

자기 센서를 이용한 전자 컴퍼스 개발

Development of Electronic Compass using Magnetic Sensors

홍 창 현, 김 영 철, 정 길 도*

(Chang Hyun Hong, Young Chul Kim, and Kil To Chong)

Abstract : Recently fishing industry is interested in efficiency and automation to acquire the international competitive power of national fishing industry. As an automation device of fishing boat, there are electric compasses using GPS and terrestrial magnetic sensor. Electric compass can be minimum size, high effectiveness with keeping the characteristic of a magnetic compass. This can be used a heading angle sensor to construct auto-navigation system in a small size ship. This paper develop electronic compass system that has serial output signal in NMEA 0183 and demonstrates the possibility of the electronics compass in navigation system for a small sized ship.

Keywords : earth's magnetic field, electronic compass, magnetic sensor, heading determination

I. 서론

최근 수산업 개방에 따른 국내 어업의 국제 경쟁력 확보를 위하여 어업 및 어선의 구조조정과 함께 어선 작업의 효율화와 자동항해에 관심이 집중되고 있다. 연근해 소형 어선의 경우 어법의 자동화와 함께 항행 자동화가 당면 과제로 부각되고 있다. 소형어선에서 항행자동화시스템 구축을 위해 선수방위정보 획득을 위한 방법으로는 원격 지시 자기 컴퍼스, 자이로컴퍼스, GPS 컴퍼스 그리고 전자 컴퍼스 등이 있다[1-3].

원격 지시 컴퍼스는 어선이 기존에 주로 사용하던 자기 컴퍼스를 그대로 활용할 수 있다는 장점은 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. 또한 GPS 컴퍼스는 선박의 위치 신호를 받기 때문에 선박이 정지한 상태에서는 방위를 측정할 수 없고 GPS 오차 범위 이상 이동했을 경우에만 방위 정보를 획득할 수 있다는 단점이 있다.

따라서 본 논문에서는 측정 오차가 누적 될 염려가 없고 값이 저렴하며 부피가 작은 지자기 센서를 이용하여 전자 컴퍼스를 2축 지자기 센서를 이용하여 개발하였다. 컴퍼스 1회전 보정법을 이용하여 컴퍼스가 가질 수 있는 Hard/Soft iron 오차를 보정하였고 보정한 방위각을 LCD화면에 표시하였다. 또한 컴퍼스의 tilt 효과를 고려하여 센서부가 일정 영역 내에서 수평을 유지하도록 설계하였다. 또한 다른 출력 방위각을 NMEA-0183 데이터 포맷으로 변환

하여 기타 해상장비와의 인터페이스가 가능한 결과를 디스플레이 하도록 하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 지구 자기장에 대하여 간략한 설명과 지자기 센서 측정 시 발생할 수 있는 hard/soft 효과와 컴퍼스에 기울어짐에 대한 내용을 다루었다. 3장에서 구현된 전자 컴퍼스 시스템을 소개하고 전체적인 구성도와 센서부에 대해서 제안한다. 마지막으로 4장에서는 결론을 제시한다.

II. 본론

1. 지구 자기장 영역

지구는 그 자체가 하나의 자석과 같은 성질을 지니고 있다. 즉 항상 지구상에 자력을 발생하고 있으며, 이 지구가 발행한 자력을 지자력이라고 한다. 지자기의 자력은 남쪽과 북쪽으로 향하고 있으며, 지구상의 임의의 점에 지침을 놓으면 그 자력선의 방향에 따라 남북 방향을 표시한다(그림 1). 지자기에 의한 자력은 일반 자석에 비해 극히 작으며, 그 자속밀도는 한국 부근에서 $0.26 \sim 0.33 \times 10^{-4}$ [T] 정도이다[4,5].

지구 자기장은 수직영역(V)과 수평영역(H)으로 구성되어 있다(그림 1). 지구자기장은 자북에서 완전히 수직(수평 강도가 0이다)이고 적도에서 완전히 수평이다(수직강도가 0이다). 그 외 다른 곳의 지구 자기장은 수평요소와 수직요소

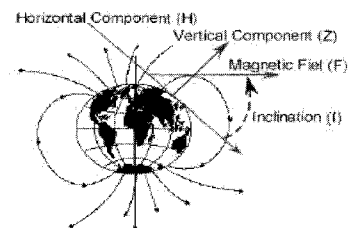


그림 1. Magnetic field 와 inclination과의 관계 [6].

Fig. 1. The relationship between magnetic field and inclination [6].

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2007. 12. 27., 채택확정 : 2008. 1. 5.

홍창현, 정길도 : 전북대학교 전자정보공학부

(mdkhch@hotmail.com/kitchong@chonbuk.ac.kr)

김영철 : 군산대학교 기계공학부(kimyc@kunsan.ac.kr)

※ 본 논문은 전북대 BK 사업단에서 지원하여 연구하였음.

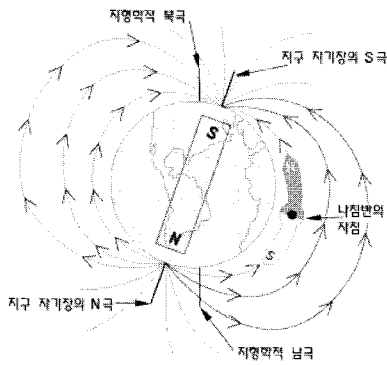


그림 2. 진북과 자북의 차이 [7].

Fig. 2. The difference between true and magnetic north [7].

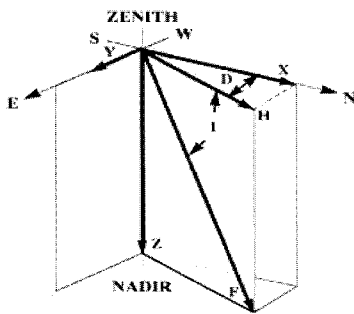


그림 3. 지구자기장의 벡터 성분 [9].

Fig. 3. The vector components of earth's magnetic field; H (Horizontal Intensity): 자기장의 수평분력, Z(Vertical Intensity): 자기장의 연직분력, F(Total Intensity): 전자력, D(Declination): 편각, I(Inclination): 북각 North-South Intensity(X), East-West Intensity(Y) [9].

의 결합으로 이루어져 있으며, 지구자기장과 수평 요소 사이의 각을 inclination(I) 혹은 자기 dip 각이라고 한다.

지구의 자기의 극들은 그림 2와 같이 지리적인 극들과 일치하지 않고, 자기장의 분포는 일정하지 않으며 그것들은 불규칙적으로 이루어져 있어서 자기장 분포에 대해 정확한 자료를 얻기 위해서는 많은 장소에서 측정이 이루어져야 하며, 이러한 현상을 편차(variation)라고 한다.

편차(variation)는 지구상의 특정한 지점의 자기 자오선과 지리적인 자오선의 차이로 정의되며, 좋은 컴퍼스는 컴퍼스가 놓여 있는 자기장의 지구자기장의 수평 요소 방향으로 향해야 한다. 편각(declination)은 그림 3과 같이 진북과 지구자기장의 수평 영역과의 사이 각으로 정의 된다[8].

2. 자기 센서(magnetic sensor)

지자기센서는 지자기를 검출하여 자북으로부터 시계방향으로 360°에 해당하는 방위를 나타낸다. 지자기의 크기는 0.5[G]정도로 아주 미소하지만, 반도체형 자기센서로 검출이 가능하다[1].

자기 센서는 수 세기 동안 방향감지기 및 항법시스템에 사용되었다. 지구 자기장은 50-60μT(0.5-0.6Gauss)의 강도를 갖는 약한 3차장으로 되어있다. 이것은 dipole 모델로 대략화 할 수 있다. 필드 벡터의 X-Y구성요소는 그 지구 표면

과 자북을 향하는 지점과 평행하게 놓여있다. 적도와 가까이 있지 않은 위도의 경우에는 지구자기장의 대부분은 Z 축과 지구의 북반구 지점을 따라서 놓여있다. 그러나 지구장의 수평 방향은 항상 자북을 향해 있고 나침반 방향을 결정하는데 이용한다. 그러므로 나침반은 지구표면과 평행하게 놓여 있거나 혹은 정확하게 측정하기 위해 짐벌(gimble)되어야 한다. 따라서 자기 컴퍼스의 방향 결정을 위해서는 지구 표면과 수평으로 놓여있는 최소 2개의 자기장 센서가 필요하다.

오늘날 플럭스게이트, MR, 자기유도센서 그 외 다른 센서들을 이용한 다양한 형태의 전자 컴퍼스가 있다. 항법 시스템에서 사용되는 자기 컴퍼스의 일반 형태는 플럭스게이트 센서를 이용한 것이다. 플럭스게이트 센서는 1mgauss 분해능을 가지는 자기장을 측정할 수 있는 여자 회로를 가진 코어 주위에 코일을 감은 형태로 이루어져있다. 이러한 센서들은 낮은 비용으로 자기장 측정을 용이하게 한다. 이것은 부피가 크다는 것과 느린 응답시간을 갖는 단점이 있으며, 플럭스게이트 센서는 운행시에 2-3초의 응답시간을 갖는다. 이러한 지연 응답시간을 갖는 센서는 고속의 차량이나 무인 비행기에서는 적합하지 않다[10].

다른 형태의 자기 센서는 MR 센서이다. 이 센서는 자기장의 변화에 따라 전기적인 저항이 변하는 얇은 퍼멀로이(NiFe 자기 필름) 조각으로 구성되어 있다. 이러한 센서는 감도 축이 잘 정의되어 있고, 집적회로로 대량 생산이 가능하다. 최근의 MR센서는 0.1mgauss 이하의 감도를 보여주고 있으며, solid state 형태로 만들어지며 응답시간이 1μsec 이하이다. 이 MR센서는 1초에 1000번 이상 방위값을 읽어올 수 있다[11,12].

3. 자기 측정(magnetic measurement)

Magnetometer(자기측정기)는 자기장의 자속 밀도를 측정할 수 있는 장치로, 이 장치는 magnetic field를 전압이나 전류, 주파수 혹은 그 외 다른 형태의 전기적으로 측정이 가능한 형태로 변화시켜주기 위해서 위에서 기술한 센서들 중 하나를 사용한다.

주로 2축 이상으로 이루어진 magnetometer가 방위 값을 계산할 수 있는 전자컴퍼스로서 사용될 수 있다(2개의 센서들은 지면과 수평을 이루며 서로 수직으로 배치되어야 한다). 센서 축이 측정하고자 하는 magnetic field와 평행할 때 magnetometer 센서 출력 값이 현재 존재하는 magnetic flux 값의 최대값이다. 그러나 magnetic flux line과 magnetometer센서가 서로 수직일 때는 그 출력 값은 '0'이 된다. X 축의 센서가 초기에 자북을 향하고 있고 Y축의 센서는 X축의 센서와 수직을 이루고 있을 때, 이 2축의 센서들을 시계 방향으로 회전시키면 X축의 센서의 출력 값은 cosine 형태가 되고 Y축의 센서의 출력 값은 sin 형태를 갖게 되며, X축에 따른 Y축에 따른 출력 값은 원점을 중심으로 하는 원의 형태로 나타난다. 이 원 형태의 출력 값이 지자기 센서의 오차 보정을 위해서 사용된다. Y축은 전형적인 데카르트 좌표계에서 컴퍼스 좌표계로 변환된 것으로, 이것은 실제 방위 값을 컴퍼스 좌표계에서 정확하게 나타내기 위해 사용된다. 지자기 센서들의 출력 값을 이용하여 방위 값

을 계산하여 표시 할 때에는 데카르트 좌표계에서 컴퍼스 좌표계로 적절하게 변환시켜줘야 한다. 특히, 삼각법을 이용하여 계산할 때는 더욱 그러하다.

Magnetic field line에 대하여 센서들이 평행한 경우와 그렇지 않은 경우, 사이의 각에서 센서 X의 출력신호는 magnetic flux 밀도 β 와(magnetic field line과 평행할 때의 β) θ 값에서의 cosine 값과 곱한 값이다.

$$X = \beta \cos(\theta) \tag{1}$$

만일 하나의 센서를 더 추가하고 X축 센서와 90° 회전시킨 위치에 배치한다면 X축 센서와 동일한 기능을 가지면서 그 출력 값이 90°의 위상차가 존재하는 Y축 센서가 된다. 이 Y축 센서가 동쪽을 향하여 위치하고 X축 센서는 북쪽을 향하여 위치한다. 이 두 센서는 서로 수직인 형태로 존재하고 Y축 센서의 출력 값은 다음과 같은 식으로 계산할 수 있다.

$$Y = \beta \sin(\theta) \tag{2}$$

X와 Y축 센서를 통해서 출력되는 값을 이용하여 방위 값을 충분히 계산할 수 있다. 삼각함수를 이용하면 다음과 같다.

$$\tan(\theta) = \frac{\sin(\theta)}{\cos(\theta)} \tag{3}$$

(1)에서 (3)까지를 연립하면

$$\theta = \arctan\left(\frac{\beta \sin(\theta)}{\beta \cos(\theta)}\right) \tag{4}$$

즉,

$$\theta = \arctan\left(\frac{Y}{X}\right)$$

이다.

아크탄젠트는 원래 $-\infty$ 에서 ∞ 까지의 전체 입력 영역에서 그 값이 $\pm 90^\circ$ 로 제한된다. 이 함수는 데카르트 좌표계에서 사용될 수 있고 만일 컴퍼스 좌표계에서 사용하면 그 값은 컴퍼스 좌표계에서 90°만큼 회전시킨 값이다.

데카르트 좌표 계의 θ 값을 컴퍼스 방위 좌표계로 전환시키기 위해서 좌표계 변환이 먼저 이루어져야 한다. 표 1은 X, Y센서들의 출력 값의 범위에 따라 달라지는 변환 값을 나타내고 있다. 이 센서 값들은 그림 4에서 나타낸 것과

표 1. X, Y센서들의 출력 값의 범위에 따른 방위 변환 값.

Table 1. The azimuth calculation according to the X, Y sensor's output range.

측정 값		방위계산(°)
X	Y	
0	< 0	90.0
0	> 0	270.0
> 0	> 0	$360 - [\arctan(Y/X)] * 180/\pi$
> 0	< 0	$0 - [\arctan(Y/X)] * 180/\pi$
< 0	모든 값	$180 - [\arctan(Y/X)] * 180/\pi$

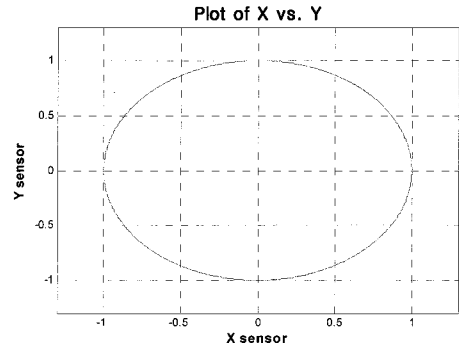
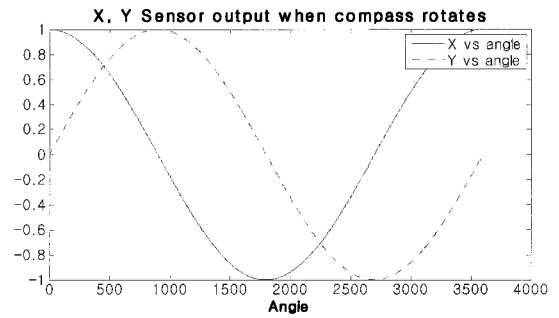


그림 4. X, Y 센서의 출력 형태와 이를 컴퍼스 좌표계로 표시.

Fig. 4. X, Y sensor's output pattern and compass coordinates.

같다.

(1)과 (2)에서 설명한 것처럼 X, Y 축의 두 센서의 출력 신호는 magnetic field 밀도(β)와 θ (자북에 상대적인 값)값에 비례한다. 자기장 밀도는 두 X, Y축의 센서의 출력 값을 제공한 값의 합을 제곱근을 취하여 계산할 수 있다.

$$\beta = \sqrt{X^2 + Y^2} \tag{5}$$

(5)는 선박의 수평면 관점에서 자기장 밀도 전체의 수평 성분을 계산할 수 있다. 이 값을 통하여 계산되는 방위 값의 정확도에 크게 영향을 줄 수 있는 magnetic anomaly와 센서들의 기울어짐 등을 알 수 있다.

4. Hard/Soft 성분에 의한 왜곡

컴퍼스 방위를 계산하기 위해서는 정상적으로 작동하는 두 개(X축, Y축) 이상의 센서가 필요하다. 하지만 컴퍼스 주변에 지구 자기장 외에 또 다른 자기장을 발생시킬 수 있는 물질들로 인해서 방위 계산에 큰 오차를 발생시킬 수 있다. 지구 자기장은 상대적으로 적은 세기의 자기장이므로 컴퍼스 주변의 자성체에 의해서 쉽게 변형이 일어날 수 있고 이것이 경로에 쉽게 영향을 미칠 수 있다.

컴퍼스 주변에 발생 할 수 있는 자기장의 원인은 다양하다. 자기장은 컴퍼스 주위의 회로에서 발생하는 전기적인 전류의 흐름 때문에 발생할 수 있고, 전자제품들에 의해서도 발생할 수 있다. 또한 모터와 같은 영구자석이나 선박의 블록을 이루고 있는 자성체로 인해서 지구자기장에 영향을 줄 수 있다.

선박 내부에 있는 요소 외에도 주위를 지나가는 선박이나 바다 밑의 자성 물질들 그리고 지하의 수송관과 같은 것들도 자신의 자기장을 가지고 있어서 지구자기장에 음영으로

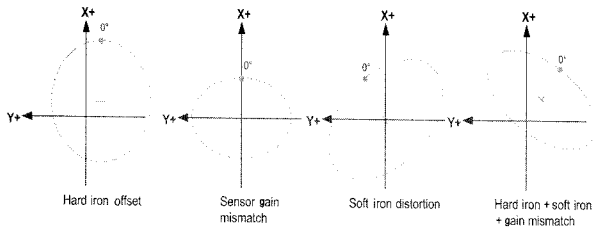


그림 5. Hard/Soft iron 왜곡에 의한 방위 출력 형태 [13].

Fig. 5. The effect of hard/soft iron distortion [13].

작용하거나 지구자기장의 경로에 영향을 주어 그 방향을 변화시킬 수 있다. 지구자기장에 옹셋으로 작용하는 물질은 hard iron 물질이라고 분류한다. 그리고 자속의 field line의 ‘자연적인 경로(natural path)’를 바꾸는 물질은 soft iron 물질이라고 분류한다. 이 ‘자연적인 경로(natural path)’는 공기 중을 통과하는 경로를 의미한다. 따라서 상대적으로 높은 투과성을 갖는 물질을 soft iron 물질이라고 할 수 있다. 물론 soft iron 물질은 hard iron의 영향을 동시에 줄 수 있다. 보통 컴퍼스의 방위 값이 주위에 존재하는 자기장에 의해서 어떠한 영향을 받는 지를 살펴봄으로써 컴퍼스 주위에 soft iron과 hard iron 물질들의 존재 유무를 알 수 있다. 이 영향들은 컴퍼스가 360° 회전하면서 나타내는 센서들의 출력을 이용하여 X, Y축으로 그래프를 그림으로써 알 수 있다. 그림 5는 이 영향들을 설명하고 있다.

X-Y축으로 그린 그래프를 통해서 선박 위에 탑재한 컴퍼스가 회전하면서 그 주위의 외부자기장을 추정할 수 있다. 이러한 궤적을 통해서 선박 주위 환경의 자기적인 특징을 고려할 수 있다. 만일 컴퍼스 주위에 soft iron이 존재하면 X-Y출력 그래프가 타원형의 형태로 그려진다. 그림 6과 같이 soft iron 물질은 지구 자기장 경로 상에 존재하면 자기장들을 끌어 모아서 이를 휘게 하여 지구자기장을 국부적으로 응축시킨다. 동시에 새로이 밀집한 자기장을 형성한다. 그리고 soft iron 물질의 분포와 크기가 측정값의 컴퍼스 좌표계로 나타내어지는 타원형의 배열과 옹셋을 결정한다.

주위의 전기 자기장과 철 구조물 그리고 모터 등은 선박이 컴퍼스를 이용하여 방위를 측정하게 하는데 어려움을 갖게 한다. 전자 컴퍼스를 이용하기 전에 각 축들의 센서 X-Y 그래프를 생성해서 자기적인 특징을 분석하는 것은 좋은 방법이다. 이러한 그래프를 통해서 이전에 기술했던 간단한 왜곡이나 보다 중요하고 복잡한 왜곡 현상에 대해서까지 규명할 수 있다. 또한 이 그래프는 컴퍼스가 정확한 결과 값을 제공하면서 방위의 변화를 나타내야 한다. 뿐만 아니라 센서의 위치를 보정해 줄 수 있는 정보도 제공해야 한다[13].

5. 컴퍼스의 기울어짐에 의한 방위각 영향

컴퍼스가 기울어졌을 때 계산된 방위 값은 오차를 포함한다. (1)과 (2)에서 설명하고 있는 센서의 출력 값은 수평면에서 측정된 센서 값의 방위를 측정된 출력 값이다.

센서의 기울어짐은 지구 자기장의 수평 성분의 일부에 센서를 노출시켜 수평성분의 요소를 줄어들게 하여 오차를 발생시킨다. 그리고 이것은 국부적인 inclination 각과 기울

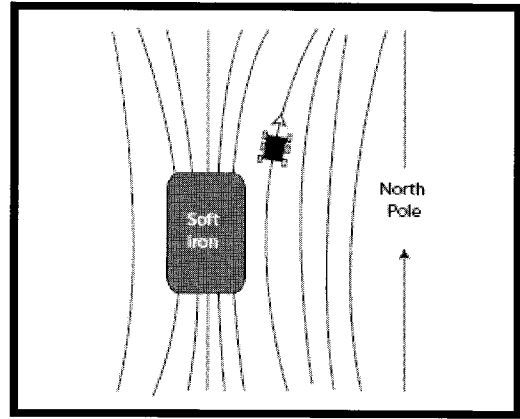


그림 6. Soft iron 효과에 의한 자기장 형태 [13].

Fig. 6. The shape of magnetic field by Soft iron effects [13].

어짐 방향에 따른 자장 밀도를 증가시키거나 감소시킬 수 있다.

(6)은 컴퍼스가 남북 회전축으로 기울어졌을 때(pitch) 그 기울어진 각과 방위 오차의 관계를 설명하고 있다.

$$\theta_{err} = \arctan(\sin\alpha \tan\phi) \tag{6}$$

θ_{err} 가 컴퍼스의 기울어짐에 따라서 발생한 오차이고, α 는 컴퍼스의 피치(pitch) 각이고, ϕ 는 지구자기장의 inclination 각이다.

III. 전자 컴퍼스 시스템

1. 전자 컴퍼스 시스템 개요

본 논문에서는 X축과 Y축의 지자기 센서로 이루어진 E-Sensor를 이용하여 전자 컴퍼스를 개발하였다. 그림 7은 개발한 전자 컴퍼스 시스템에 대하여 보여 주고 있다. 시스템은 지상에서 오는 자기장의 오차의 영향을 줄이기 위하여 삼축모양의 받침대 위에 센서박스를 설치하여 지상으로부터 1.5m 이상 떨어지게 함으로 선체 바닥으로부터 지자기의 영향을 최소화 하였다. 센서 박스 안에는 2축으로 이루어진 지자기 센서가 탑재되고, Atmega 128 chip을 이용한

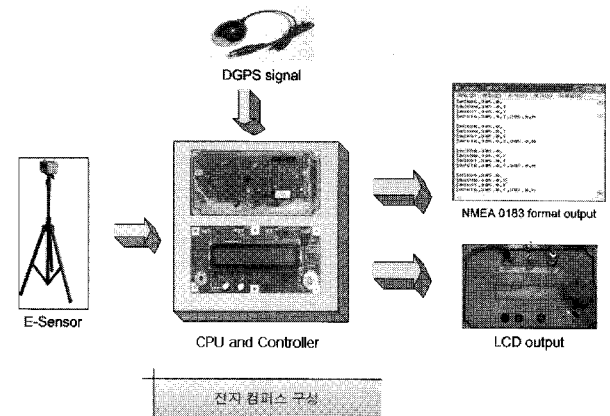


그림 7. 개발된 전자 컴퍼스 시스템.

Fig. 7. Developed electronic compass system.

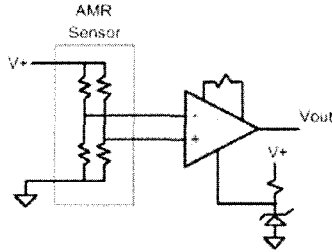


그림 8. AMR 회로의 구성 [14].
Fig. 8. The constitution of AMR circuit [14].

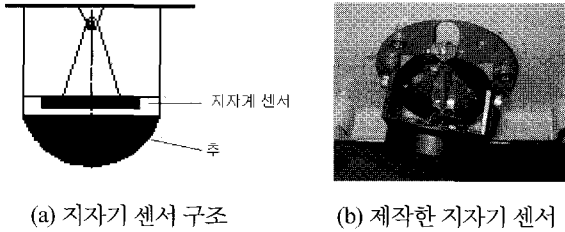


그림 9. 지자기 센서가 설치된 형태.
Fig. 9. The type of earth's magnetic sensor.

중앙처리부에서는 측정된 센서 값들을 이용하여 컴퍼스 좌표계로 변환 뒤 LCD로 표시하도록 하였다. 또한 이를 컴퓨터에 연결했을 때, 시리얼 통신을 통하여 NMEA 0183 데이터 format으로 방위각을 나타낼 수 있도록 프로그램하였다. 그리고 controller를 통해 센서 값들을 1회전 보정법을 사용하여 보정할 수 있도록 설계하였다. 또한 DGPS 신호를 받아 출력 방위 값과 비교하여 지자기 센서 오차가 비교적 클 경우 DGPS 값으로 방위각을 보정 할 수 있도록 설계하였다.

2. 센서부
본 논문에서는 두 개의 AMR 센서를 사용하여 센서부를 구성하였다. 그림 8은 AMR 센서회로를 보여준다. AMR 센서는 네 개의 센서축으로 구성되며, 휘스톤 브릿지의 회로로서 자장의 변화를 좀더 세밀하게 측정하여 1~5mV의 자장변화도 측정 가능하도록 하였다. 또한 코일처럼 자장의 변화 정도와 공진 주파수 등에 연관되지 않고 사용 가능하도록 하였다.

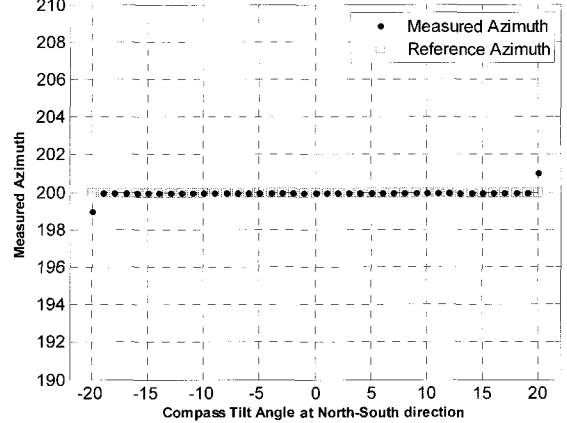
센서부는 X축과 Y축으로 이루어지게 구성하였고, 컴퍼스의 기울어짐에 대한 방안으로 지자기 센서를 센서 박스 안에 그림 9(a)와 같이 디자인하여 2자유도를 갖도록 하였다. 또한, 센서 밑단에 비자성체인 추를 달아 컴퍼스의 기울기에 대한 방위 값의 오차를 사전에 차단하였다. 그리고 컴퍼스가 전후 회전축에서 ±20°, 좌우회전축에서 ±40° 영역 내에서 항상 수평을 유지하게 설계하였다. 그림 9(b)는 개발된 센서를 부착한 형태를 보여 준다.

3. 실험 및 결과

본 논문에서는 지자기 센서를 이용하여 전자 컴퍼스 시스템을 구성하였다. 특히 스텐드형 센서부를 설계하여 일정 영역 내에서 수평을 유지하도록 설계하였다.

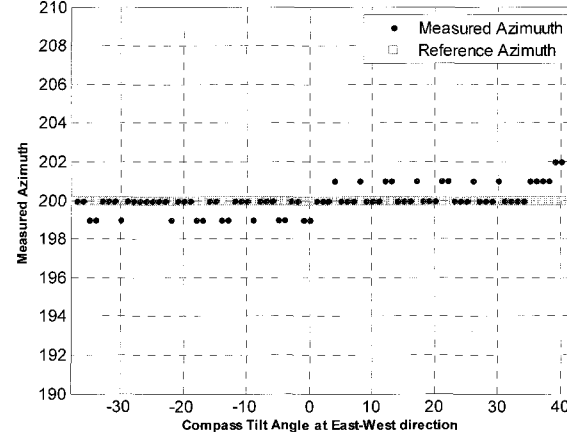
그림 10은 수평을 유지했을 때의 지자기 센서의 값과 전후 혹은 좌우의 기울어진 정도에 따른 그 값을 비교하였다.

Comparison the Azimuth when Compass has Tilt at North-South direction



(a) Comparison the azimuth when compass has tilt at north-south direction

Comparison the Azimuth when Compass has Tilt at East-West direction



(b) Comparison the azimuth when compass has tilt at east-west direction

그림 10. 컴퍼스의 기울어짐에 따른 방위 각.
Fig. 10. Compass azimuth according to tilt.

본 논문에서 제안한 것과 같이 컴퍼스가 전후 회전축에서 ±20°, 좌우회전축에서 ±40° 영역 내에서 센서 측정 값의 오차가 약 1~2° 정도 발생하였다. 그러나 개발된 전자 컴퍼스 시스템의 센서부는 본 논문에서 제안한 범위 안에서 수평을 유지하도록 설계되어 그 영역 밖에서 tilt의 영향으로 측정 오차가 선체의 기울기에 따라 계산 방위각의 오차가 증가하였다.

개발한 전자 컴퍼스는 선박에서 사용할 목적으로 개발한 것이므로 선박에 설치를 용이하기 위해서 삼각모양의 받침대를 사용하였고, 또한 이동시 영향을 받을 수 있는 자기 왜곡의 영향을 최소화하기 위해 DGPS data를 이용하여 지자기 센서의 출력 값과 비교하여 수동으로 보정 할 수 있도록 설계하였다. 따라서 방위각과 편차 및 자차 정보를 나타내는 HDG와 선수 방위 정보를 나타내는 HDT 표준 문장 형식의 NMEA 0183 data format으로 프로그램하여 다른 항해 장비와 인터페이스 할 수 있도록 하였다. 그림 11은 개발된 전자 컴퍼스 시스템의 NMEA 0183 data 출력결과 이다.

```

$HCHDG,017.6,
$AGVHW,017.6,T
$AGHDT,017.6,T
$APVTG,017.6,T,018.0,M

$HCHDG,017.5,
$AGVHW,017.6,T
$AGHDT,017.6,T
$APVTG,017.6,T,018.0,M

```

그림 11. NMEA 0183 data format 출력.

Fig. 11. NMEA -183 data format output.

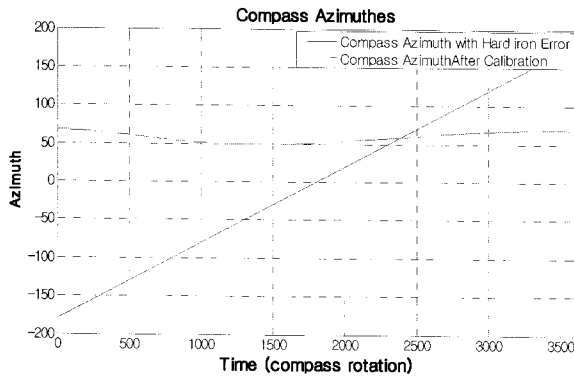


그림 12. 보정 전(점선)과 보정 후(실선)의 컴퍼스 출력 방위 값.

Fig. 12. The compass azimuth before and after calibration.

그림 12는 컴퍼스를 1회전 시켰을 때의 출력을 보여 준다. 앞서 설명한 hard/soft iron의 영향으로 센서 출력값을 보정하기 전에는 컴퍼스의 출력이 그림 12의 점선과 같이 나타나며, 이는 2축 센서를 컴퍼스 좌표계로 표시했을 때 그 중심점이 (0.0)이 아닌 다른 점으로 이동했기 때문이다. 보정 후 그림 12의 실선과 같이 선형적으로 출력하는 결과를 얻었다.

VI. 결론

해상에서 선박의 항해시 방위 정보는 매우 중요한 요소이다. 방위 정보를 나타내는 방법으로는 자이로컴퍼스, 마그네틱 컴퍼스, 위성항행 시스템 등과 같이 다양하다. 자이로 컴퍼스는 비교적 우수한 성능을 가지고 방위 정보를 제공하나 크기가 크고 가격이 비싼 단점이 있다.

본 논문에서는 소형 선박에서 저렴하고 비교적 정확한 방위 정보를 제공할 수 있는 지자기 센서를 이용하고, DGPS값을 참조하여 방위 값을 보정 할 수 있는 전자 컴퍼스 시스템을 개발하였다.

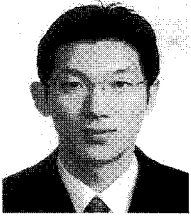
본 논문에서는 2축 지자기 센서를 이용한 전자컴퍼스를 개발하였고, 컴퍼스에서 고려해야 될 전자컴퍼스에서 지자기 센서를 활용할 때 고려해야 될 사항들을 소개하였다. 컴퍼스의 기울어짐에 대한 방안으로 tilt 센서를 사용하지 않고 그와 동일한 정확도를 유지 할 수 있도록 설계 하였다.

또한 방위각과 편차 및 자차 정보를 나타내는 HDG와 선수 방위 정보를 나타내는 HDT 표준 문장 형식의 NMEA 0183 출력을 얻음으로 그 유용성을 보였다.

향후에는 전자 나침반의 데이터를 정밀하게 보여주는 정밀 나침반의 기어 등을 포함하는 리피터를 설계, 제작함으로써 전자 나침반 방위각 인터페이스 장치의 개발이 필요하다.

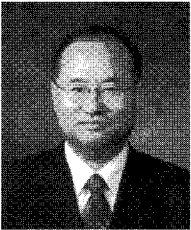
참고문헌

- [1] 윤계준, "GPS수신기와 지자기센서 병행식 디지털 전자컴퍼스에 대한 연구," 목포해양대학교 대학원, pp. 4-14, 2005.
- [2] L. A. Whitcomb, "Using low cost magnetic sensors on magnetically hostile land vehicles," *Position Location and Navigation Symposium, 1988. Record. Navigation into the 21st Century*, pp. 34-38, IEEE PLANS'88, IEEE 1988.
- [3] 이상집, 임정빈 "원격지식식 자기 Compass에 관한 연구(I)," 한국항해학회지, 제 10 권, 제 1 호, pp. 81-100, 1986.
- [4] 변영준, "지자기센서를 이용한 로봇의 효율적인 주행 알고리즘에 관한 연구," 공주대학교 대학원, pp. 5-10, 2006.
- [5] "건설교통부 국토지리정보원" <http://www.ngi.go.kr>.
- [6] KVH Industries, Inc., 50 Enterprise Center, Middletown, RI 02842, Ph.: 401-847-3327. White paper at http://www.kvh.com/support/product_docs/oemcomov.pdf.
- [7] http://www.mapschool.co.kr/main03_main08.htm
- [8] L. Ojeda and J. Borenstein, "Experimental results with the KVH C-100 fluxgate compass in mobile robots," *Proceedings of the IASTED International Conference Robotics and Applications, Honolulu, Hawaii, USA, 2000*.
- [9] USGS/NGIC'99-National Geomagnetic Information Center, U.S. Geological Survey web site at http://geomag.usgs.gov/frames/mag_mod.htm.
- [10] 문태정 김재홍, "Fluxgate형 지자기 센서 및 응용회로 개발에 관한 연구," *논문집*, vol. 29, no. 1, 2001.
- [11] R. Racz, C. Schott, S. Huber, "Electronic compass sensor," *IEEE*, vol. 3, pp. 1446-1449, Oct, 2004.
- [12] M. J. Caruso, *Applications of Magnetoresistive Sensors in Navigation Systems.*, Honeywell, 1997.
- [13] J. Miller, "Mini rover 7 electronic compassing for mobile robotics," *Circuit Cellar Inc.*, pp. 14-22, April, 2004.
- [14] M. J. Caruso, L. S. Withanawasam, "Vehicle detection and compass applications using AMR magnetic sensors," Honeywell<www.ssec.honeywell.com>



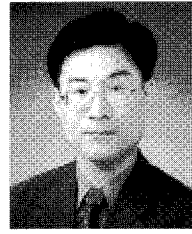
홍 창 현

2006년 전북대 전자정보공학부 학사.
2006년~현재 동 대학 석사과정. 관심 분야 Navigation, Robotics.



정 길 도

1984년 미국 Oregon State University 기계공학과 졸업. 1986년 미국 Georgia Institute of Technology 기계공학석사. 1992년 미국 Texas A&M University 기계공학박사. 1993년~1995년 영남대학교 전임 강사. 1995년~현재 전북대학교 전임강사, 부교수, 교수. 관심분야는 Time-Delay, 실시간 멀티미디어 전동, Web 기술, Robotics, Navigation.



김 영 철

1989년 전북대학교 전기공학과 학사. 1988년~1990년 LG 생산기술연구소 연구원. 1993년 전북대학교 전기공학과 석사. 1998년 일본 Tohoku대학 기계공학 박사. 1998년~2004년 대불대학교 전기전자공학부 전임강사. 조교수. 2005년~현재 군산대학교 기계공학부 부교수. 관심분야는 메카트로닉스, 재활복지공학, 로봇센싱, Robotics.