

GPS수신기와 지자기센서 병행식 디지털 전자컴파스에 대한 연구

윤재준* · 박계각** · 최조천*

목포해양대학교 *해양전자통신공학부, **해상운송시스템학부

A Study on the Digital Electronic Compass by Integration of GPS Receiver and Earth's Magnetic Field Sensor

Jae-Jun Yun* · Gyei-Kark Park** · Jo-Cheon Choi*

*Mokpo Maritime University Faculty of Marine Electronic & Communication Engineering

**Mokpo Maritime University Division of Maritime Transportation System

Email : choijo@mmu.ac.kr

요 약

선박의 방위정보를 제공하는 장비로 자이로컴파스, 마그네틱컴파스, GPS컴파스가 있으며 자동조타기에는 필수적인 요소이다. 지자기센서는 철로 제작된 선박의 구조물 등과 같은 자성물질과 파도에 의한 방위오차 변동이 심하게 나타나며 지자기 센서가 검출하는 자극은 진북 또는 남극과 일치하지 않으므로 검출되는 방위값은 필연적으로 오차를 수반할 수밖에 없다. 본 논문에서는 이와 같은 방위정보의 변화에 영향을 주는 요인에 대한 방위정보의 요란에 대하여 최소변화 방위를 검색하기 위해 칼만 필터링 기법을 활용하여 각각의 단점을 보완하는 방식으로 지자기센서와 GPS수신기를 이용하여 병행알고리즘의 전자컴파스를 구현하였다.

ABSTRACT

An autopilot system of a ship is very important for a safe and convenient navigation, which is realized with getting an azimuth data from a gyrocompass, a magnetic compass and a GPS (Global Positioning System) compass. Magnetic compass an azimuth error is generated by a vessel magnetism material such as steels. The magnetic pole is detected by the magnetic field sensor, it does not coincide with the true north, therefore, the detected azimuth data can not but accompany error. In this paper, in order to detect the minimum change of azimuth data which generates errors of azimuth information, a search algorithm using the Kalman Filtering method is utilized. The digital electronic compass is designed with the integration algorithm using the merits of an earth's magnetic field sensor and a GPS receiver.

1. 서 론

선박의 항해에는 방위정보와 위치정보를 필요로 한다. 여기에서 방위정보를 제공하는 장비로 자이로컴파스와 마그네틱컴파스, GPS컴파스가 있으며, 선박의 자동조타에 필수적인 요소이다.

자이로컴파스는 대부분 GMDSS(Global Maritime Distress & Safety System)의 대형선박에서 사용되고 있으며, 자이로스코프를 이용하는 방식으로 정밀도와 신뢰성은 우수하지만 부피가 크고 고가이다. 또한 마그네틱컴파스는 철로 제작된 선박의 구조물 등과 같은 자성물질에 의한 오차변동이 심하여 정확한 방위 센서로는 제

실을 못하고 있는 실정이며, GPS컴파스의 경우는 GPS가 가지는 기본 오차 외에도 GPS가 이동중이 아닐 경우에는 GPS 자체로는 이동방향을 계산해 낼 수 없기 때문에 오차 범위 내에서 회전을 하거나 이동을 할 경우 방향을 정확히 알기 어렵다.[1]

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

소형선박에서 사용되는 자기컴파스는 지자기의 방위를 자침이 지시하는 형태로 소형, 경량, 저가이지만, 전기적으로 방위정보를 얻을 수 없으므로 자동조타장치에는 이용될 수 없다. 그러

나 지자기 센서나 GPS(Global Positioning System)의 위치정보를 이용하여 전기적인 방위 정보를 얻는 전자콤파스는 자이로콤파스에 비교하여 성능은 약간 떨어지는 면이 있으나 저가, 경량, 소형의 형태이며 자동조타기에 적용된다. 그러므로 요트, 어선, 소형함정 등에서 자동조타기를 사용하는 경우에 전자콤파스는 필수적인 장비라고 할 수 있다.

현재, 우리나라의 전자콤파스 국산화 수준은 미비하여 수입에 의존하고 있는 상황이며 소형 선박의 안전항해를 위한 필수도구로 그 수요가 계속 증가하고 있다. 그러므로 정확하고 신뢰성 있는 저가형 전자콤파스의 국산화는 신속히 이루어져야 하며 본 연구의 목적도 여기에 있다.

II. 전자콤파스의 설계

본 연구에서 구현하고자 하는 전자 콤파스의 성능은 $\pm 2^\circ$ 이내의 정밀도와 디지털방위, 속도 표시 그리고 한반도 연·근해를 항해하는 선박을 대상으로 방위계를 구현하고 주변 장치와의 호환성을 위하여 NMEA-0183, RS232C 인터페이스를 제공한다. 또한 Sensor부, Control부, Display부를 독립된 Unit으로 제작하여 유지 보수가 쉽도록 하고 저가형으로 소형선박에 최적의 설계를 목표로 한다.

오늘날 자장 센서는 여전히 항해를 위한 나침반의 역할을 수행하고 있다. 현재의 자장센서들은 향상된 감도와 더 작은 크기, 그리고 전자 시스템과의 호환의 필요에 만족하는 방향으로 발전하였다.

1. AMR Sensor

본 연구에서는 지자기 검출을 위해서 AMR센서를 사용하였다. AMR센서는 지구자장의 측정에 가장 적합한 센서이다.[2][3]

일반적으로 AMR센서는 네 개의 센서축으로 구성되며 휘스톤브릿지의 회로로서 자장의 변화를 좀 더 세밀하게 측정할 수 있다. 그림1에 AMR 센서회로를 나타내었다. AMR센서는 코일처럼 자장의 변화 정도와 공진 주파수 등에 연관되지 않고 사용 가능한 소자다.

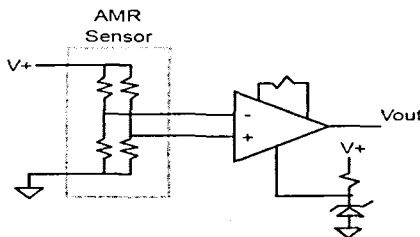


그림1 AMR센서의 회로구성.
Fig.1 Circuit composition of AMR Sensor.

AMR 센서는 우수한 선형적 특성을 제공한다. 그림2에 AMR센서의 특성곡선을 나타내었다. 그림2에서 보면 인가된 자장, $-10[\text{Oe}]$ 에서 $+10[\text{Oe}]$ 사이에서는 거의 선형적인 응답을 보여 줌을 알 수 있다.

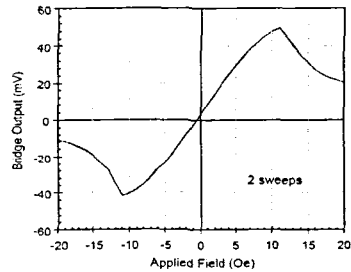


그림2 AMR소자의 특성곡선.

Fig.2 Characteristic curve of AMR element.

AMR센서의 동작원리를 그림3에 나타내었다. 그림3에서 보면 센서에 인가된 전류가 흐르는 방향과 외부에서 인가된 자장의 벡터에 의해 내부의 자화 벡터가 변화되는 것을 알 수 있다.

자화 벡터의 변화에 의해 센서에 인가된 전류는 그 값이 변하게 되고 결국 센서의 저항값이 변하는 결과를 보인다. 그림3의 M벡터는 센서내부의 자화 벡터이며 I는 전류 그리고 Happlied 벡터는 외부에서 인가된 자장의 벡터 성분이다. AMR 센서 회로를 저항으로 사용한 휘스톤브릿지 회로에서는 각각의 센서들의 저항값에 의해 출력이 $\Delta R/R$ 의 형태로 나타나게 된다.[4][5][6]

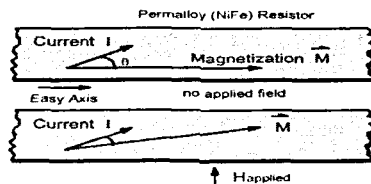


그림3 AMR 센서에서의 자화 벡터.

Fig.3 Magnetization vector of AMR Sensor

3. CMPS03 지자기모듈의 특성

ROBOT Electronics사의 CMPS03은 AMR센서를 이용한 모듈로서 인터페이스 방식은 I2C(Inter Integrated Circuit) 방식이다.[7][8]

I2C는 SCL(Serial Clock line), SDA(Serial Data line)의 2개의 선을 이용하여 정보를 전달하는 직렬 데이터 전송 방식으로 클럭을 출력하는 Master와 그 이외의 Slave로 구성된다. Slave에서 마스터로 데이터를 송신할 경우도 클럭은 Master가 보내며 버스에 연결된 디바이스는 어드레스를 갖고 있어서, Master는 통신하고자 하는 Slave로 어드레스를 송신하고 나서 그 Slave를

Access 할 수 있다. 데이터는 8비트의 데이터와 Acknowledge가 조합된 블록으로 이루어지며 시작과 끝을 알리는 Start와 Stop신호가 존재한다.

출력단이 Open drain 혹은 Open collector이기 때문에 그림4와 같이 SCL과 SDA의 신호 Pull-Up 저항이 필요하고, 버스 상에 SDA, SCL 신호 선은 각각 Wired-AND로 접속하고 있게 된다.

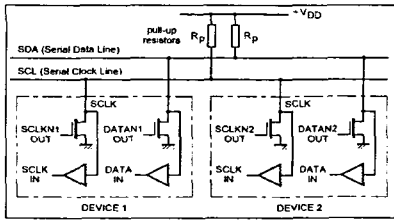


그림4 I2C 하드웨어 구성.
Fig.4 I2C hardware composition.

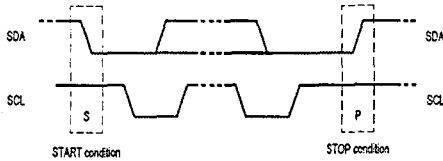


그림5 Start-Stop 시퀀스.
Fig.5 Start-Stop sequences.

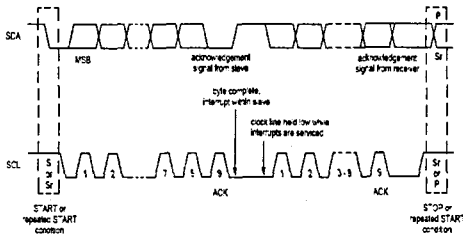


그림6 I2C 데이터 전송 형식.
Fig.6 Data transfer on the I2C-bus.

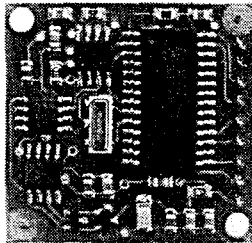


그림7 CMPS03 지자기센서
Fig.7 Earth's magnetic field sensor CMPS03

III. 전자컴пас의 구현

그림8은 전자컴пас의 전체적인 구성도를 나타낸 것으로 지자기계의 방위와 GPS의 방위를 비교 분석하므로써 신뢰성 높은 방위 정보를 제공한다.

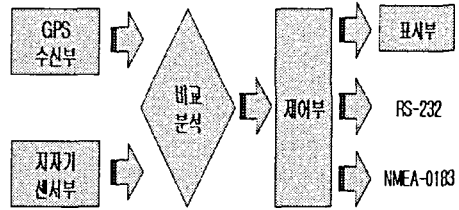


그림8 전자컴пас의 구성도
Fig.8 Electronic compass schematic diagram

그림9는 GPS 및 지자기센서의 출력데이터를 취득하는 순서도이고, 그림10은 지자기센서의 데이터 중 최소변화 방위치를 프로세서에 적용하는 블록도이다. 그림11은 최소변화 방위치 검색 블록도를 바탕으로 구현한 알고리즘이다. 그림12는 취득한 두개의 데이터를 비교·분석하여 최적의 방위 및 속도데이터를 표시기에 출력하는 순서도이며 그림13은 데이터 취득 및 제어부의 전체 회로도이다.

특히, 그림12에서 최소변화 방위치 검색은 반복적인(recursive) 연산(data processing)을 통해 최적(optimal)의 값을 추적하는 칼만필터의 기법을 이용하여 검색알고리즘을 구현하였다. 즉, 심한 파도 등에 의한 방위정보의 요란에 대하여 그림14와 같은 칼만 필터링 기법으로 지자기센서로부터 연속적으로 입력되는 방위정보에서 변화치가 최소치인 방위값을 추적하여 표시하도록 하였다.[9][10]

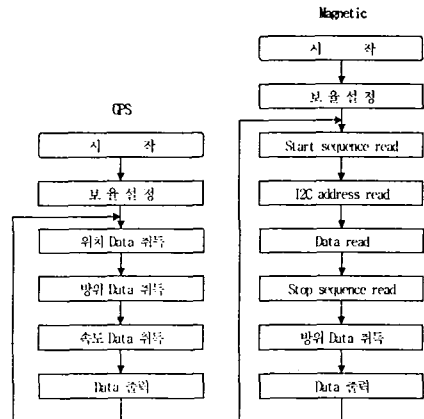


그림9 Data의 취득.
Fig.9 Data's acquisition.

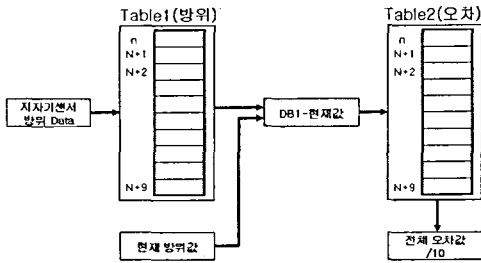


그림10 최소변화 방위데이터 검색 블록도.
Fig.10 Smallest change direction data search block diagram.

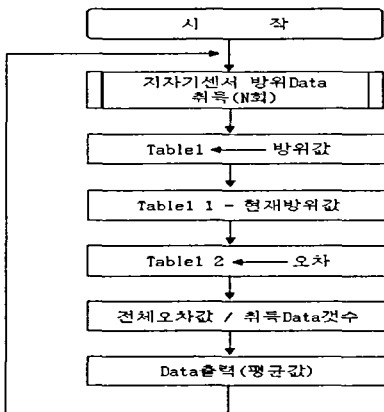


그림11 최소변화 방위데이터 검색.
Fig.11 Smallest change direction data search.

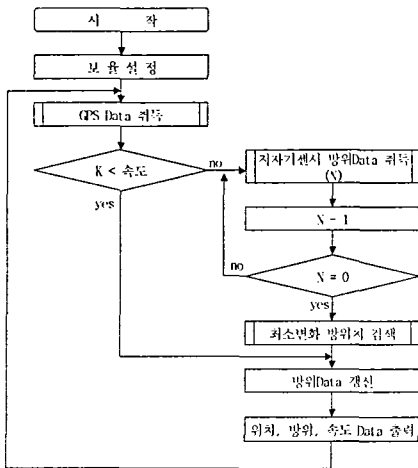


그림12 취득의 비교·분석 및 표시.
Fig.12 Comparative analysis and display of acquisition.

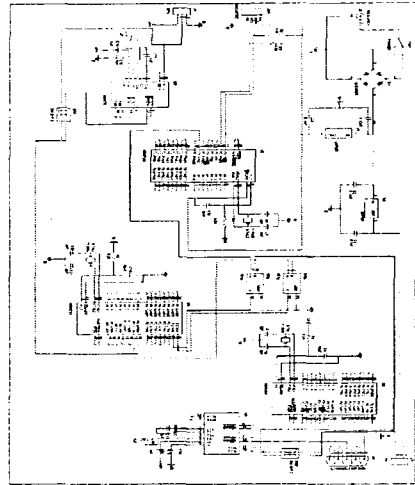


그림13 데이터 취득 및 제어부의 회로도.
Fig.13 A circuit of data acquisition and control unit.

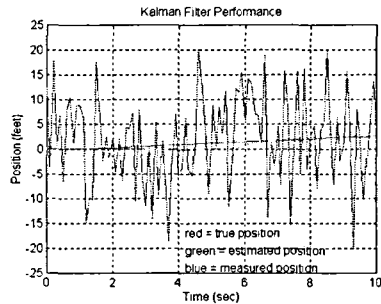


그림14 칼만필터 포퍼먼스.
Fig.14 Kalman Filter Performance.

IV. 실험 및 분석

실제 환경에 맞는 실험을 위하여 일본과 중국을 향해하는 선박에 GPS수신기와 지자기센서를 그림 선박의 외부에 설치하여 실험하였다.

지자기센서의 경우 자성물질에 민감하므로 선박 구조물에서 일정 간격을 이격 시켜 실험을 실시하였다. 일정 시간마다, 또는 선박이 회전 할 때, 조류의 변화와 기상악화시의 방위 변화 상태를 자이로콤파스와 비교 하였다.

실험 결과 GPS수신기의 방위 데이터는 대부분의 환경에서 비교적 정확하게 수신할 수 있었지만 지자기센서의 방위데이터는 선박의 Yawing, Pitching, Rolling시 약 45°이상의 변화가 있을 때 심하게 변동함을 알 수 있었다. 그러나 소형 선박의 경우 심한 기상악화시 대부분 항해를 하지 않으므로 큰 문제는 되지 않을 것으로 사료된다.

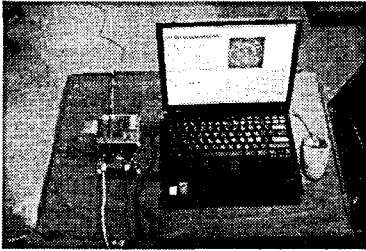


그림15 방위정보의 취득-1.
Fig.15 Acquisition of azimuth information-1.

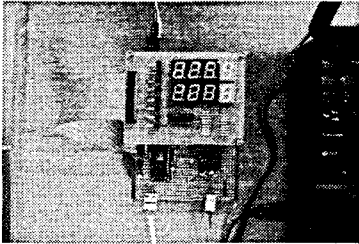


그림16 방위정보의 취득-2.
Fig.16 Acquisition of azimuth information-2.

V. 결 론

방위정보를 제공하는 자이로콤파스는 선박의 자동조타에 필수적인 요소이며, 정밀도와 신뢰성이 우수한 자이로스코프를 이용하는 방식은 부피가 크고 고가이므로 중·소형 선박에서는 사용할 수 없고, 주로 GMDSS의 대형선박에서 사용되고 있다. 그러나 저가형의 전자콤파스에서 사용되는 지자기센서는 주변의 지자기 환경에 따라서 방위 정보가 요란이 생길 수 있으며, GPS수신기는 이동체가 저속도일 때에 방위정보가 요란을 일으킨다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결할 수 있는 지자기센서와 GPS수신기의 방위정보를 병행한 디지털 전자콤파스를 구현하였다.

본 연구에서 제시한 전자콤파스는 GPS수신부, 지자기센서부, 제어부, 디스플레이부로 제작하였으며, 자이로콤파스에 비해 성능은 약간 떨어지는 면이 있으나 저가, 경량, 소형의 형태이며 전기적인 방위정보를 얻을 수 있으므로 중·소형선박의 자동조타 장치에 충분히 적용할 수 있다.

특히 상선, 여선, 레저선, 소형함정, 탐사선 등의 선종별로 적용할 경우, 용도에 따른 디자인 및 알고리즘의 융통성도 충분히 발휘할 수 있다.

선박에 장착하고 연·근해에서 항해 실험을 실시한 결과, 항해 상태에 따라 GPS 수신기와 지자기센서에서 일어날 수 있는 오차를 극복하면서 비교적 정확한 방위정보를 취득할 수 있었다.

본 연구에서 제시한 전자콤파스를 활용하면 분해능 $\pm 2^\circ$ 이내의 정확하고 신뢰성 있는 방위정보를 제공하여 선박의 자동조타는 물론 우리나라

해양산업의 발전에도 크게 도움이 될 것으로 기대 된다.

참고문헌

- [1] 고광섭 외3인, "위성항법 정보를 이용한 선박의 방위정보 향상에 관한 연구", 해양정보통신학회 추계종합학술대회논문집, 2004
- [2] P.Ciureanu, S.Middelhoek, "Thin Film Resistive Sensors", 1992, New York : Institute of Physics Publishing .
- [3] B.B. Pant, "Magnetoresistive Sensors", Scientific Honeywell, vol.8.no.1, pp 29-34, Fall, 1987
- [4] 남택근 외3인, "Kalman Filter adaptation for Protection of Aquaculture Farms", 한국-일본 공동 심포지움 논문집, pp.245-251, 2005
- [5] Shoji Kawahito, Christoph Maier, Michael Schneider, Martin Zimmermann, and Henry Baltes, "A 2-D CMOS Micro fluxgate Sensor System for Digital Detection of Weak Magnetic Fields", IEEE Journal of Solid-State Circuits, Vol.34, No.12, pp. 1843-1851, December 1999
- [6] Jae Hwan Kim and Poong Hyun Seong, "Experiments on Orientation Recovery and Steering of an Autonomous Mobile Robot Using Encoded Magnetic Compass Disc", IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol.45, No.1, pp.271-274, February 1996
- [7] Application Note, "Electronic Compass Design using KMZ51 and KMZ52", Philips Semiconductors
- [8] Data sheet: KMZ52 Magnetic Field Sensor Philips Semiconductors
- [9] Gabriel Grenon, P.Edgar An, Samuel M.Smith, and Anthony J. Healey, "Enhancement of the Inertial Navigation System for the Morpheus Autonomous Underwater Vehicles", IEEE Journal of Oceanic Engineering, Vol.26, No.4, pp.548-560, October 2001
- [10] Thiény C.LeichC, Wenjing Ye, and Mark G.Allen, "A SUB- μ W MICROMACHINED MAGNETIC COMPASS", pp.514-517, IEEE. 2003