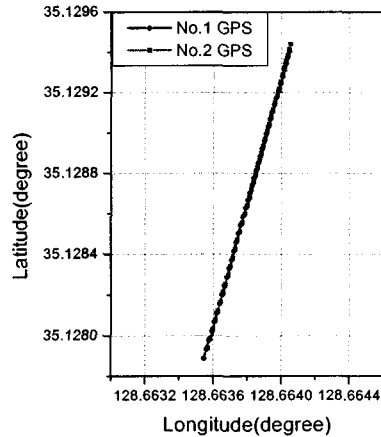


그림 7. No.1 GPS와 No.2 GPS의 경위도 변화 비교

4.3 결과분석

합정이 향해 할 때, 1대의 GPS 수신기로도 직진 운동을 할 경우는 지나온 데이터를 가지고 개략적인 방위를 계산할 수 있지만 실시간 정확한 방위를 계산하는 것은 불가능하다.

따라서 두 대의 GPS를 가지고 차량에 탑재 GPS-Compass를 구현하고 데이터를 수신하여 평면직각 항법을 적용한 방위를 분석하였다.

평균 방위로부터의 분포를 확인해 본 결과 평균 RMS가 1.6°정도를 도출할 수 있었으며, 양호한 방위결과는 RMS 0.55°로 양호한 방위를 도출할 수 있었다.

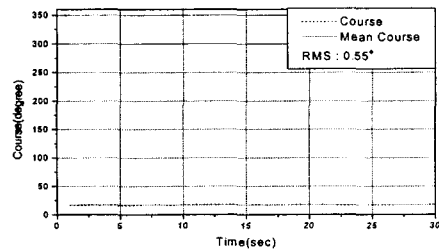


그림 8. 양호한 GPS-Compass 방위

연구 이론단계에서 GPS-Compass의 방위 정밀도는 수신기의 오차확률원 CEP 벡터의 크기와 방향에 의존함을 알았으며, 이 패턴이 주 관건이었지만 예상했던바와 같이 동일한 수신기를 사용한 결과 동일한 패턴의 데이터가 수신되었고 양호한 방위 값을 얻을 수가 있었다.

따라서 GPS-Compass는 함정의 제 2방위센서로서 적극적으로 이용 가능함을 확인하였다.

V. 결 론

본 논문은 선박의 마그네틱 컴파스와 자이로 컴파스의 제한점을 극복하기 위하여 첨단 위성항법 방식인 GPS 시스템을 이용하여 고안된 GPS-Compass를 현재의 향상된 GPS 시스템 환경(2000. 5. 1 미국의 전격적인 SA 오차가 중지되어 정밀도가 7~8배 향상된 환경)을 적용하여 모델을 재검토하고 실험을 통하여 함정에서의 제 2 방위센서 사용 가능 여부를 확인하기 위하여 연구를 수행하였다. 따라서 본 연구에서는 GPS-Compass 구성을 위한 이론식을 정립하고 GPS-Compass 모델을 확인하여 이론적 검증을 하였고, 두 대의 GPS 수신기로 실험장치를 구축하여 차량에 탑재 후 이동을 하며 데이터를 수신하고 분석하였으며, 평면직각항법을 적용하여 방위를 분석하였다.

GPS-Compass 오차 모델의 구성과 해석으로부터 함정에 설치한 두 GPS 수신기 사이의 길이가 길수록 오차는 작게 될 것이며, 동일한 GPS 수신기를 이용하여 동일한 시간에, 동일한 위성으로부터 계산된 경위도 오차는 오차 확률원 CEP 반경 벡터가 같을 것이므로 GPS-Compass 방위 오차는 작을 것으로 예측하였으며, 실험 결과 데이터 분포가 유사한 패턴으로 분석되었다.

실험에서 획득한 데이터를 이용하여 GPS-Compass 방위를 분석한 결과 평균 1.6° 정도의 오차를 확인할 수 있었으며, 0.55° 정도의 양호한 데이터도 획득할 수가 있었다.

따라서 GPS-Compass를 함정에 이용시 자이로 컴파스를 지원하고 마그네틱 컴파스를 대체할 수 있는 제 2방위센서로서의 역할 가능함을 확인할 수 있었다.

향후 보다 정밀한 DGPS 데이터를 이용하여 Compass를 구현하고 여러 가지의 필터링을 이용하여 오차를 감소시키며, 함정에 탑재하여 해상에서 실험을 하고자 한다.

참고문헌

- [1] B.W. Parkinson, "GPS Theory and applications volume I", Progress in astronautics and aeronautics.
- [2] B.W. Parkinson, "GPS Theory and applications volume II", Progress in astronautics and aeronautics.
- [3] E. D. E.D. Kaplan, "Understand GPS principles and application", Artech House Boston London, pp.321~383, 1996.
- [4] 정세모, "전파표지 -시스템과 그 이용-", 해양수산부, 2001.
- [5] 고광섭, 임정빈, "GPS 위치정보를 이용한 선박의 제 2방위센서 개발", 95년 한국 항해학회 춘계 학술발표 논문집, pp. 118~119, 1995.
- [6] 고광섭, 이형욱, 정세모, "한국 동해안에서의 Marine Radiobeacon/DGPS 정밀도 분석에 관한 연구", 98년 한국 항해학회 논문집, pp. 2~6, 9~10, 1998.
- [7] 박양기, "지문항해", 연경문화사, pp.276~302, 1987.
- [8] 윤여정, "지문항해학", 아성출판사, pp.321~379, 1973.
- [9] J.Klinkert, W.Burger, and A.G.Corbett, "Marine Gyrocompasses", Routledge & Kegan Paul Ltd, pp.10~23, 1974.
- [10] R.M. Karafus, "New RTCM SC-104 standard for differential GNSS," J. of Institute of Navigation, Vol. 43, No. 4, pp. 363~373, Winter 1996-1997.
- [11] USCG, "Broadcast standard for the USCG DGPS Navigation Service COMDTINST M16577.1", 1993. 4.