

선박용 지자기 보정 기능을 갖는 이동식 전자컴퍼스 개발

홍창현*, 김영철**, 정길도*

*전북대학교 전자정보공학부, **군산대학교 기계공학부

Design of e-compass with terrestrial magnetic compensation for a ship

Hong Chang-hyun*, Yung Chul Kim**, Chong Kil To*

*Division of Electronics and Information Engineering Chonbuk National University, **Division of Mechanical Engineering Kunsan National University

Abstract - Recently fishing industry is interested in efficient and automated fishing implementations to reach the level of the international leading technology. One of the important device used in fishing boat is an automated electric compass that harnesses the GPS and terrestrial magnetic sensor. The electric compass is desired to be minimized in size while keeping a high effectiveness in the characteristic of a magnetic compass. This device also can be used as a heading angle sensor to construct auto-navigation system in a small size of ships. However, there exists measurement errors induced from the slope of terrestrial magnetic sensor caused by the motion of boat. In this paper, a method has been proposed removing the measurement error arising from the slope of terrestrial magnetic sensor when the ship is in motion. We have designed a sensor with two DOF(degree of freedom) and a weight to maintain the horizontality of the sensor. Through this research, the hardware has been designed and also a test has been performed. The test shows a promissory result.

1. 서 론

최근 수산업 개방에 따른 국내 어업의 국제 경쟁력 확보를 위하여 어선산업의 구조조정과 아울러 효율화와 자동화에 관심이 집중되고 있다. 연근해 소형 어선의 경우 어획작업의 자동화와 함께 항해자동화가 당면 과제로 부각되고 있다. 소형어선에서 항해자동화시스템 구축을 위해 선수방위정보 획득을 위한 방법으로는 원격 지시 자기 컴퍼스, 자이로컴퍼스, GPS 컴퍼스 그리고 전자 컴퍼스가 있다[1].

원격 지시 컴퍼스는 어선이 기존에 주로 사용하던 자기 컴퍼스를 그대로 활용할 수 있다는 장점이 있으나, 자기 컴퍼스가 갖고 있는 자차나 경선차에 의한 선수방위 오차를 보완할 필요가 있다. 그리고 자이로컴퍼스는 고감도이지만 어선업의 영세성을 고려할 때 고가이고, 부피가 크기 때문에 어선에 설치하기에 어려움이 존재하고, 구동 후 정상적인 작업을 할 수 있을 때까지 장시간의 안정시간이 필요하므로 입출항이 빈번한 연안 소형 어선의 경우 사용이 용이하지 않다.

그러나 지자기 센서 모듈을 사용한 전자컴퍼스의 경우 측정 오차가 누적될 염려가 없고 값이 저렴하고 가벼우며 부피가 작다. 따라서 요트, 어선, 소형함정 등에서의 항해자동화 시스템 구축에 있어서 필수적인 장비라고 할 수 있다[1].

지자기 센서를 사용한 전자컴퍼스는 설치되는 장치의 운행시 기울어짐과 외부자기장에 의해 측정오차가 발생 할 수 있다[6].

본 논문에서는 지자기 센서모듈 하단에 자력이 없는 물질로 추를 달고 2 자유도를 갖게 하여 일정 영역에서의 기울어짐에 수평을 유지 할 수 있도록 센서를 설계하였다. 측정된 angle 값을 RS 232C통신을 이용하여 LCD에 표시할 수 있게 하드웨어를 설계하였다. 그리고 설계된 일정 기울기 영역 내에서의 센서의 측정값과 그 영역 밖에서의 센서 측정값을 비교하여 제안된 방식대로 설계된 지자기 센서가 기울어짐에 대하여 측정오차가 발생하지 않았음을 확인하였다.

2. 지자기 센서 원리 및 센서 오차

2.1 지자기 센서

지자기 센서는 지자기를 검출하여 자북으로부터 시계방향으로 360도에 해당하는 방위를 나타낸다. 지자기의 크기는 0.5[G]정도로 아주 미소하지만 반도체형 자기센서로 검출이 가능하다[1].

2.1.1 지자기 원리

지구는 그 자체가 하나의 자석과 같은 성질을 지니고 있다. 즉 항상 지구상에 자력을 발생하고 있다. 이 지구가 발생한 자력을 지자

력이라고 한다[2].

지자기의 자력은 그림 1과 같이 남쪽과 북쪽으로 향하고 있으며, 지구상의 임의의 점에 지침을 놓으면 그 자력선의 방향에 따라 남북 방향을 표시한다. 지자기에 의한 자력은 일반 자석에 비해 극히 작으며, 그 자속밀도는 한국 부근에서 $0.26 \sim 0.33 \times 10^{-4}$ [T] 정도이다 [3][7].

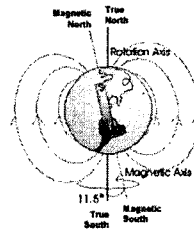


그림 1. 지자기의 개념도

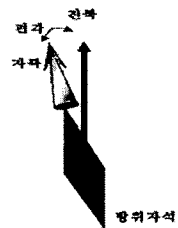


그림 2. 방위각

그림 2는 마위자석이 가리키는 북쪽과 진짜 북쪽과의 차이인 편각을 표시한 것이다. 지도의 북쪽과 방위 자석의 북쪽은 일치하지 않는다. 따라서 장소마다 방위자석의 북쪽의 방향(편각)을 측정해두면 방위자석을 사용해 정확한 북쪽을 알 수가 있다[3].

지자기의 단위는 SI단위계에서는 테스(T)라고 하는 단위를 사용한다. 지구의 자기는 매우 약하기 때문에 $1/10^9$ 인 나노 테스(nT)라고 하는 단위를 사용한다. 50,000 nT=0.5Gauss이다. 지자기는 크기와 방향을 가지는 벡터량이다[3].

2.1.2 지자기 센서의 구조 및 작동원리

지자기센서의 작동원리는 자기적 전도현상인 투자율과 밀접한 관계가 있다. 어떤 물질의 투자율 μ 는 그 물질이 투자율 값이 1로 정해져 있는 공기에 대해 상대적으로 자력선의 통로로서 얼마나 잘 작용하는지의 척도이다. 투자율은 자기회로에서 전기전도도와 유사한 것으로서 자속밀도를 자화력(magnetizing force)과 관계시키는 상수이고, 식(1)과 같다. 여기서, B = 자속밀도, μ =투자율, H=자화력(magnetizing force)이다.

$$B = \mu H \dots\dots\dots(1)$$

자기회로의 자속(magnetic flux)은 전기회로의 전류 I와 유사하므로 자속밀도 B는 전기의 전류밀도와 서로 비슷하다. 위 식 (1)을 그래프로 나타낸 것은 그림 3과 같다. B-H 곡선으로 알려져 있고 이 그래프에서는 기울기가 투자율을 의미한다.

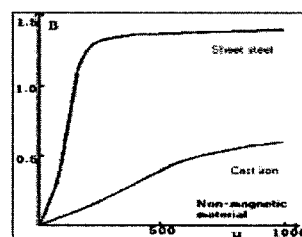


그림 3. B-H 곡선

매우 투자율이 높은 물질이 일정한 자기장에 노출이 되면 자력선은 그림 4.(a)에 나타난 대로 외부 자기장의 자속선은 포화된 물질

의 유무에 상대적으로 영향을 받지 않게 된다. 플럭스게이트 자력계(fluxgate magnetometer)는 주변의 전자기장 세기를 직접 측정하기 위해 이러한 포화현상(saturation phenomenon)을 이용한다[2].

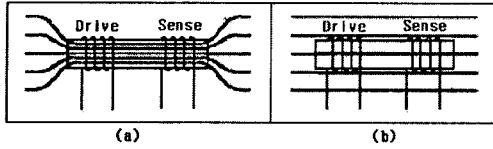


그림 4. External line of flux

2.1.3 방위각 표시 원리

그림 4에 방위각 표시에 대한 기본적인 원리를 나타냈다. 실제 센서의 출력은 그림 5.(a)과 같이 센서코어에 감겨진 검출코일과 지자기에 대한 각도 θ 의 의존성은 그림 5.(b)와 같이 나타난다.

센서의 출력신호를 디지털 신호로 변환하기 위해서 출력신호의 +측을 '1'로 -측을 '0'으로 표시하자.

$V_x, V_y, V_x + V_y, V_x - V_y$ 를 '1'과 '0'으로 표현하면 그림 5.(c)와 같이 되어 방위표시에 대한 4bit 데이터와 같이 된다. 여기서 $V_x + V_y$ 와 $V_x - V_y$ 의 배타적 논리회로(Exclusive OR : EX - OR)를 취하면 1bit의 데이터수로 만든 결과가 그림 5.(d)의 논리표와 같다.

센서코일은 퍼멀로이(permalloy)라고 하는 고투자율의 포화형 환산철심에 여자코일을 감고 이 코일 상에 검출코일을 감은 것으로 4000[Hz]정도의 펄스를 구동전류로 인가하면 펄스의 상승에너지에서 검출코일에 고조파가 유기되어 예리한 미분파형이 검출된다[5].

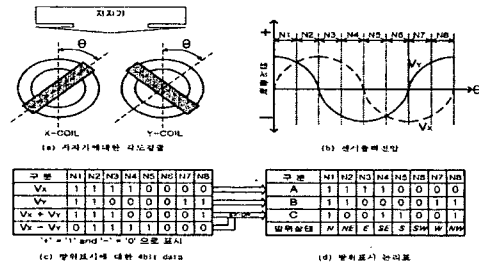


그림 5. 방위각 표시 논리도

이 고조파는 검출 코일이 자기의 자오선 방향에 대하여 직각으로 되었을 때 최소 또는 최대치를 나타내므로 남북의 방향을 알 수 있다[2][7].

2.2 선박의 조종운동에 따른 지자기센서 오차

일반적으로 선박의 조종운동은 그림 6과 같이 전후동요(surge, pitch), 좌우동요(sway, roll) 및 선순동요(yaw)의 3자유도 복합 운동으로서 취급된다. 그 이유는 조타(steering) 또는 선속 변화에 기인하는 선박의 운동응답주파수가 대단히 낮기 때문에 다른 운동성분은 무시될 수 있기 때문이다[4].

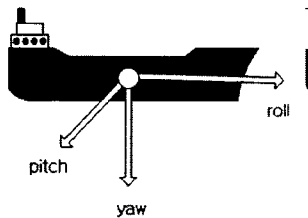


그림 6. 선박의 요동 운동 변수

따라서 선박이 항해 시 전후동요나 좌우동요에 의해서 방위를 측정하는 센서인 지자기 센서 역시 선박의 조종운동에 따라 기울어지게 된다. 지자기 센서는 방위 측정 시 그 수평을 유지해야 하고 선박 조종운동은 지자기 센서의 오차는 큰 문제점이 될 수 있다[6].

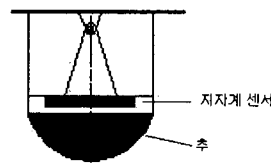
3. 실험 및 결과

본 실험에서 그림 7.(a)와 같이 지자기 센서에 2개의 자유도와 추를 달아 센서가 선박의 조종운동 시 전후운동에는 $\pm 20^\circ$, 좌우운동에서는 $\pm 40^\circ$ 영역 내에서 수평을 유지하도록 설계하였다. 그림 7.(b)실제 구현한 것이다.

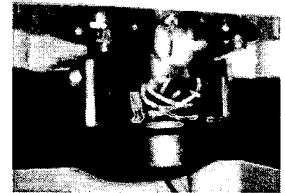
또한 그림 8과 같이 하드웨어를 구성하여 센서의 출력값을 RS 232C를 통하여 보드에 전송하여 LCD에 표시하도록 설계하였다.

실제 선박에서의 실험이 어려운 관계로 센서에 임의의 기울기를 제공하여 그 측정오차를 측정하였다. 센서를 캘리브레이션 후 200° 로 고정시킨

후 좌우와 전후로 각각 기울기를 그림 9.(a)와 (b)의 x축과 같이 제공하여 그 값을 측정하였다.

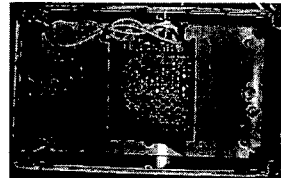


(a) 제안된 지자기 센서 설계

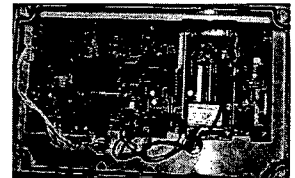


(b)지자기 센서 부분의 구현한 모습

그림 7. 지자기 센서 부분



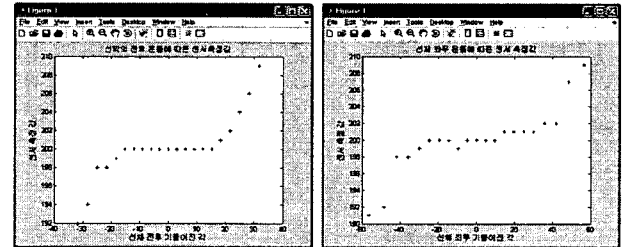
(b)파워 서플라이



(c)보드 구성

그림 8. 이동식 전자 컴퍼스 하드웨어 구성

다음 그림 9는 센서의 기울어짐에 대한 센서 측정값을 그래프로 나타낸 것이다.



(a)전후운동에 따른 센서 측정값

(b)좌우운동에 따른 센서 측정값

그림 9. 선체의 기울기에 따른 지자기 센서 측정값

본 논문에서 제안한 것과 같이 선박의 전후 운동시 $\pm 20^\circ$, 좌우운동에 서는 $\pm 40^\circ$ 밖에서는 그 측정오차가 기울어진 정도에 따라서 증가하지만 그 이내에서는 센서 측정값의 오차가 1° 에서 2° 정도로 발생함을 알 수 있었다.

4. 결 론

컴퍼스는 외부자기장이 존재하지 않는 평면에서 그 방위가 측정되어야 한다. 그리고 그 측정값은 센서 기울기에 대하여 먼저 보정이 이루어져야 하고 그 다음으로 외부자기장의 영향에 대하여 보정이 이루어져야 한다[6]. 본 논문에서는 선박에서 지자기 센서를 이용한 전자컴퍼스를 항법시스템으로 활용할 때 지자기 센서가 가지게 될 기울어짐에 대한 측정오차에 대하여 해결책을 제시하였다. 전자컴퍼스의 지자기 센서 부분에 2개의 자유도를 갖게 하고 아래 방향으로 자력이 없는 추를 달아 수평을 유지하게 하였고 좌우 40° 와 전후 20° 의 영역에서 그 수평을 유지하도록 설계하였다. 실험을 통하여 센서의 측정오차가 1° 임을 확인하여 그 성능을 입증하였다.

향후 연구계획으로는 선박의 직선항해의 자동항법을 위하여 GPS data의 평균값을 이용하여 지자기 센서값을 보정하고 잔차해도와 결합하여 실제 사용자가 편리한 Interface를 제공해주는 방향으로 전개해 나가겠다.

[참 고 문 헌]

- [1]윤제준, "GPS수신기와 지자기센서 병행식 디지털 전자컴퍼스에 대한 연구" 木浦海洋大學校 大學院, pp4-14, [2005]
- [2]변영준, "지자기센서를 이용한 로봇의 효율적인 주행 알고리즘에 관한 연구" 공주대학교 대학원, pp5-10, [2006]
- [3]"건설교통부 국토지리정보원" <http://www.ngi.go.kr>
- [4]손경호, 김용민, "횡동요를 고려한 선박조종운동의 새로운 수학적 모델에 관한 연구", 研究論文集, Vol.11 No.2, [2002]
- [5]문태정, 김재홍, "Fluxgate형 지자기 센서 및 응용회로 개발에 관한 연구", 論文集, Vol.29 No.1, [2001]
- [6]Michael J.Caruso "Applications of Magnetoresistive Sensors in Navigation Systems", Sensors and Actuators, SAE SP-1220, pp. 15-21, [1997]
- [7]문태정, 김재홍, "Fluxgate형 지자기 센서 및 응용회로 개발에 관한 연구"