

디지털 전자컴파스에 대한 연구

목포해양대학교, 해양전자통신공학부
윤재준, 최조천

A Study on the Digital Electronic Compass

Mokpo Maritime University
Faculty of Marine Electronic & Communication Engineering
Jae-Jun Yun, Jo-Cheon Choi

요약

선박의 자동조타기에는 반드시 방위정보가 필요하며, 방위정보를 제공하는 장비로는 자이로컴파스, 지자기 컴파스 및 GPS 컴파스가 있다. 자이로컴파스는 안정된 동작을 하지만 고가형이므로 주로 대형선박에서 사용되고 있으며, 중소형 선박에서는 저가형의 지자기컴파스 및 GPS 컴파스가 사용되고 있다. 본 연구에서는 지자기컴파스와 GPS 컴파스에서 각각의 단점을 보완하는 방식으로 안정된 방위정보를 제공하는 병행알고리즘의 전자컴파스를 구현하였다.

abstract

Ship's auto pilot is must necessary the azimuth data, which is supported by a gyro, geomagnetism and GPS compass. The gyro compass is operation of stability & correct , therefore it is used by big size shipping because of high cost. The other side, medium and small size shipping are used the geomagnetism and GPS compass of low cost. This paper have studied that the two jobs are going on at the same time both of there's advantage. Which is asked the algorithm for stability azimuth data on reject methode the defect of respect wiht geomagnetism & GPS compass.

I. 서론

선박의 항해에는 방위정보와 위치정보를 필요로 한다. 여기에서 방위정보를 제공하는 장비로 자이로컴파스가 있으며, 선박의 자동조타에 필수적인 요소이다. 자이로컴파스는 대부분 GMDSS의 대형선박에서 사용되고 있으며, 자이로스코프를 이용하는 방식으로 정밀도와 신뢰성은 우수하지만 부피가 크고 고가이다.

자동조타기란 설정된 방위의 코스대로 선박이 자동 항해하도록 제어하는 장치로 여기에는 전기신호의 방위정보가 반드시 필요하다.

한편, 소형선박에서 사용되는 자기컴파스는 지자기의 방위를 자침이 지시하는 형태로 소형, 경량, 저가이지만, 전기적으로 방위정보를 얻을 수 없으므로 자동조타장치에는 이용될 수 없다. 그러나 지자기 센서나 GPS의 위치정보를 이용하여 전기적인 방위정보를 얻는 전자컴파스는 자이로컴파스에 비교하여 성능은 약간 떨어지는 면이 있으나 저가, 경량, 소형의 형태이며 그림-1과 같은 자동조타기에 적용된다.

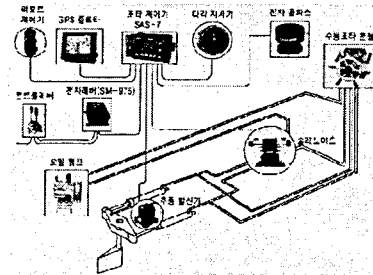


그림1 소형선박용 자동조타기 구성
Fig.1 Structure of auto-pilot using small ship

그러므로 요트, 어선, 소형함정 등에서 자동조타기를 사용하는 경우에 전자컴파스는 필수적인 장비이다. 현재, 우리나라의 전자컴파스 국산화 수준은 미비하여 수입에 의존하고 있는 상태에서 소형선박의 안전항해를 위한 필수도구로 그 수요가 계속 증가하고 있다. 즉, 정확하고 신뢰성 있는 저가형 전자컴파스의 선박의 안전항해를 위하여 반드시 필요한 부품이다.

II. 전자컴파스의 설계

본 연구에서 구현하고자 하는 전자컴파스의 성능은 다음과 같다.

- ±2° 이내의 정밀도와 디지털방위 및 속도 표시
- 한반도 연·근해를 항해하는 선박을 대상으로 방위계 구현
- NMEA0183, RS232C 인터페이스 제공
- 센서부, 제어부, 표시부를 독립된 유니트로 개발 (이용자의 선택사양)
- 저가형으로 소형선박에 최적의 설계

지자기센서는 지자기를 검출하여 자북으로부터 시계방향으로 360°에 해당하는 방위를 나타낸다. 지자기를 검출하는 센서로는 지자기센서가 있으며, 지자기의 크기는 0.3[G] 정도로 아주 미소하지만 반도체형 자기센서로 검출이 가능하다.

지자계는 그림2와 같이 분포되며, 중요한 사항은 지구의 자극이 지리적인 진북과 일치하지 않고 지축의 회전에 따라 약 11.5°의 범위에서 연속적으로 변화된다는 사실이다. 그러므로 선박에 의무적으로 설치해야 하는 선박용 마그네틱 컴퍼스는 철로 제작된 선박의 구조물 등과 같은 자성물질에 의한 방위오차 변동이 심하게 나타난다.

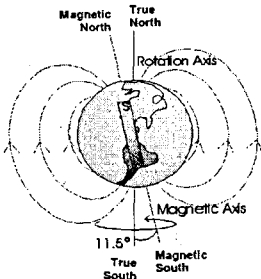


그림2 지자계의 분포형태

Fig.2 Distribution of earth magnetic field

즉, 지자기 센서가 검출하는 자극은 진북 또는 남극과 일치하지 않으므로 검출되는 방위값은 필연적으로 오차를 수반할 수밖에 없다.

그림3은 각 위도에 따른 지구표면의 자기장 성향 정도를 나타낸 것으로 각 위치에 따라서 자기장의 정도가 다를 수 있다. 그러므로 연구에서 사용한 CMPS03 지자기 모듈은 이러한 자기장의 성향 정도에 따라 북쪽의 방향을 조정할 수 있도록 켈리브레이션 기능이 추가되어 있다.

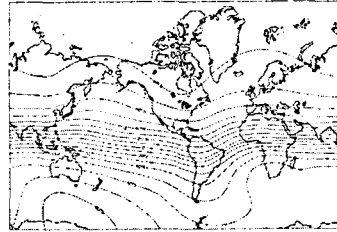


그림3 지구 자기장 성향 정도
Fig.3 Earth magnetic field inclination

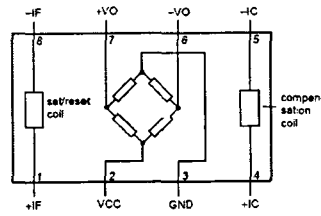


그림4 MR센서의 블록도
Fig.4 Blockdiagram of MR Sensor

표1 MR센서의 포트폴리오
Table1 Portfolio of MR Sensor

	KMZ51	KMZ52	UNIT
1- or 2-dimensional sensor	1-dim		-
Package	SO 8	SO 16	-
recommended supply voltage	5	5	V
sensitivity	16	16	(mV/V) / (kA/m)
offset voltage	-1.5...1.5	-1.5...1.5	mV/V
Applicable field range	-0.2...0.2	-0.2...0.2	kA/m
Integrated set/ reset coils for flipping	YES	YES	-
Integrated compensation coils	YES	YES	-

지자기는 MR(Magneto Resistive) 센서를 이용하여 검출하며, 그림4는 KMZ-51 및 KMZ-52 모델 MR센서의 블록도를 나타낸 것이고, 표1은 MR센서의 포트폴리오를 나타내고 있다. 이 센서는 고유의 선형성과 높은 감도를 가진다.

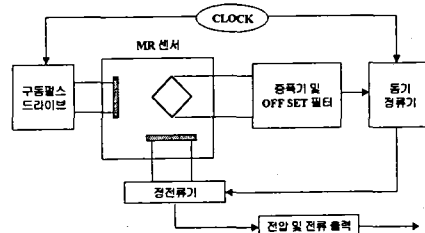


그림5 구동펄스 및 지자기 보상회로
Fig.5 Drive pulse and Terrestrial magnetism compensation circuit

그림5는 구동필스 및 지자기 보상회로이며, X축과 Y축으로 2조를 배치하여 각각의 회로에서 검출된 지자기의 위상을 비교·연산하여 방위를 계산한다. 그러나 지자기 축의 변화, 철로 제작된 선박의 구조물 및 자성물질에 의한 방위오차 변동 등에 의하여 지자계는 언제나 불안정한 상태로 존재하므로 지자기 콤파스의 신뢰성에는 한계가 있다. 이러한 단점을 보완해 줄수 있는 전자식 콤파스가 첨단 위성항법인 GPS를 이용하여 위치정보의 연속성에서 방향을 계산하여 방위정보를 제공하는 GPS 콤파스가 있으며 현재 실용화되어 있다. GPS 콤파스란 GPS 수신기에 의한 위치정보를 일정한 간격으로 저장하고, 근접한 2점의 정보를 이용하여 선박의 이동방위와 거리를 계산한다. 동서거와 변위를 알고 침로 및 항정을 구하는 계산법을 평면항법이라 한다. 동서거 L2는 P1의 경도와 P2의 경도 사이의 거리이다. 그림2-5와 같이 선박이 P1의 위치에서 P2의 위치로 이동되었다면 각각의 경·위도에서 L1과 L2의 거리를 계산할 수 있다. 여기에서 L1과 L2를 이용하면 tanQ의 각도를 계산할 수 있으므로 진북에 대한 방위각을 구할 수 있다. 또한, $(L1^2 + L2^2)^{1/2}$ 에 의하여 이동거리 L3를 구하면 L3/시간($t_1 \sim t_2$)의 계산으로 이동체의 속도를 산출할 수 있다. 그림6은 평면직각항법의 기본 개념도이다.

지구상의 위치 P1점과 P2점을 알고 있다면, P1점으로부터 P2점까지의 수평면에서의 진북을 기준으로 하는 방위 Q와 거리 L3는 식(1), (2)로 계산된다.

$$\tan Q = \frac{\Delta L2}{\Delta L1} \quad \text{---(1)}$$

$$L3 = \Delta L1 \cdot \sec Q \quad \text{---(2)}$$

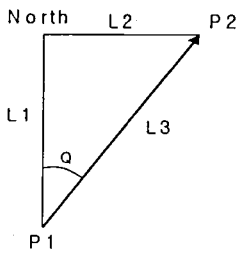


그림6 GPS콤파스의 방위계산 원리
Fig.6 Direction calculation principle of GPS compass

위의 식(2)에서 변위 $\Delta L1$ 은 P1점과 P2점에 대한 위도의 차에 따른 거리이고, 동서거 $\Delta L2$ 는 P1점과 P2점에 대한 경도의 차에 따른 거리이다.

여기서는 위치 및 방위정보를 동시에 제공하

는 Royal tek의 모델명 RFG-2000 GPS chip을 사용하였다. 그러나 GPS 콤파스는 위성으로부터 수신되는 위치정보의 오차에 의하거나 이동체의 이동속도가 느리면 방위정보가 불확실할 수 있는 단점이 있다.[1-4]

III. 지자기센서의 특성

1. I2C 인터페이스 방식

연구에서 사용한 CMPS03 지자기 모듈은 필립스사가 제안한 I2C인터페이스 방식을 사용하고 있다. I2C인터페이스 방식은 주로 제어용으로 사용되는데 한 라인은 클럭(SCL), 다른 한 라인은 데이터(SDA)로 이루어져 있으며 클럭에 따라서 한 비트씩 데이터 라인에 실리게 된다. 데이터 1비트는 클럭이 high 상태일 때 가져오면 된다.

프로그램시 데이터 비트를 high 또는 low로 assert 하고 난 후에 클럭을 low에서 high로 바꿔주면 PGT(positive going trigger)를 체크하여 데이터를 가져가면 된다. 전송속도는 표준 mode일 때 100kbps, fast mode일때는 200kbps, 400kbps가 가능하다. SDA와 SCL은 모두 한 라인에 연결되는데 그림7과 같은 Rs(내부보호회로)와 Rp(pull-up저항)의 부가회로를 필요로 한다.

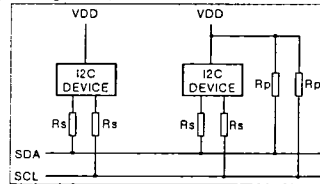


그림7 I2C 하드웨어 구성

Fig.7 I2C hardware composition

2. I2C BUS의 데이터 구성

전체적인 데이터 프레임은 그림8과 같다. 8비트의 데이터와 Acknowledge가 조합된 블록이 반복되는 구조로 이루어져 있으며 시작과 끝을 알리는 Start와 Stop 신호가 존재한다.

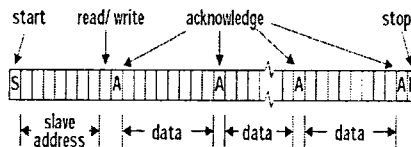


그림8 I2C방식의 데이터 프레임

Fig.8 Data frame of I2C

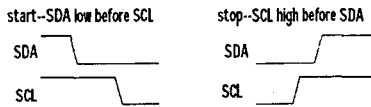


그림9 Start-Stop 시퀀스
Fig.9 Start-Stop sequences

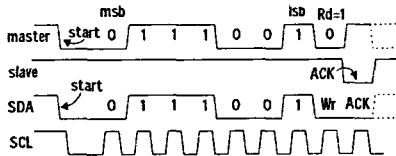


그림10 송신상태의 타이밍도
Fig.10 Timing of transmission of a message state

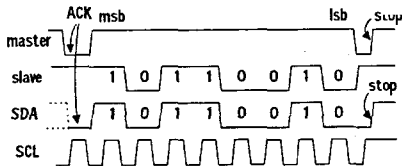


그림11 수신상태의 타이밍도
Fig.11 Timing of reception

그림9는 I2C BUS의 start와 stop신호의 상태를 나타낸다. 클럭의 초기 상태는 모두 high 일 때이다. 이 때 먼저 SDA가 low로 되면 버스의 시작을 알리는 것이고 반대로 하게 되면 버스의 중지를 알리는 것이다. Start 이후에 데이터에 맞추어 클럭 8개를 생성하면 수신부에서 다 받았음을 알리는 ack 신호를 보낸다. 따라서 8바이트를 모두 전송한 후 SDA를 high 상태로 만들고 기다리면 slave 쪽에서 SDA를 low로 떨어뜨리게 되고 master 쪽에서 인식하면 된다. 그림10은 송신상태의 타이밍도이며, 그림11은 수신상태의 타이밍도를 나타낸 것이다.[5-8]

3. CMPS03 Compass Module

그림12는 영국 ROBOT Electronics 사의 CMPS03 지자기 모듈의 실물사진이다. KMZ51과 KMZ52의 지자기 센서를 이용한 모듈로서 I2C인터페이스 방식을 사용하고 있고, 0.0°~359.9°까지 0.1도 분해능으로 방위각을 표시할 수 있다.[9]

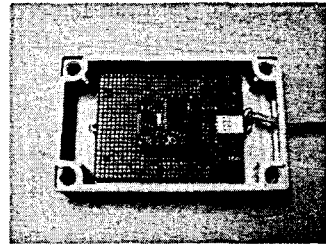


그림12 지자기센서
Fig.12 Terrestrial magnetism sensor

그림13은 RoyalTek사의 RFG-2000 GPS 수신 모듈의 사진이다. 제어부의 프로세서는 MCS-51 계열로 프로그램의 수정이 용이한 미국 Atmel사의 AT89C51을 사용하였고, 소프트웨어는 어셈블리어로 작성하였다.

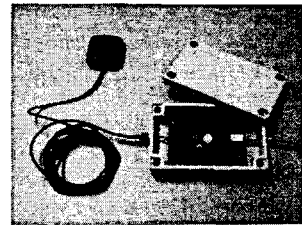


그림13 GPS모듈 (로알텍 RFG-2000)
Fig.13 GPS module (Royaltek RFG-2000)

III. 구현 및 분석

1 전자컴пас의 제작

그림14는 전자컴пас의 구성도를 나타낸 것으로 지자계를 검출하는 방위센서의 방위정보와 GPS 수신기에 의하여 계산되는 방위정보를 제어부에서 비교·분석하므로써 상호 보완적으로 신뢰할 수 있는 이동체의 방위 및 속도를 추출하여 표시한다.

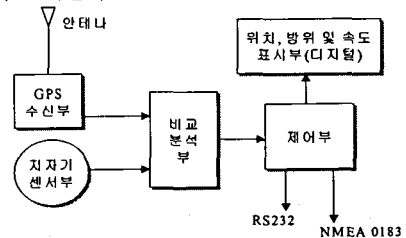


그림14 전자컴пас 구성도
Fig.14 electronic compass schematic diagram

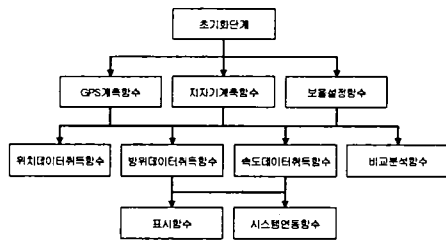


그림15 알고리즘의 계층 구조도
Fig.15 Class structure of algorithm

그림15는 계층구조도로써 기초정보취득단계, 비교분석단계, 출력단계의 3단계로 구성되어 있다.[10,11] 먼저 전원을 인가하면 통상적인 초기화단계를 수행한다. 다음으로 GPS계측 함수, 지자기계측 함수, 보울설정 함수를 수행하는 기초정보 취득단계를 수행하고 취득된 정보는 비교분석 단계로 연결된다. GPS계측 함수는 GPS 수신부에서 GPS정보를 수신함으로써 위치, 방위 및 속도를 취득하여 비교분석부로 제공하는 것이며, 지자기계측 함수는 지자기센서부에서 지구의 자계에 의한 방위를 반도체 센서를 사용하여 데이터로 취득한 후, 이것을 교정하여 비교분석부로 제공하는 것이다. 보울설정 함수는 GPS수신부와 지자기센서부를 비교분석부로 연결하는 보울(baud rate)을 설정할 필요가 있는 데, 이는 각종 정보의 연동을 용이하게 하기 위한 정보의 흐름을 초기화하는 것이다. 기초정보 취득단계에서 취득된 정보로써 위치데이터 취득함수, 방위데이터 취득함수, 속도데이터 취득함수는 비교분석 알고리즘에 의하여 비교분석 단계를 수행한다. 비교분석 함수는 속도데이터 중 설정된 속도 이하로 되는지의 여부를 비교하여 적정속도 이상에서는 GPS수신부에 의한 방위데이터를 취하고, 적정속도 이하에서는 지자기센서로부터의 방위데이터를 취하도록 하는 작용을 수행한다. 또한 비교분석 함수는 적정속도의 변화여부와 무관하게 GPS센서부에 의한 방위의 불안정 또는 지자기센서로부터 계측된 방위의 불안정 여부를 비교하여 그 둘 중 어느 하나 비교적 안정된 방위만을 선택하거나 그 오차범위의 적정값을 합성하는 병행방식으로 방위를 추출한다.

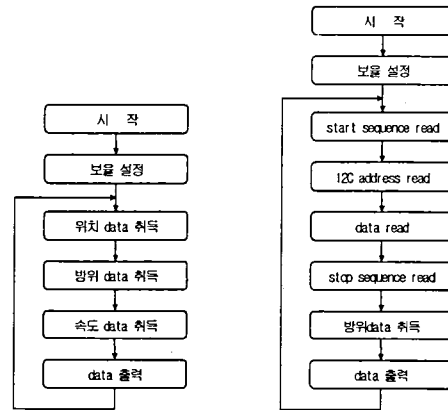


그림16 Data의 취득
Fig.16 Data's acquisition

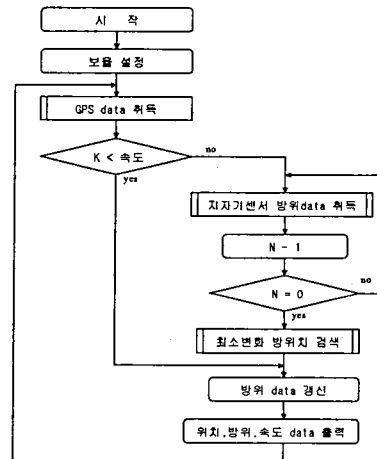


그림17 취득의 비교·분석 및 표시
Fig.17 Comparative analysis and display of acquisition

그림16은 GPS 및 지자기센서의 출력데이터를 취득하는 순서도이며, 그림17은 취득한 두개의 데이터를 비교·분석하여 최적의 방위 및 속도 데이터를 표시기에 출력하는 순서도이다.

특히, 그림17에서 최소변화 방위치 검색은 반복적인(recursive) 연산(data processing)을 통해 최적(optimal)의 값을 추적하는 칼만필터의 기법을 이용하여 검색알고리즘을 구현하였다. 즉, 심한파도 등에 의한 방위정보의 요란에 대하여 그림 과 같은 기법으로 지자기센서로부터 연속적으로 입력되는 방위정보에서 변화치가 최소치인 방위값을 추적하여 표시하도록 하였다.[12]

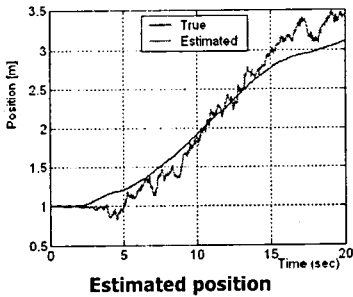


그림18 칼만필터 기법의 응용
Fig.18 Application of Kalman Filter techniques

2. 실험 및 분석

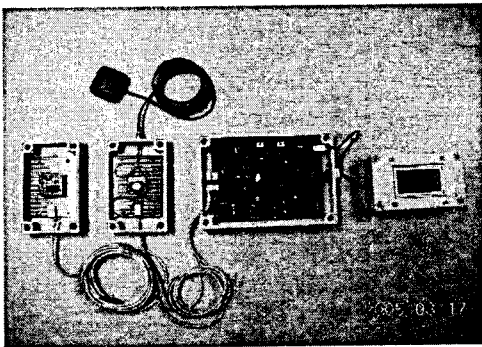


그림19 전자콤파스 시제품
Fig.19 Prototype of electronic compass

그림19는 시제품의 사진이며, 센서를 그림20과 같이 선박의 외부에 설치하여 실험하였다.

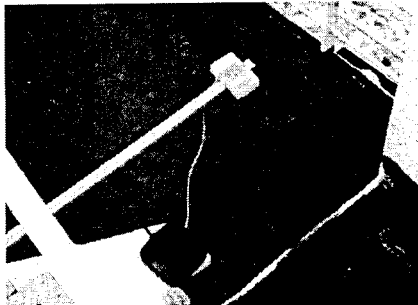


그림20 GPS와 지자기센서의 설치
Fig.20 GPS and establish of terrestrial magnetism sensor

표2는 항해중에 자이로 콤파스의 방위데이터와 제작된 전자콤파스의 방위데이터를 랜덤하게 추출하여 작성한 것이다. 표에 나타난 데이터를 비

교 분석하면 자이로콤파스의 방위와 $\pm 2^\circ$ 이내의 오차로 안정성과 신뢰성을 유지하고 있다.



그림21 연근해역의 항해실험
Fig.21 A sailing experiment of sea along the coast and the adjoining sea

표2 자이로콤파스와 비교치
Table2 Gyrocompass with comparison value

Gyro	Magnetic	Gps
135	134.3	134.5
130	131.1	130.9
83	87.6	85.0
74	80.0	76.0
58	56.8	59.1
232	229.5	231.7
234	233	235
233	235.4	233.3
248	245.6	246.7
253	249.6	255.2
0	359.2	359.8
9	5.8	9.0
309	310.3	310.1
307	305.4	308.6
303	303.2	303.7
291	288.3	290.0
291	288.9	290.6

IV. 결 론

연구의 결과로 고가형 자이로콤파스에 대체할 수 있는 극히 간단한 저가형 지자기센서 및 GPS의 방위데이터의 병행기술이 제공되므로, 소형선박에도 정밀한 설비가 확대 설치될 수 있는 기반을 제공할 수 있다. 또한, 상선, 어선, 군사용 등의 사용자 요구사항을 최대한 수용하는 알고리즘의 융통성도 충분하다. GPS 수신기와 지자기센서에서 일어날 수 있는 오차를 극복하면서 상시 정확한 방위 등을 계측함으로써 선박

의 운항여부에 불구하고 방위데이터를 비교적 정확히 획득할 수 있었다. 취득한 방위에 위치와 속도를 포함하여 다목적으로 활용할 수 있으며, 특히 저렴한 가격 구조를 지향하므로 요트, 어선, 소형함정 등에서 효율적으로 활용될 여건을 제공하는 효과가 크다. 즉, 소형선박의 안전사고 예방은 물론 IMO의 표준이 마련되지 않은 시점에서 이에 대한 진보적인 연구도 필요하다고 평가된다.

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 Kaplan, "Understand GPS principles and application", Artech House Boston London, pp.321~383, 1996.
- [4] 고광섭 외3인, "위성항법 정보를 이용한 선박의 방위정보 향상에 관한 연구", 해양정보통신학회 춘계종합학술대회논문집, 2004
- [5] Application Note, "Electronic Compass Design using KMZ51 and KMZ52", Philips Semiconductors
- [6] Data sheet: KMZ52 Magnetic Field Sensor Philips Semiconductors
- [7] Data Handbook SC17 including Philips Semiconductors, 1998
- [8] www.philips.semiconductors.com
- [9] www.robot-electronics.co.uk
- [10] 木村小一, 北條 武, 平島猷三, 大月正男, 東口實 編著, "電子ナビゲーションシステムの設計技術とその展開・例", 應用技術出版, 東京, pp.169-172, May. 1988
- [11] Darold Wobschall, "Circuit Design for Electronic Instrumentation (analog and Digital Devices from Sensor to Display)", McGraw-Hill Book Company, pp.123-124
- [12] 남택근 외3인, "Kalman Filter adaptation for Protection of Aquaculture Farms", 한국-일본 공동 심포지움 논문집, pp.245~251, 2005