



### 저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

工學碩士 學位論文

NMEA 2000을 탑재한  
초음파 풍향 풍속계의 개발에 관한 연구

A Study on the Development of a Sonic Anemometer  
Loaded with NMEA 2000

指導教授 劉永昊



2011年 2月

韓國海洋大學校 大學院

制御計測工學科

金 鍾 鉉

本 論 文 을 金 鍾 鉉 의 工 學 碩 士 學 位 論 文 으 로 認 准 함

委 員 長 工 學 博 士 陳 康 奎 (印)

委 員 工 學 博 士 趙 爽 濟 (印)

委 員 工 學 博 士 劉 永 昊 (印)



2010 年 12 月 24 日

韓國海洋大學校 大學院

制御計測工學科 金 鍾 鉉

# 목 차

## 제 1 장 서론

1.1 연구 배경 .....	1
1.2 연구 목적 및 내용 .....	3

## 제 2 장 초음파 풍향 풍속 시스템

2.1 초음파 풍향 풍속계의 원리 .....	4
2.2 NMEA 2000 프로토콜 .....	7
2.2.1 NMEA 2000 Layer의 구성과 특징 .....	7
2.2.2 NMEA 2000 데이터베이스와 Stack의 구조 .....	11
2.3 풍향 풍속계 회로의 설계	
2.3.1 전체 시스템의 구성 .....	14
2.3.2 Compass 및 GPS 수신부 .....	17
2.3.3 GPS 수신기 .....	19
2.3.4 초음파 송수신 회로 .....	19
2.3.5 CAN 네트워크 통신 회로 .....	22
2.4 풍향 풍속계의 소프트웨어 설계 .....	22

## 제 3 장 실험 및 고찰

3.1 실험 방법 .....	24
3.2 실험 결과 비교 .....	27

## 제 4장 결론 .....

참고 문헌 .....	34
-------------	----

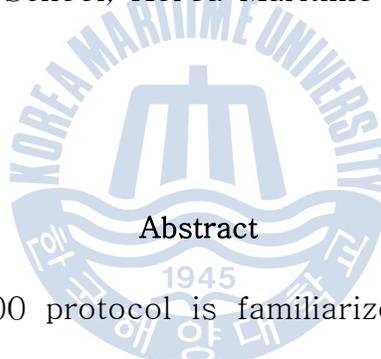
부록 목차 .....	35
-------------	----

# A Study on the Development of a Sonic Anemometer Loaded with NMEA 2000

*Jong-Hyun Kim*

*Department of Control and Instrumentation Engineering*

*Graduate School, Korea Maritime University*



## Abstract

Recently NMEA 2000 protocol is familiarized as a standard real time instrument network of SOLAS Ships. NMEA 2000 is a quite different protocol from NMEA 0183 of single-talker multi-listener, which is auto configurable intelligent Plug and Play network and multi-talker, multi-listener and multi-server. So NMEA 2000 devices are easy to connect to the network and free to maintenance for network. These are the reasons why NMEA 2000 device is applied to the advanced IT ship to integrate all kinds of information on board. This paper presents a methodology for developing a weather station which is one of core

devices for navigation as a sensor of wind speed and direction using ultrasonic including temperature and barometer.

The developed system is connected to NMEA 2000 network which is composed of various kinds of merchandised NMEA 2000 device such as depth gauge, speed gauge, GPS device etc. to test connectivity with other NMEA 2000 devices and a set of functional test are carried out as weather station in comparison with another merchandised weather station developed by an advanced foreign company to ascertain usability as a weather station on board.



# 제 1 장 서 론

## 1.1 연구 배경

풍향 풍속계는 크게 두 가지로 나누어진다. 하나는 기계식 풍향 풍속계이고 또 다른 하나는 전기식 풍향 풍속계이다. 기계식은 바람개비와 같이 바람에 의해 회전하는 로터의 회전수로 풍속을 측정하고, 풍판으로 바람과 같은 방향으로 회전하게 하여 풍향을 측정한다. 전기식은 초음파 풍향 풍속계가 주종이며, 크게 1축, 2축 및 3축이 있다. 1축은 마주보는 1쌍의 초음파 센서로 구성되어 있다. 1축은 측정의 정밀도면에서 떨어져 거의 사용되지 않으며, 2축 및 3축의 초음파 풍향 풍속계가 주로 사용된다. Fig. 1.1은 초음파 풍향 풍속계의 종류이다.

초음파 풍향 풍속계는 기계식에 비해 여러 장점이 있다. 첫째, 기계식과는 달리 움직이는 부분이 없기 때문에 기계적 마찰 저항으로부터 자유롭기 때문에 풍향풍속측정의 정밀도를 향상시킬 수 있다. 둘째, 초음파 방식은 기기를 소형화 할 수 있고, 기계식에 비해 측정 지역의 바람이 갑작스러운 변화에도 잘 적응하며, 아주 낮은 풍속과 강풍까지 측정 할 수 있다. 셋째, 임베디드 시스템에서 작동되기 때문에 데이터의 수집이 용이하고, 데이터베이스 관리 및 보관이 가능함으로 순간 풍속, 평균 풍속, 평균 풍향 등의 데이터의 기록과 보관이 편리하여 유용한 데이터베이스로 활용할 수 있는 이점이 있다. 따라서 현재의 기계식 풍향 풍속계는 점차적으로 초음파 풍향 풍속계로 대체되어 질 것이다.

ISO(International Organization for Standardization)는 NMEA(National Marine Electronic Association) 2000을 SOLAS(Safety of Life at Sea) 선박의 표준 인스트루먼트 네트워크로 인정함으로 인하여 선박에

의 적용은 가속화 될 것으로 예상된다[1]. IMO(International Maritime Organization)에서는 2012년부터 e-Navigation의 실현계획을 완성하도록 함으로서 선박의 각종 센서로부터의 정보를 통합하려는 움직임은 NMEA 2000 프로토콜을 구현한 장비의 적용을 더욱 가속화될 것으로 판단된다. 따라서 e-Navigation 시대를 대비해 NMEA 2000 기반의 장비 개발에 대한 연구가 필요하다.

본 논문에서는 NMEA 2000 네트워크의 특성 분석과 초음파 풍향 풍속계의 알고리즘을 분석하여 NMEA 2000 기반의 초음파 풍향 풍속계를 구현하였다. 또 NMEA 2000 네트워크 프로토콜 스택을 사용하여 기존의 상용화 된 제품과 연결하여 성능을 비교하였다.

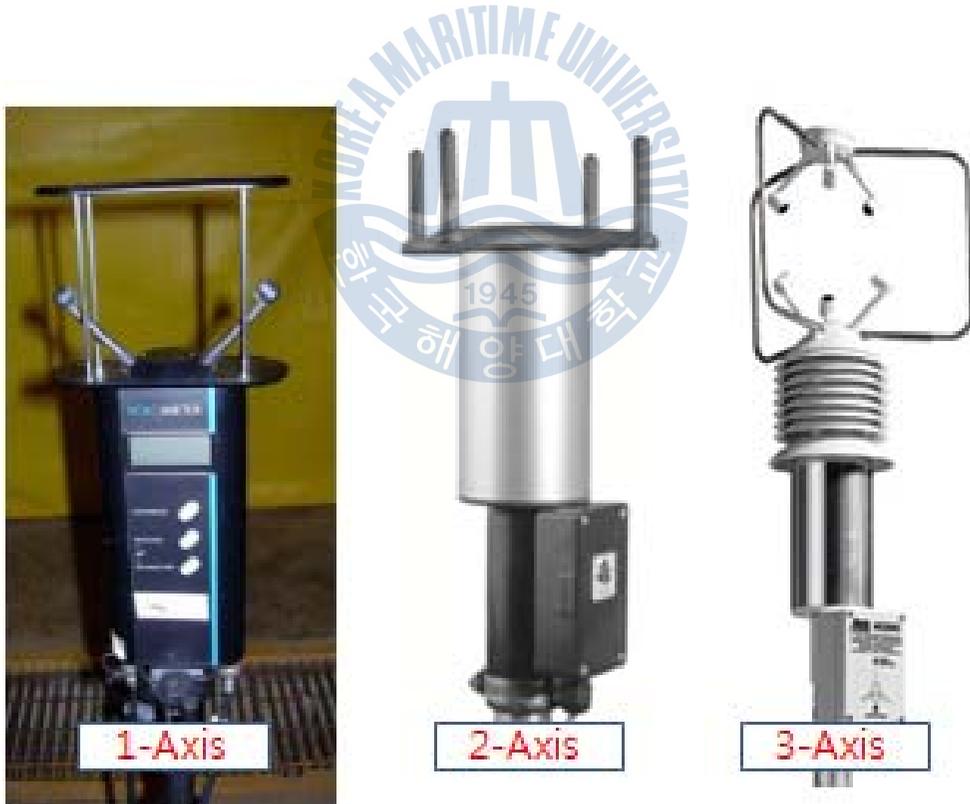


Fig. 1.1 초음파 풍향 풍속계의 종류

## 1.2 연구 목적 및 내용

1980년대부터 NMEA에 의해서 조타기에 적용하기 시작한 최소의 선박 인터페이스 표준인 NMEA 0180 / NMEA 0182 이후, 국제표준단체인 IEC(International Electro-technical Commission)에 의해 IEC 61162-1과 IEC 61162-2 및 IEC 61162-3을 제정하였다. IEC 61162-1은 NMEA 0183이다[2]. IEC 61162-2는 NMEA 0183 High Speed로 채택되었고 2008년 IEC 61162-3은 NMEA 2000 규격인 Multi-Talker, Multi-Listener를 채택하였다[3]. NMEA 2000은 미국의 NMEA와 USCG(United States Coast Guard)를 중심으로 대학, 연구기관 및 기업 등 약 40여개의 기관이 5년간 연구하였으며, 18개월간 베타 버전을 실선 실험을 통하여 완성되었다. 이러한 미국 등의 선진국에서의 앞선 연구개발로 이미 이를 구현한 상용화된 많은 제품들이 시장에 나와 있으나 국내에서는 이에 대응하는 상용화된 제품이 미미한 실정이다. 따라서 본 논문에서는 NMEA 2000 프로토콜을 기반으로 하는 제품 중에 초음파 풍향 풍속계를 구현하여 NMEA 2000 프로토콜을 탑재한 제품이 상용화되는 시대를 대비하고자 한다.

본 논문에서는 NMEA 2000 네트워크의 프로토콜의 구성과 특징을 분석하여 알고리즘을 도출해 내고, 풍향 및 풍속에 대한 초음파의 특성을 연구하여 기구적으로 최적의 구조를 분석하였다. 또한 기존의 상용화된 제품들과 동등한 조건에서 실험하여 그 결과를 비교 분석하였다. 초음파 풍향 풍속계는 기구적인 형상에 영향을 많이 받으므로 CATIA로 설계하여 정밀도를 향상시켰으며 RP(Rapid Prototype)로 설계된 제품의 형상을 제작하였다. 제품의 설계 및 RP의 형상은 부록 1에 첨부하였다.

## 제 2 장 초음파 풍향 풍속 시스템

### 2.1 초음파 풍향 풍속계의 원리

초음파 풍향 풍속계는 동, 서로 초음파 센서가 마주보고 남, 북으로 서로 마주보는 4개의 초음파 센서로 구성되고, 도플러 효과(Doppler Effect) 원리에 기초한다. 초음파 측정을 위해 초음파 펄스를 북쪽에서 남쪽으로 발사하여 그 펄스가 도달하는 시간을 측정하고, 반대로 남에서 북으로 초음파를 방사한다. 계속적으로 동에서 서로 또 서에서 동으로 펄스를 방사한다. 만일 동풍이 불 때에는 동에서 초음파 펄스를 방사하여 서에서 수신할 때 보다 서에서 동으로 방사 할 때 보다는 측정 시간이 더 빨라지고 남, 북에서는 변화가 없을 것이다. 이러한 원리를 이용하여 풍속과 풍향을 계산한다. Fig. 2.1은 본 연구에서 채택된 2축 초음파 센서의 송수신 방향을 보여 준다. 초음파 센서는 4개로 구성되고 각각 동서남북에 위치하고 있다. 화살표의 시작 지점에서 초음파를 송신하고 끝 지점에서 수신한다. 숫자는 각각의 방향을 측정하는 순서를 나타내며 차례대로 4방위의 초음파의 속도를 비교한다.

기본적인 풍향 풍속의 측정은 초음파의 송·수신 장치 사이의 공기흐름에 의한 초음파의 도달시간의 차이를 이용하는 것이다. Fig. 2.2는 풍속 및 풍향을 측정을 위한 원리도이다. 송수신 겸용 센서를 서로 마주 보게 하고 그 사이의 간격을  $L$ , 초음파 트랜스듀서(Transducer) 1에서 송신하여 트랜스듀서 2에서 수신할 때까지의 시간을  $T_1$ , 반대로 송수신 할 때를  $T_2$ 라 하면  $T_1$  과  $T_2$ 의 시간은 식 1.1과 같이 된다.

$$T_2 = \frac{L}{C-V} \quad , \quad T_1 = \frac{L}{C+V} \quad (1.1)$$

여기서 C는 음속이고 V는 풍속으로 각각을 전개하면 식 1.2 및 1.3이 된다. 음파의 속도는  $C=331.42+0.6T$ 이고, T는 절대온도이다. 그러므로 음파의 속도는 온도의 영향을 받는다. 온도의 영향이 없는 식 1.2의 풍속에 대한 값만 취하여 사용한다.

$$V = \frac{L}{2} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \quad (1.2)$$

$$C = \frac{L}{2} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \quad (1.3)$$

바람의 속도와 풍향을 구하기 위하여 동서, 남북방향의 속도를 각각  $V_x$ ,  $V_y$ 라 하면  $V_x$ 는 식 1.4와 같다. 같은 방법으로  $V_y$ 를 구한다.

$$V_x = \frac{L}{2} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \quad (1.4)$$

속도 벡터와 각도는 식 1.5 및 식 1.6로 바람의 풍속과 풍향을 구할 수 있다.

$$|V| = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} \quad (1.5)$$

$$\angle V = \tan^{-1} \left( \frac{V_x}{V_y} \right) \quad (1.6)$$

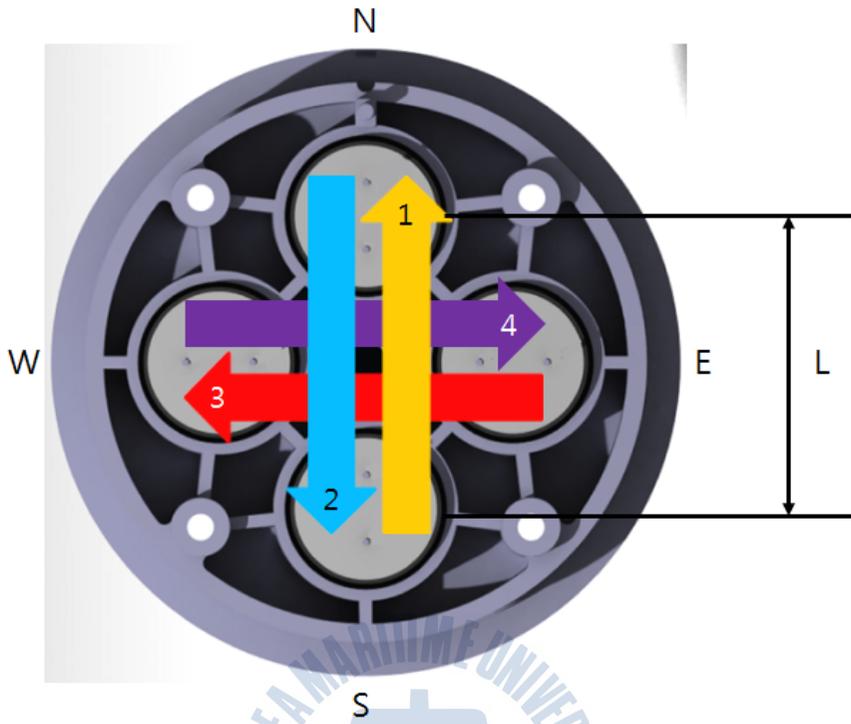


Fig. 2.1 초음파 센서의 송수신방향

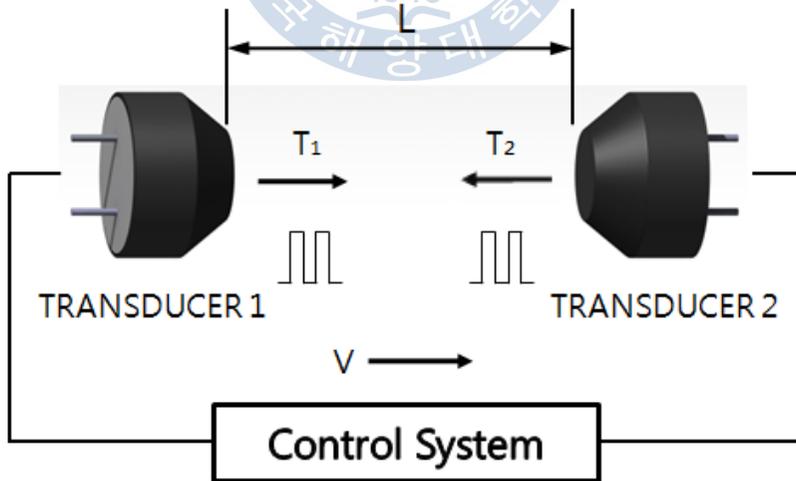


Fig. 2.2 초음파 센서의 원리도

## 2.2 NMEA 2000 프로토콜

### 2.2.1 NMEA 2000 Layer의 구성과 특징

NMEA 2000 프로토콜 계층의 구조는 응용계층, 데이터링크계층, 물리 계층으로 구성되며 Fig. 2.3과 같다. 응용계층은 NMEA 2000 데이터베이스로써 각 정보를 PGN(Parameter Group Number)로 관리한다. 데이터링크 계층은 네트워크 구조와 연결 등에 관한 규정으로서 LLC (Logical Link Control)층은 미국자동차협회의 SAE(Society of Automotive Engineers) J 1939-21과 ISO 11783-3을[4], MAC (Media Access Control)계층과 물리계층은 ISO 11898-1 CAN 2.0B를 적용하는 여러 가지 국제표준을 복합적으로 사용한다[5].

데이터링크 계층은 CAN 통신에서 임베디드 시스템의 CAN 통신처럼 직접적으로 데이터를 조작하여 CAN 통신을 할 수 있는 제어기를 말하고, 하위의 물리층은 직접적으로 연결되는 CAN 트랜시버 인 MCP2551 등과 같은 역할을 한다[6].

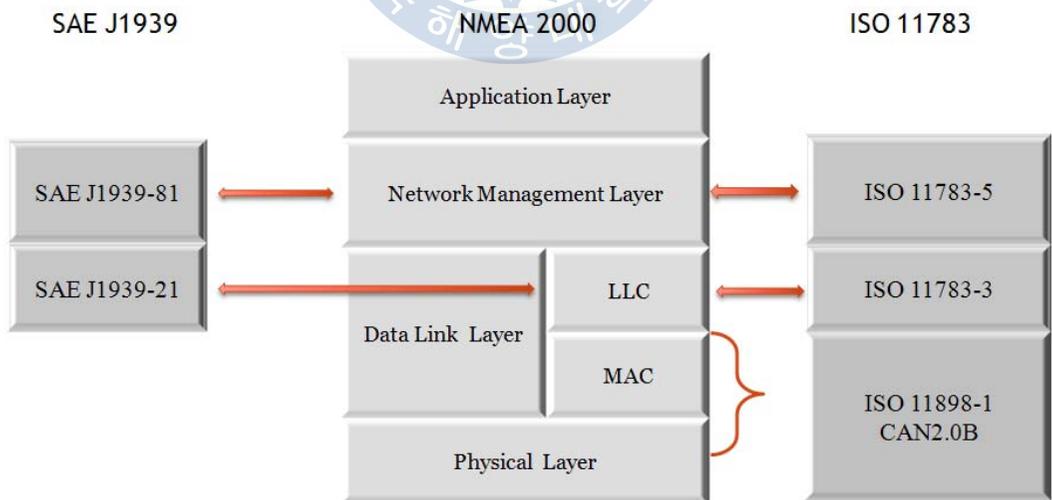


Fig. 2.3 NMEA 2000 프로토콜 계층 구조

CAN의 ID(Identifier)는 11비트와 29비트를 사용하나 NMEA 2000에서는 29비트 ID를 사용한다. CAN의 ID와 PGN의 관계는 Table 1.1과 같다.

Table 1.1 PGN과 29Bit CAN ID

PDU Format	29 bit Identifier						PGN 개수
	Priority 3bit	EDP 1bit	DP 1bit	PF 8bit	PS 8bit	SA 8bit	
		PGN					
PDU1	0-7	0	0	0-239	DA 0-255	SA 0-255	240
			1	0-239	DA 0-255	SA 0-255	240
PDU2	0-7	0	0	240-255	GE 0-255	SA 0-255	16x256=4096
			1	240-255	GE 0-255	SA 0-255	16x256=4096

CAN의 ID 프레임은 우선비트 3비트로써 프레임의 우선순위를 결정한다. NMEA 2000은 PDU(Protocol Data Unit)1과 2로 구분한다. PDU2는 PF(Protocol Format)의 값이 240보다 큰 것으로 GE(Group Extension)이라 하고 이 경우에는 PS(Protocol Status)는 DA(Destination Address)를 나타내지 않는다. 그러나 PDU1은 PS가 DA로 된다. PGN은 EDP, DP, PF, PS로 구성되며 앞서 설명한 바와 같이 PGN은 데이터 정보단위이다. 따라서 PGN의 개수만큼의 데이터의 종류를 표현할 수 있다. 또한 NMEA 2000에서는 EDP(Extra Data Page)는 EDP 0만 사용한다. DP(Data Page)는 0과 1로 두 페이지를 사용하여 표에 나타나 있는 것과 같이 NMEA 2000 프로토콜은 PDU2 각각의

페이지에서 4096개의 PGN을 사용할 수 있으며 총 8672개의 PGN이 있을 수 있다.

CAN이 실시간제어 네트워크로서 각광을 받는 이유는 통신에서 불가피하게 발생하는 충돌이 발생하지 않는 구조로 되어 있기 때문이다. TCP와 같은 프로토콜은 CSMA/CD 즉 충돌이 감지되면 송신자는 송신을 중단하고 각 송신자 고유의 특성에 따라 각기 다른 시간 동안 기다렸다가 송신을 재개함으로서 충돌을 회피한다. 그러나 CAN은 비트단위로 중재 (Bit Arbitration)함으로서 충돌 자체가 일어나지 않는다. Fig. 2.4는 비트중재를 설명하고 있다. Node A는 1-0-1-1을 보내고 Node B는 1-0-0-1을 보내는 동안 Node B의 두 번째 0을 보내는 동안에 우선순위에 따라 Node A는 송신을 중단하여 충돌이 발생하지 않는다.

비트중재는 CAN ID가 전송되는 기간 동안에 일어난다. CAN은 송신과 동시에 송신라인을 감지한다. 예를 들어 송신을 비트 1로 하고 송신라인도 1이면 자기가 송신하고 있는 데이터비트가 잘 송신하고 있는 것으로 간주한다. 그러나 송신은 1을하고 있는데 송신라인이 0으로 감지되면 다

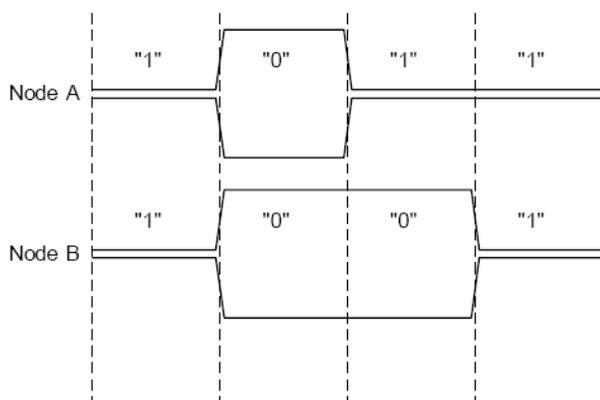


Fig. 2.4 비트중재

른 장치가 송신비트 0을 송신하고 있다는 것을 알게 된다. 우선순위는 ID값이 작은 것이 높은 우선순위가 있으므로 우선순위가 낮은 비트 1을 송신하고 있는 송신자는 중단하게 되고 우선순위가 높은 0을 송신하고 있는 송신자는 계속 송신을 하게 됨으로서 우선순위가 높은 송신자는 송신장애를 받지 않고 계속 송신할 수 있다. 이것이 송신 속도는 250Kbps로 최근의 TCP/IP와 같이 100Mbps 또는 기가비트가 되지 않더라도 실시간 제어네트워크로 사용할 수 있는 하나의 이유가 된다.

Fig. 2.5는 CAN에서 비트 1과 0의 전기적 특성을 나타낸다. 2.5V를 기준으로 전압 레벨이 3.5보다 높으면 NMEA 2000® NET-H이고 1.5V보다 낮으면 NMEA 2000® NET-L로 나타낸다.

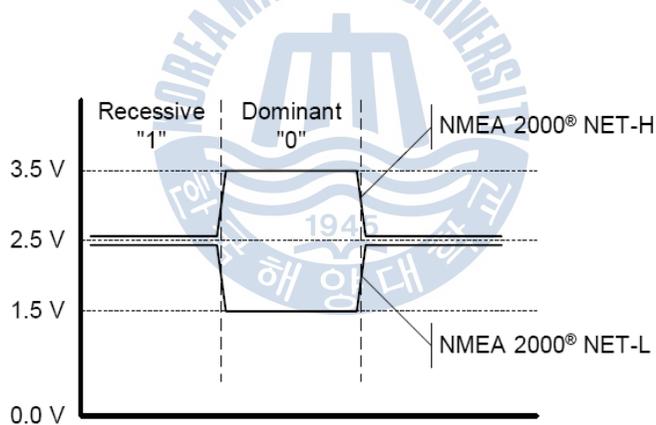


Fig. 2.5 CAN통신에서 비트의 전기적 특성

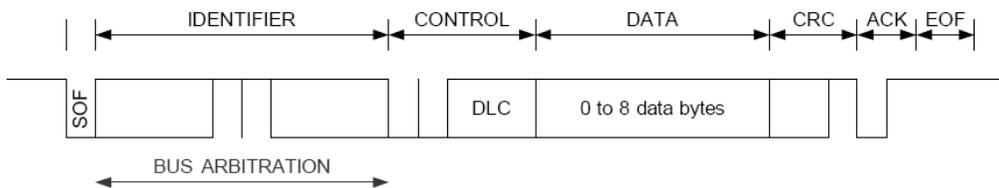


Fig. 2.6 CAN 프레임의 구조

Fig. 2.6는 CAN프레임의 구조로서 20비트 ID 부분에서 비트중재가 일어나고 데이터 바이트는 항상 8바이트이다.

## 2.2.2 NMEA 2000 데이터베이스와 Stack 구조

NMEA 2000 애플리케이션 레이어는 NMEA 2000 데이터베이스와 Network를 운용하기 위한 NMEA 2000 Stack으로 구분할 수 있다. Fig. 2.7는 NMEA 2000 데이터베이스의 예이다[7].

Fig. 2.7에서 PGN 59392는 데이터의 종류이고 이에 대한 설명과 데이터의 특성, 필드정보와 속성이 기술되어 있다. 이 PGN은 싱글프레임이고, 우선순위는 6, 고정된 업데이트 속도는 없으며, 특정한 주소지에 전달되는 정보임을 나타내고 있다. NMEA 2000은 싱글프레임, 패스트패킷, 멀티패킷 등 3종류가 있다. 싱글프레임은 8바이트로 구성되는 CAN의 한 개 프레임으로 전달되는 정보이고, 패스트패킷은 232 바이트까지 연속적으로 보내는 프레임이며, 멀티패킷은 RTS/CTS 로 핸드셰이킹을 하면서 전송프로토콜을 이용하여 1753바이트까지 보내는 방식이다. Fig. 2.7에 있는 PGN59392는 ISO 11783에서 정의된 승인메시지로서 ISO 방송요구 또는 특정 주소로 요청하는 요구에 대하여 승인하는데 사용하는 메시지이다. 1번 필드는 제어바이트로서 필드크기는 8바이트이고 값이 00이면 긍정승인, 01이면 부정승인, 02이면 요구하는 PGN을 지원하지만 일시적으로 접근이 금지됨을 의미하며 03에서 0xFF까지는 현재 사용하지 않고 있다. 필드 2는 그룹평선값으로서 필드크기는 8비트이고 승인되는 PGN의 그룹평선값을 나타낸다. 이와 같이 PGN 데이터베이스는 각 번호로 표시되는 정보의 구조를 설명한 것이고 송수신되는 값의 의미를 정의된 바에 따라 해석하여야 한다.



# Example Parameter Group

## ISO Acknowledgment

PGN: 059392

This message is provided by ISO 11783 for a handshake mechanism between transmitting and receiving devices. This message is the possible response to acknowledge the reception of a "normal broadcast" message or the response to a specific command to indicate compliance or failure. The application layer is responsible for determining when this message is desired, outside of network management requirements specified by this standard (e.g. response to ISO Request message). This message will always be sent with a destination address of 255.

Single Frame: Yes    Priority Default: 8  
 Destination: Address    Query Support

Default Update Rate: NA milliseconds    Frequency: NA cycles per second  
 ACK Rqmnts:

Field #    Field Name    Control Byte    Original Reference ID # 64

1	Control Byte	0x00 = Positive Acknowledgment; 0x01 = Negative Acknowledgment; 0x02 = PGN supported but access denied; 0x03 to 0xFF = Reserved	Byte Field Size: 8	Request Parameter	No
---	--------------	--	--------------------	-------------------	----

2	Group Function Value	Group Function of PGN being acknowledged. This field identifies for a device the specific group function of a PGN being acknowledged or declined. This field is not used if the PGN being acknowledged or declined is not a group function PGN.	Byte Field Size: 8	Request Parameter	No
---	----------------------	---	--------------------	-------------------	----

3	Reserved Bits	Variable number of reserved bits, all set to logic "1"	Byte Field Size: reserved 24	Request Parameter	No
---	---------------	--	------------------------------	-------------------	----

4	PGN of Requested Information	24-bit Parameter Group Number (PGN) expressed in binary; LSB is transmitted first	Byte Field Size: 24	Request Parameter	No
---	------------------------------	---	---------------------	-------------------	----

Fig. 2.7 NMEA 2000 PGN 데이터베이스의 예

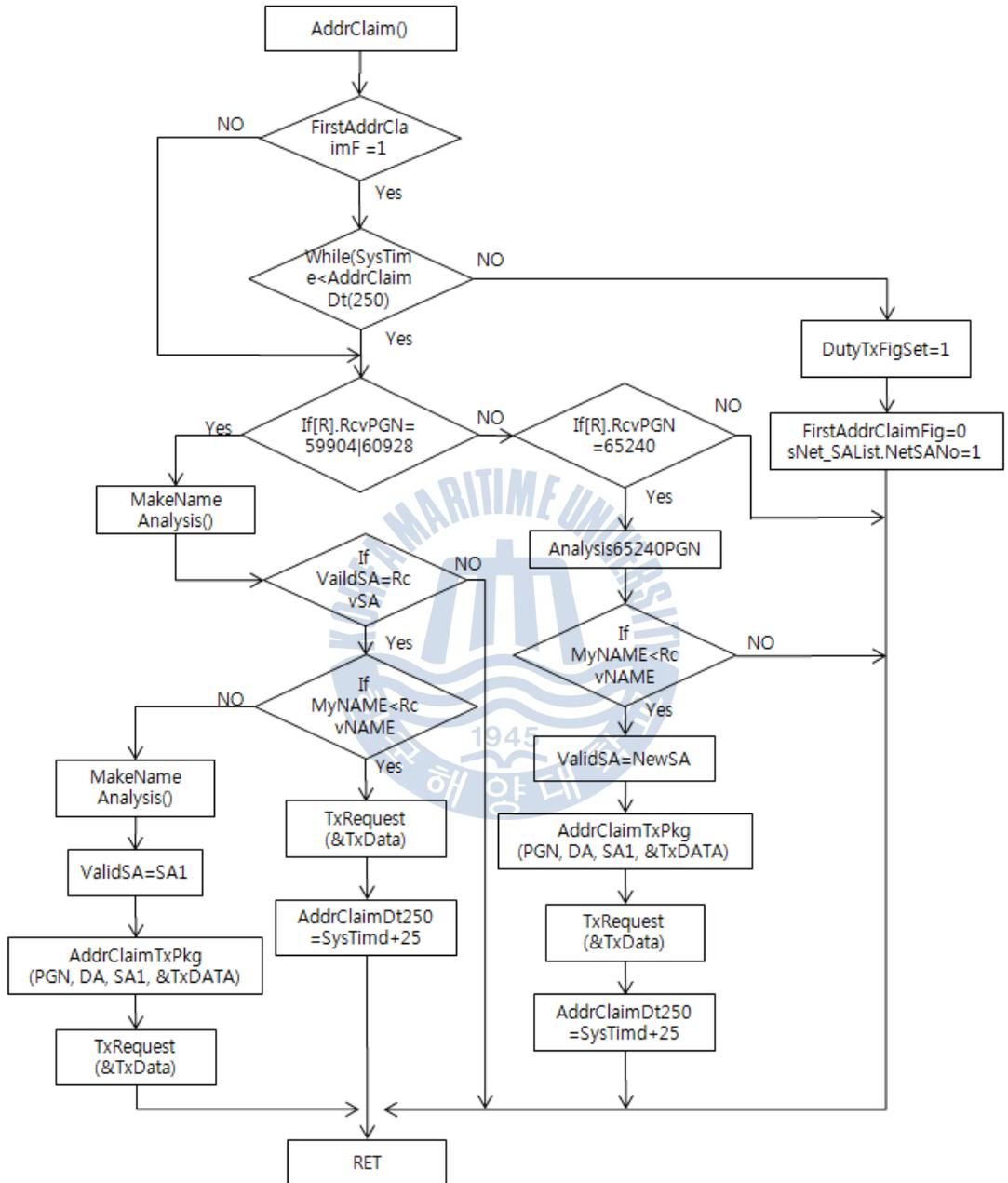


Fig. 2.8 주소요청에 대한 플로우차트

모든 NMEA 2000 디바이스들은 플러그앤플레이 기능을 가지며 자동으로 네트워크에 접속된다. 각각의 디바이스들은 유일한 SA를 할당받는다. 디바이스들이 NMEA 2000 네트워크에 접속하면 네트워크가 요구하는 주소요청(Address claim)에 응답하여야 한다. Fig. 2.8은 네트워크의 주소요청에 대하여 자기 ID 인지를 비교하여 네트워크에 응답하는 플로우 차트이다. 여기에서는 네트워크에 디바이스가 접속하면 주소요청을 위한 요구(PGN 59904)와 주소요청(PGN 60928)인지를, Commanded Address (PGN 65240)인지를 비교하여 그에 합당한 데이터(PGN, DA, SA, DATA등)를 전송하여 다른 디바이스들과 네트워크를 공유하며 자동으로 접속되는 과정을 나타내었다.

## 2.3 풍향 풍속계 회로의 설계

### 2.3.1 전체 시스템의 구성

초음파 풍향 풍속계를 소형화하게 만들기 위하여 총 3개의 기판을 사용하여 제작하였다. PCB는 Compass 및 GPS 수신부(Fig. 2.9)와 풍향과 풍속을 측정하는 초음파 송수신부(Fig. 2.10), 그리고 데이터를 취합하여 NMEA 2000 데이터로 변환하여 네트워크에 전송하는 CAN 통신 네트워크부(Fig. 2.11)로 나누어진다.

Fig. 2.9에서는 속도 및 방향, 위치 등을 계산하기 위한 PCB로서 GPS 모듈과 자이로 센서, 자기 콤파스, 가속도 회로를 내장하였다. Fig. 2.10은 풍향 풍속을 측정하기 위한 PCB로 4개의 초음파 센서를 동서남북의 방향으로 위치시켰다. 초음파를 송신하여 수신 되는 시간을 계산하여 풍향과 풍속의 측정을 담당하는 PCB이다. Fig. 2.11는 NMEA 2000 네트워크를 담당하는 PCB이다. 여기에는 NMEA 2000에 바로 접속될 수 있

도록 CAN 회로가 내장되어 있고, 기압 및 온도를 측정하는 센서와 데이터를 저장하기 위한 메모리가 추가되어 있다. 전체 회로는 **부록 2**에 수록 하였다.

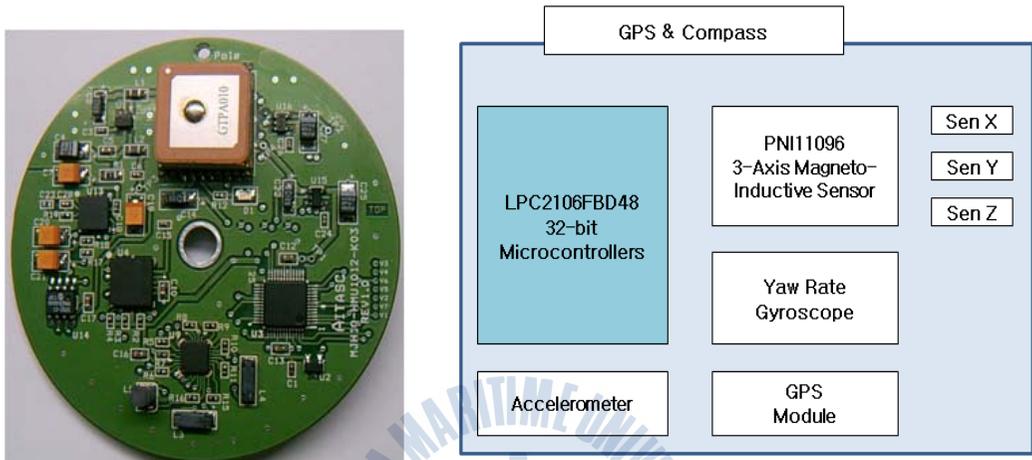


Fig. 2.9 Compass 와 GPS 수신부의 PCB 구성

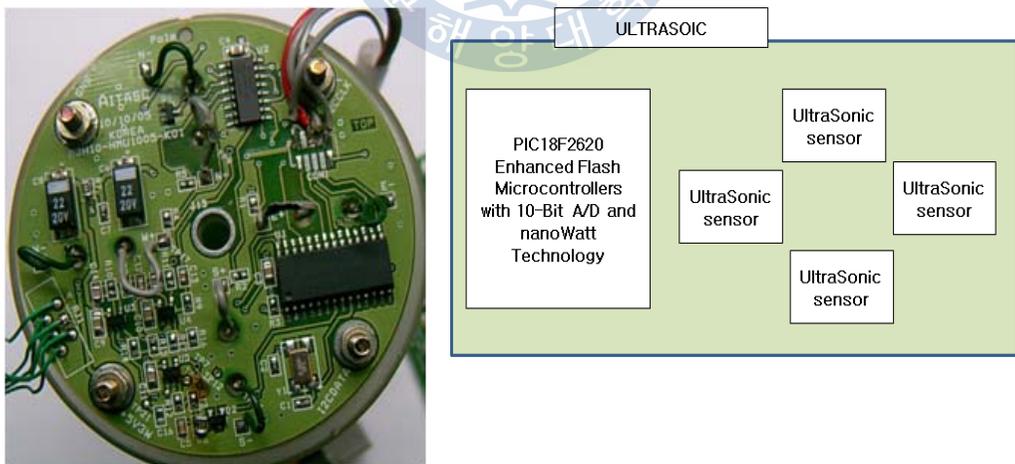


Fig. 2.10 풍향 풍속계의 초음파 송수신부의 PCB 구성

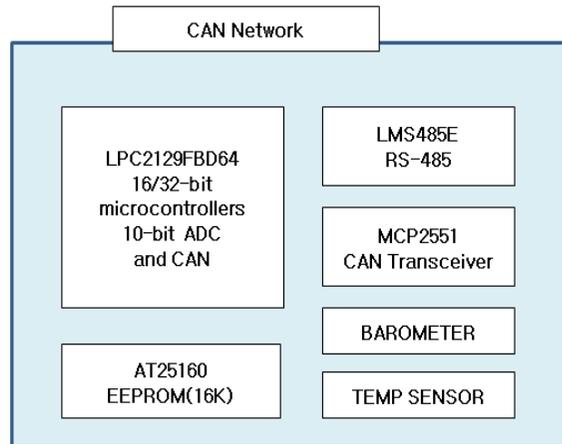
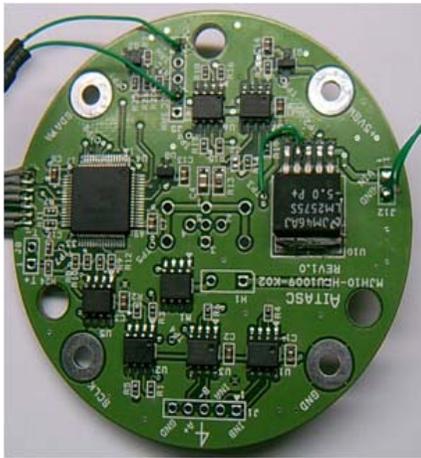


Fig. 2.11 NMEA 2000 네트워크 연결부의 PCB 구성

앞에서 언급한 것과 같이 각각의 PCB의 서로 다른 역할을 수행한다. 각 CPU에서 획득한 데이터를 네트워크에 유효한 데이터로 활용하기 위해서는 네트워크를 담당하는 CPU로 전송할 필요가 있다. 데이터를 전송하기 위하여 3개의 CPU는 I2C 및 SPI를 이용하여 데이터를 전달한다. Fig. 2.12은 SPI 직렬 데이터를 전송하는 데이지체인(Daisy Chain) 회로로서 NMEA 2000 네트워크를 담당하고 있는 CPU(Fig. 2.11의 LPC 2129)가 직렬 데이터 전송을 통하여 다른 PCB로부터 데이터를 수집하고 통합하여 유효한 NMEA 2000 PGN 데이터로 변환하여 네트워크로부터 요청 또는 PGN에 의해 정해진 갱신율에 따라 자발적으로 네트워크에 정보를 전송한다.

## SPI\_three\_slaves daisy chain

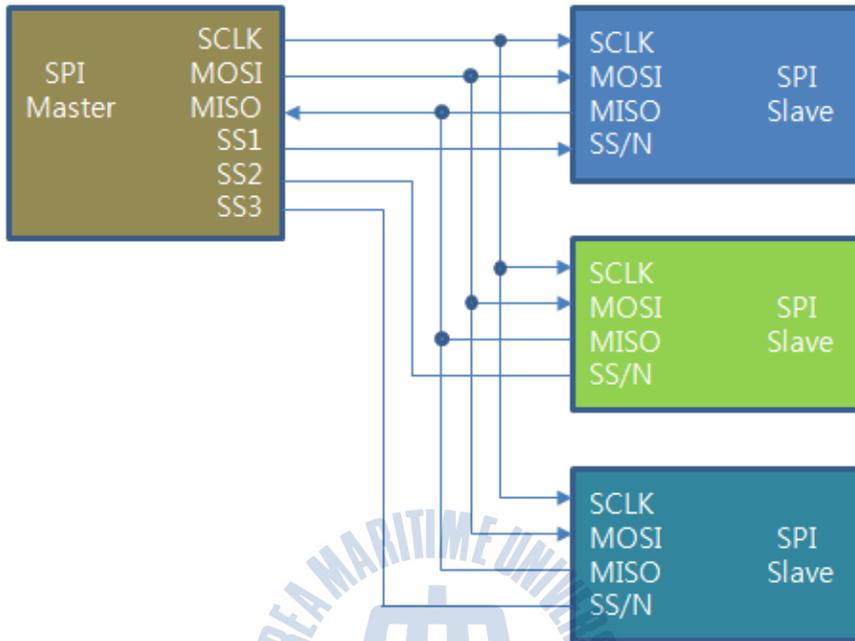


Fig. 2.12 SPI 통신의 데이지체인

### 2.3.2 Compass 및 GPS 수신부

Compass에 사용되어진 칩은 PNI사의 칩으로 3-Axis Magneto-Inductive Sensor Driver인 PNI 11096과 3개의 Magneto- Inductive Sensor(X, Y, Z)로 구성되며 SPI Serial Interface가 장착된 칩이다. 자이로(Gyro) 센서인 LY550ALH ( $\pm 500^\circ/\text{s}$ , analog yaw-rate gyroscope) 및 3축 가속도 센서 LIS3LV20DQ ( $\pm 2\text{g}/\pm 6\text{g}$ , SPI Digital Output, Low Voltage)는 Fig. 2.13과 같이 방향성과 기울기를 구하기 위한 칩이다. 보다 정확한 아날로그 데이터 값을 구현하기 위하여 아날로그 전압과 일반 전원을 분리하였고, LDO(Low Drop Out) 레귤레이터를 사용하여 yaw rate의 센서의 liner 출력을 분리하여 안정성을 높였

다. PNI11096 및 3개의 센서로 구성된 콤팩스 좌표의 각도를 구하는 방법은 Fig. 2.14의 그림처럼 각도를 구하는데 여기에서 X는 수직축이고 Y는 수평축이다. 이 사이의 각도는 식 2.1과 같이 구할 수 있다.

$$\theta = \tan^{-1} \frac{Y}{X} \quad (2.1)$$

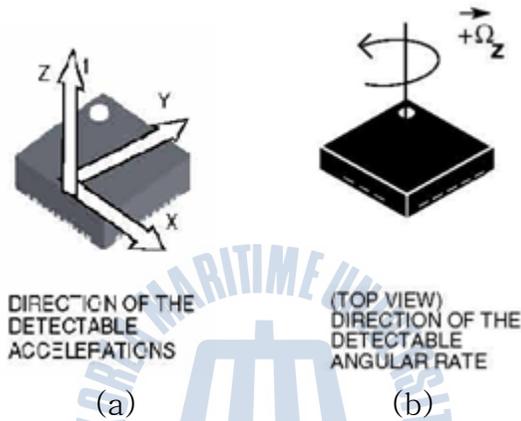


Fig. 2.13 (a) 가속도 센서 (b) 자이로 센서

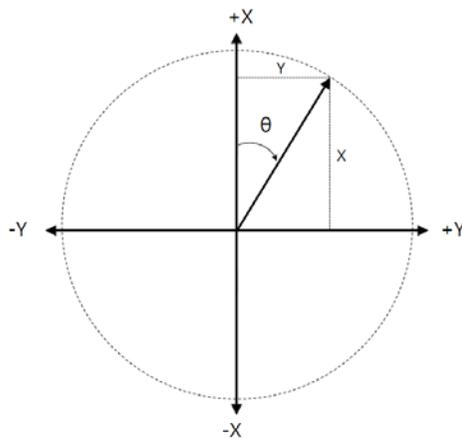


Fig. 2.14 나침반 좌표의 각도

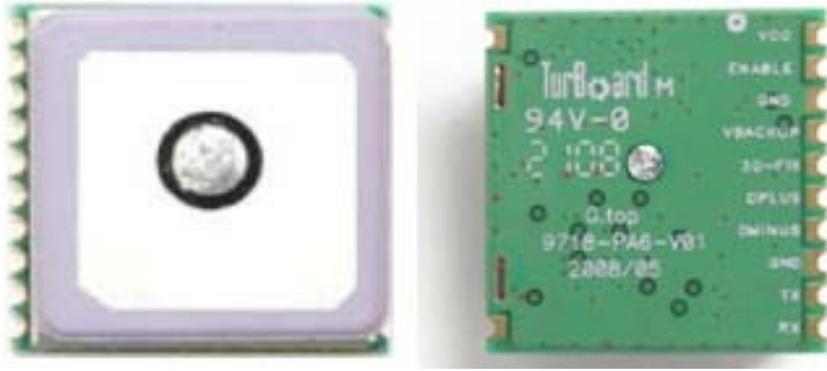


Fig. 2.15 Ascen Korea의 GPS 수신 모듈

### 2.3.3 GPS 수신기

GPS 수신기는 Ascen Korea Inc.의 FGPMMPA6 사용하였다. 초음파 송수신 모듈에 RS-232로 전송하는데 이 칩은 3.3V 전원을 사용하므로 BUS TRANSCEIVER 칩을 통하여 전압을 5V로 변경하여 초음파 송수신 부에서 제어 및 데이터의 송·수신을 한다. Ascen Korea의 FGPMMPA6 GPS 수신 모듈은 66채널, 위치 정도는 3m 이내이고 크기는 16mm X 16mm로서 초소형 GPS이다. Fig. 2.15은 GPS 수신 모듈이며 부록 4에서 상세한 사양에 대하여 표시 하였다. FGPMMPA6 GPS 모듈에서는 NMEA 0183의 데이터가 나오므로 이를 NMEA 2000 데이터로 변경하여 CAN 네트워크 통신 모듈로 전송하여야 한다. 부록 5는 NMEA 0183에 대응하는 NMEA 2000의 PGN 번호를 표시하였다.

### 2.3.4 초음파 송수신 회로

초음파 송수신 회로는 동서와 남북으로 마주 보는 2쌍의 초음파 송수신기와 각 채널을 선택하는 디코더 및 초음파 수신기의 신호를 증폭하는 OP AMP와 Low Pass 및 High Pass 필터로 구성 되어 있다. 사용된

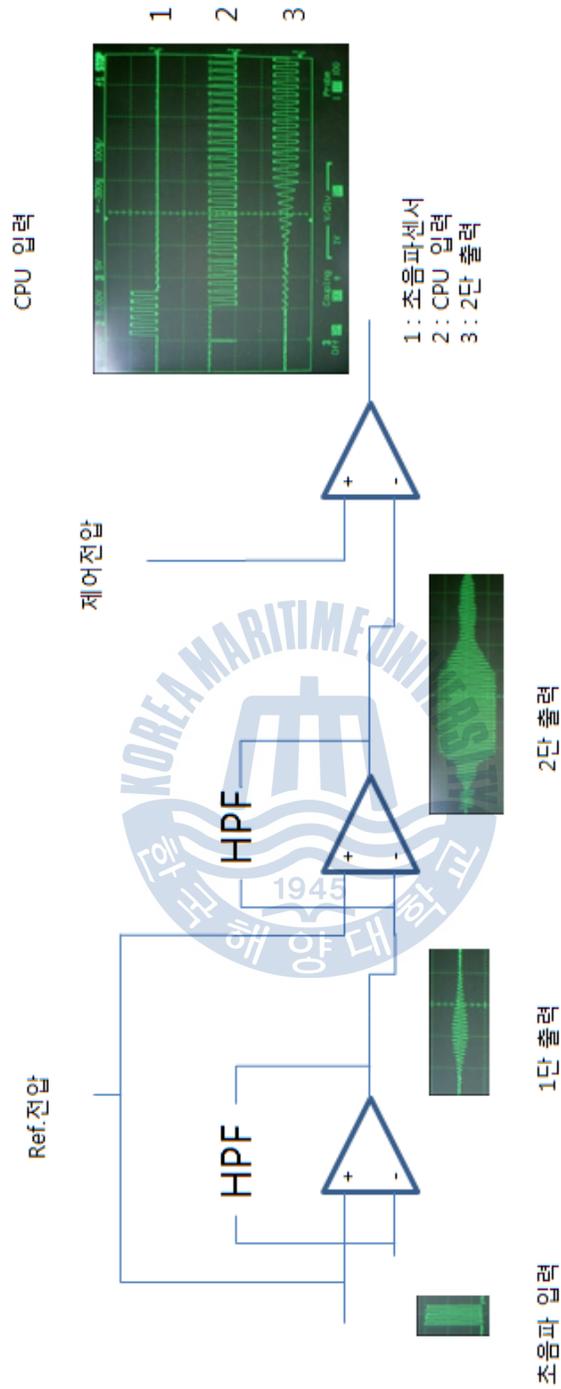


Fig. 2.16 단계별 신호처리

CPU는 5V 전원을 사용하므로 PIC 18F2620를 사용하였다. 초음파 센서는 SensorTac 사의 ST-203L센서로서 Fig. 2.17의 오른쪽의 센서를 사용하였다. 부록 6은 40KHz의 ST-203L 초음파 센서의 특성표이다.

초음파 센서를 이용한 측정은 Fig. 2.16과 같이 단계별로 처리된다. CPU에서 PWM을 이용하여 40KHz의 주파수를 생성한다. 송신 주파수는 6개의 구형파로 구성되며 이는 수신센서에서 공명하여 받을 수 있는 최소한의 펄스의 숫자이다. 수신된 파형은 1차 및 2차 High Pass Filter을 통하면서 증폭되어 CPU 입력으로 들어간다. CPU에 수신된 펄스 신호는 Capture 회로에서 카운터 되어 시간을 측정한다. 송신과 수신 시에는 초음파 센서의 응답시간의 지연을 고려하여 8msec의 지연시간을 준다. 이는 송수신 초음파 센서가 서로 송수신을 역할을 교대 할 때 공명으로 인한 잔상과 겹치지 않는 충분한 시간이다.



Fig. 2.17 SensorTac사의 ST-203 초음파 센서

### 2.3.5 CAN 네트워크 통신 회로

CAN 통신은 NMEA 2000의 Data-Link-Layer을 담당한다. 사용된 CPU는 2개의 CAN Port가 있는 Phillips사의 LPC 2129을 사용하였다. NMEA 2000용 콘넥터를 사용하여 케이블에서 전원을 공급받으며 입력 전원의 범위는 DC12V에서 30V 까지 가능하도록 설계하였다. 기기의 보호를 위해 네트워크와 장비를 완전히 분리하고자 하였으나, 자체 전원의 미사용으로 CAN 네트워크의 전원까지는 분리하지 못하였다. CAN-H 및 CAN-L의 데이터 선은 Opto-Isolator로 분리하였다. 차후에 NMEA 0183을 추가하기 위하여 따로 RS-485 라인을 추가하였다. 16Kbyte의 EEPROM은 데이터의 보존을 위해 사용된다. 연결 콘넥터는 NMEA 2000 Male로 바로 네트워크에 장착 할 수 있다. 부록 7, 8은 NMEA 0183 Command와 NMEA 2000 송수신 PGN Command를 나타낸다.

### 2.4 풍향 풍속계의 소프트웨어 설계

본 논문에서는 NMEA 2000을 기반으로 하는 초음파 풍향 풍속계의 구현에 있다. 우선 풍향을 구하기 위해서는 풍속을 구하여야 한다. 풍속은 동서 및 남북으로 배치된 두 쌍의 송수신 초음파 센서의 펄스의 도달 시간으로 구할 수 있다. 송신 센서에서 펄스를 송신하고 송신된 시간부터 TIMER를 작동시키고 수신센서에 펄스가 도착 할 때까지의 TIMER COUNT 값으로 시간을 계산한다. 사방위(E->W, W->E, S->N, N->S)의 풍속 시간을 측정된 다음 네 개의 풍속을 가지고 풍향 벡터를 추출한다. 초음파 풍향 풍속의 계산식은 2장 1절의 초음파 풍향 풍속의 원리에서 설명하였다. 본 논문에서는 40KHz의 초음파 센서를 사용하기 때문

에 측정할 수 있는 최대한의 시간은  $50\mu s$  이내이다. 풍속으로 계산을 하면 최대 34m/sec까지 측정 할 수가 있다.

풍향과 풍속을 구한 후 NMEA 2000 네트워크상에 풍향과 풍속 데이터를 전송하여야 한다. NMEA 2000 네트워크에 접속하기 위해서는 초음파 풍향 풍속계는 NMEA 2000 네트워크의 주소 요청 응답하여야 한다. 그러기 위해서는 자기 주소(Source Address)를 가져야 하며 self-ID(자기 선언) PGN 60928의 데이터 패킷을 포함하여야 한다. 풍속과 풍향의 데이터는 주소 요청 PGN, request PGN 및 Multi packet을 포함하여야 한다. 네트워크상의 요구 및 응답은 2.2.2. 절의 NMEA 2000 Stack 구조에서 와 같다. 초음파 풍향 풍속계의 PGN은 부록 9에 정리되어 있다.



## 제 3 장 실험 및 고찰

### 3.1 실험 방법

NMEA 2000 네트워크는 Fig. 3.1에 그림처럼 다양한 장치들로 구성된다. 그림에서 표시된 박스는 이미 상용화된 NMEA 2000 기반의 장비로써 GPS인 PGS100과 풍향 풍속계인 WSO100을 나타낸다. 본 연구를 통해 구현한 NMEA 2000 기반의 풍향 풍속계가 두 제품을 대체하여 그 기능을 수행 할 수 있는지 실험한다.

Fig. 3.2는 PC기반의 NMEA 2000 모니터링 프로그램으로 나타낸다. NMEA 2000 모니터링 프로그램을 통해 주소 요청에 따라 구현된 풍향 풍속계의 SA가 25로 할당되어 있음을 확인한다. 그리고 NMEA 2000 표준에 따라 풍향 풍속 파라미터값을 나타내는 PGN 130306이 NMEA 2000 네트워크에서 응답되어 정상적으로 동작하고 있음을 확인 실험한다..

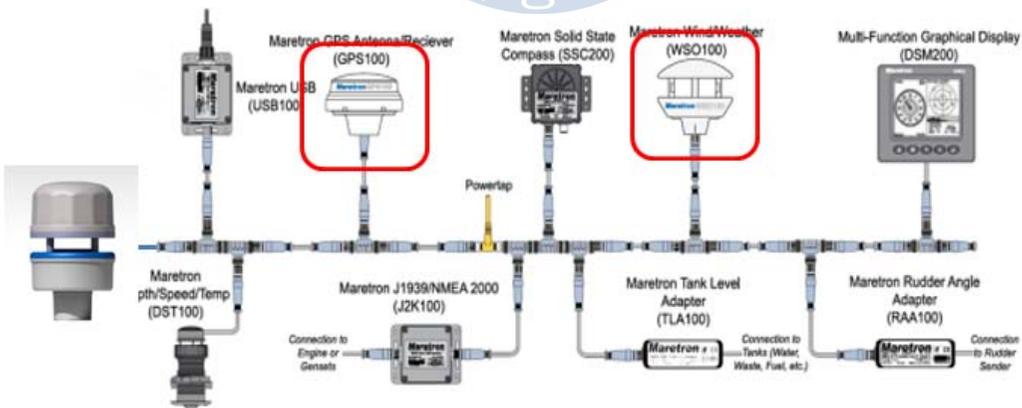


Fig. 3.1 NMEA 2000 네트워크의 실험 장치의 결선

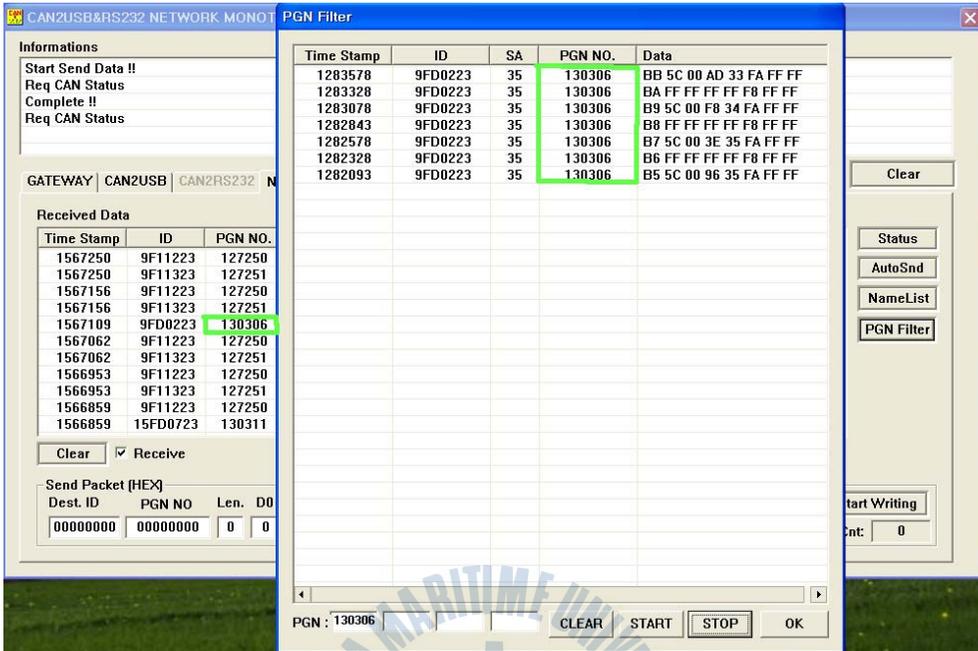


Fig. 3.2 네트워크 모니터링 프로그램

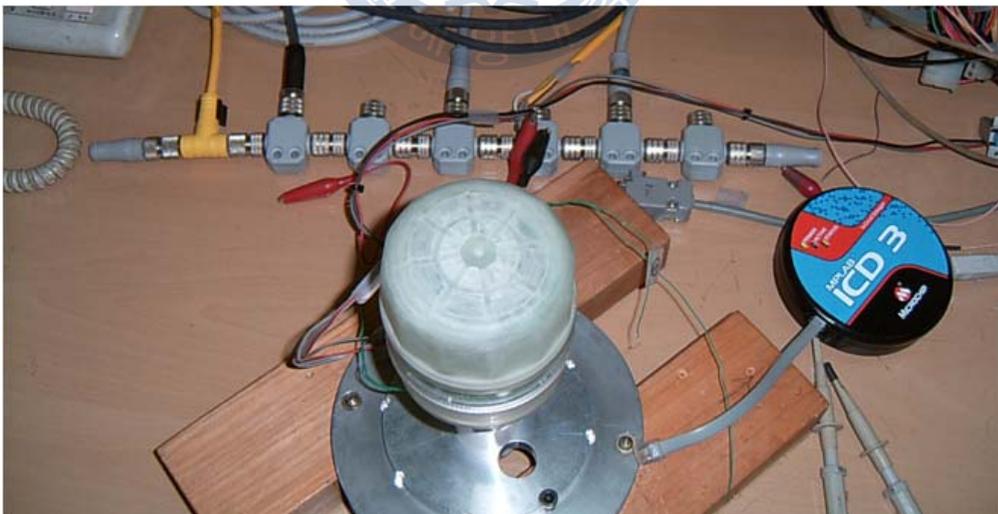


Fig. 3.3 네트워크 실험장치의 결선

Fig. 3.3은 NMEA 2000 네트워크의 실험장치의 결선을 보여준다. Fig. 3.4는 비교 실험 장치로서 선풍기의 바람을 (a) M사 및 (b) A사와 (c) 구현된 풍향 풍속계를 NMEA 2000 네트워크에 연결하여 실험하는 장치로서 8개의 방위각에서 비교 실험을 하기 위한 장치이다. 회전 장치는 알루미늄으로 제작하였고, 고정판과 회전판으로 분리하였다. 회전판은 8방위에 고정 홈을 파서 각각의 방위 측정시 핀으로 고정되도록 하였다.



(a) "M" 사의 실험장치



(b) "A" 사의 실험장치



(c) 연구 실험 장치

Fig. 3.4 비교 실험을 위한 장치

### 3.2 실험 결과 비교

NMEA 2000의 네트워크에 본 연구에서 구현한 초음파 풍향 풍속계와 WSO100(M사) 및 PB200(A사)의 비교 실험을 위하여 8개의 방위각의 풍향의 측정과 선풍기의 미풍, 약풍 및 강풍의 3가지 풍속의 실험을 하였다. 이 실험 데이터는 A사의 풍향 풍속계를 기준으로 여러 차례의 실험을 통하여 선풍기와의 거리와 방향의 설정을 한 다음, 동일한 방법으로 M사와 구현한 풍속계의 데이터를 구하였다. A사의 풍향 풍속계의 실험 데이터는 Table 3.1에 M사는 Table 3.2에 본 연구의 실험은 Table 3.3에 각각 표시하였다. A사의 풍속은 미풍과 약풍에서 측정각도에 따라 0~3m/s, 강풍에서는 1~2m/s의 편차가 발생하였다. 풍향은 측정각도에 따라 0~10도의 편차를 보였다. M사의 풍향은 미풍에서 3~5m/s, 약풍에서 3~6m/s이고, 강풍에서는 2~10m/s로 편차가 발생하였고 풍속은 측정각도에 따라 0~10도의 편차가 발생했다.

Table 3.1 "A"사의 실험 데이터

측정각	미풍		약풍		강풍	
	풍속(m/s)	풍향	풍속(m/s)	풍향	풍속(m/s)	풍향
0	2.7-2.9	0	3.2~3.4	0	3.8-4.0	0
45	2.6-2.8	35	3.1-3.2	35	3.9-4.0	38
90	2.1	81	2.4-2.7	90	3.1-3.2	82
135	1.9-2.1	125	2.3-2.4	125	2.9-3.1	128
180	1.7-1.9	185	2.1-2.2	180	2.6-2.7	180
225	2.1-2.2	242	2.6-2.7	240	3.0-3.2	235
270	2.4-2.6	282	2.9-3.0	270	3.3-3.5	275
315	2.6-2.7	320	3.0	320	3.4-3.6	320



Table 3.1. "M"사의 실험 데이터

측정각	미풍		약풍		강풍	
	풍속(m/s)	풍향	풍속(m/s)	풍향	풍속(m/s)	풍향
0	1.9~2.2	0	1.8~2.5	0	2.3~3.3	0
45	1.9~2.3	45	2.5~2.8	45	3.1~3.3	49
90	1.9~2.4	92	2.3~2.9	92	2.9~3.5	92
135	2.1~2.4	131	2.6~3.0	132	2.9~3.5	132
180	2.0~2.2	190	2.3~2.9	180	2.7~3.2	182
225	2.0~2.4	223	2.3~2.7	223	2.4~3.2	223
270	2.2~2.5	270	2.3~2.9	268	3.4~3.7	270
315	1.9~2.3	320	2.2~2.7	330	2.9~3.5	330



Table 3.3 연구 구현한 실험 데이터

측정각	미풍		약풍		강풍	
	풍속(m/s)	풍향	풍속(m/s)	풍향	풍속(m/s)	풍향
0	2.4-2.6	1-4	2.9-3.2	3-5	3.3-3.8	3-8
45	2.3-2.6	44-47	2.7-3.1	41-45	3.2-3.4	44-48
90	2.0-2.3	91-95	2.5-2.7	93-97	2.8-3.1	97-100
135	2.1-2.4	141-144	2.6-2.9	138-143	3.0-3.3	140-144
180	2.0-2.4	186-180	2.7-3.1	179-182	3.1-3.5	179-184
225	2.0-2.2	226-229	2.3-2.5	225-227	2.7-3.0	225-229
270	1.8-2.0	273-278	2.3-2.5	276-280	2.6-2.9	277-280
315	2.3-2.5	323-329	2.6-2.8	326-329	3.0-3.4	327-329



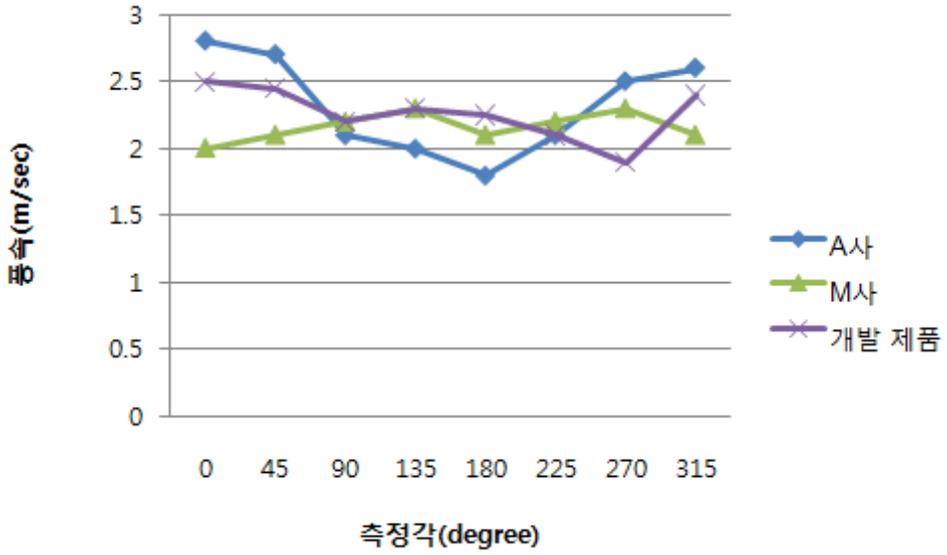


Fig.

### 3.5 미풍에서의 각도에 따른 풍속의 변화

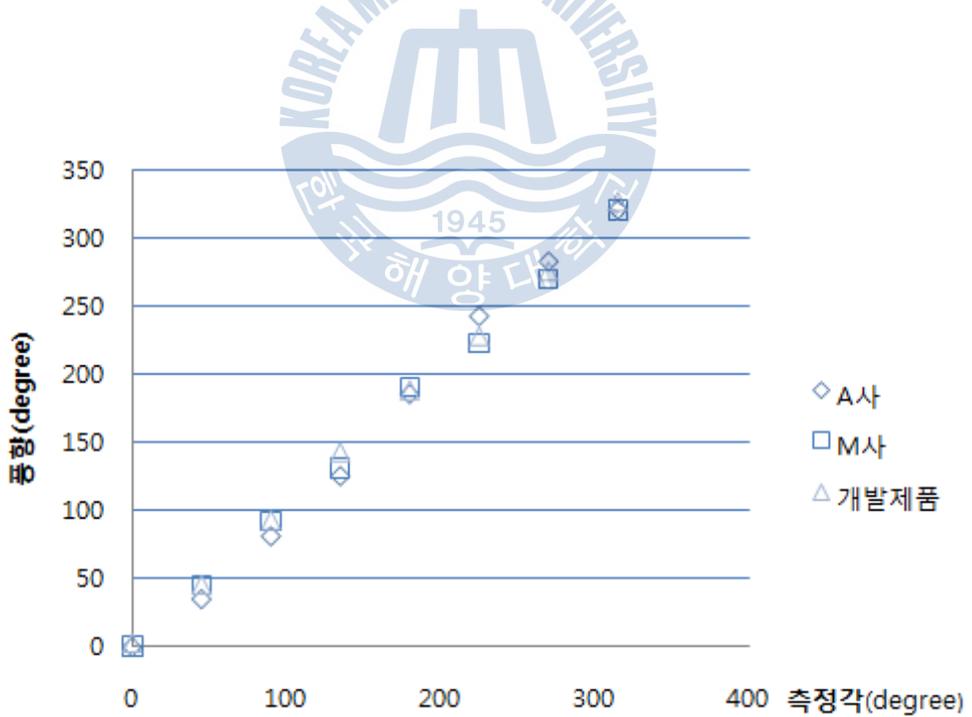


Fig. 3.6 미풍에서의 측정각과 풍향의 편차

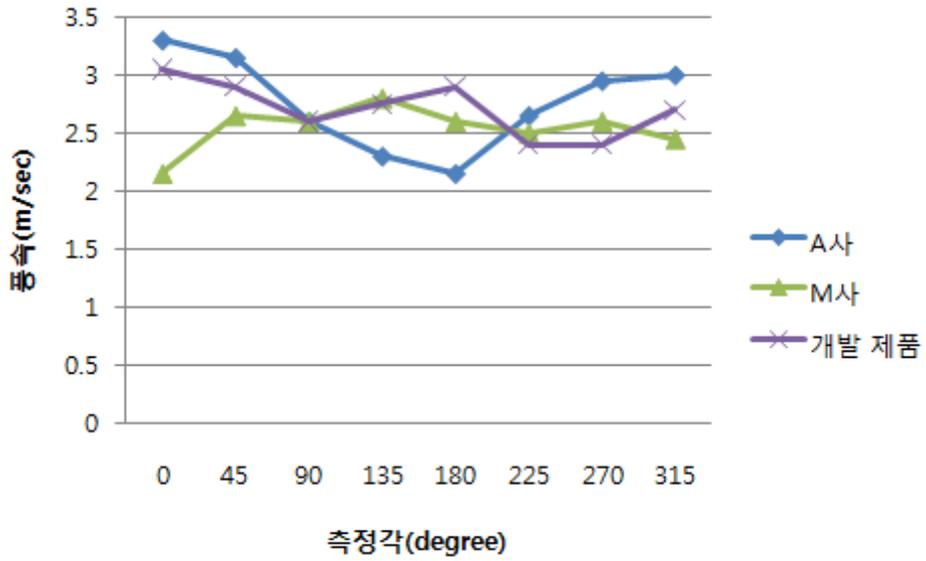


Fig. 3.7 약풍에서의 각도에 따른 풍속의 변화

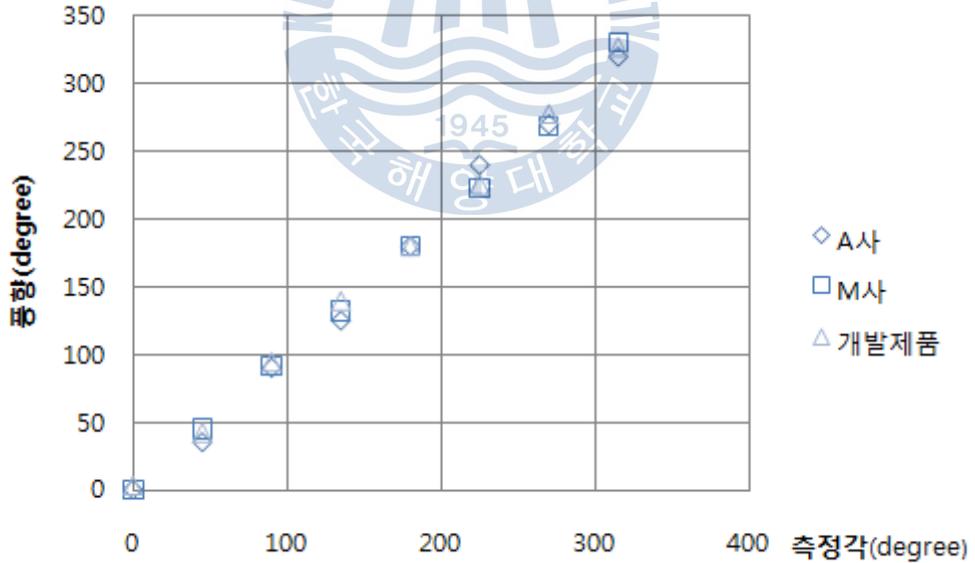


Fig. 3.8 약풍에서의 측정각과 풍향의 편차

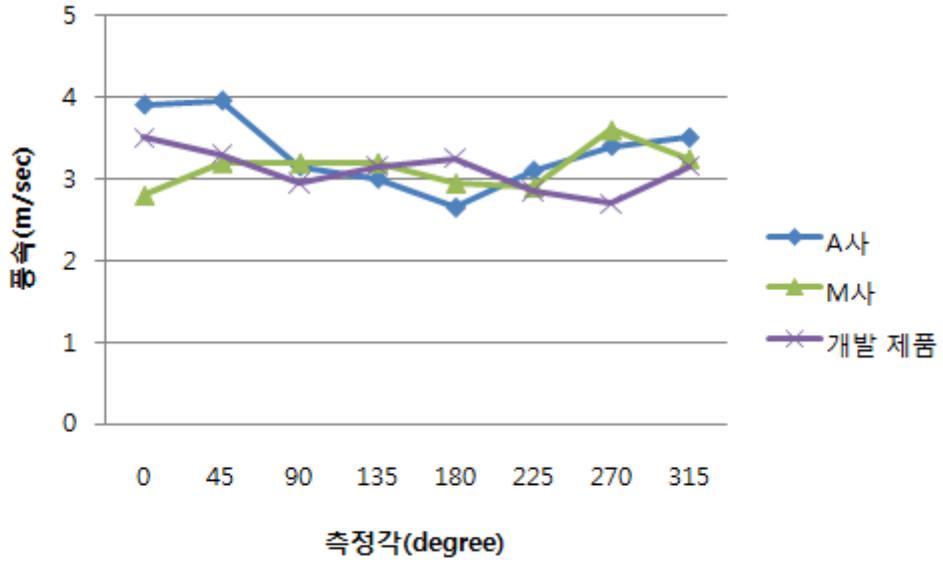


Fig. 3.9 강풍에서의 각도에 따른 풍속의 변화

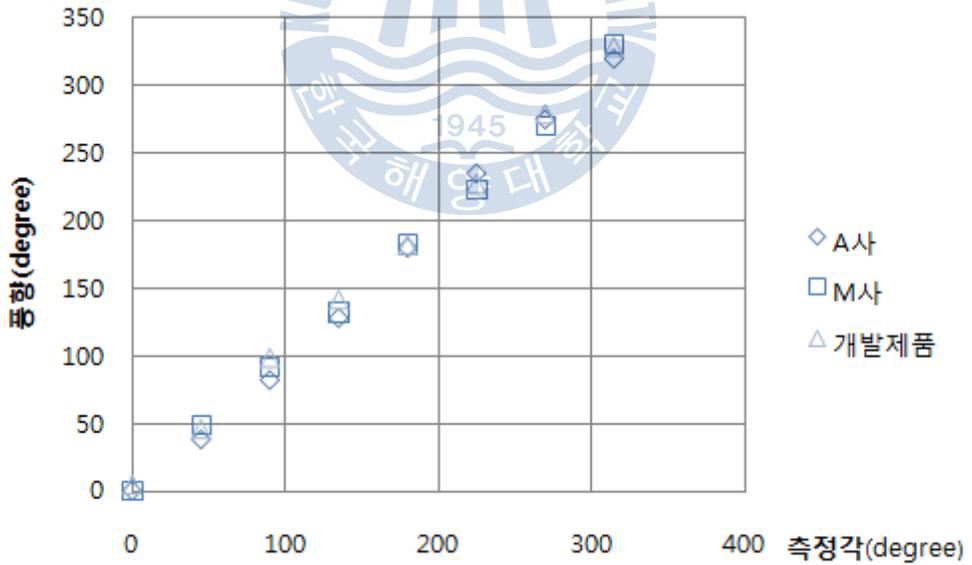


Fig. 3.10 강풍에서의 측정각과 풍향의 편차

본 논문에서 구현한 초음파 풍향 풍속계가 전 풍속에서 2~4m/s의 편차를 보였다. 풍향은 전체적으로 약간의 변동 폭을 가지고 있었으며, 평균 편차는 2~10도가 발생하였다.

다른 제품 간의 풍속과 풍향을 비교하기 위하여 그래프로 표시하였다. 미풍의 풍향과 풍속은 Fig. 3.5 및 Fig. 3.6에 약풍은 Fig. 3.7 및 Fig. 3.8에 강풍은 Fig. 3.9 및 Fig. 3.10에 표시하였다. 각 제품의 데이터는 8개의 방위각에 대한 풍향 및 풍속의 변화를 보기위하여 평균값으로 하였다. A사의 제품의 풍속은 135도에서 225도 사이는 낮게, 나머지 방위에서는 높게 나왔다. M사의 제품은 비교적 평이하게 나왔으나 0도에서 낮게 나왔다. 연구 구현한 초음파 풍향 풍속계는 M사와 반대의 추세를 보였으며 0도에서 높게 나왔다. 풍향은 전제품에서 10도 이내의 고른 편차를 보였다.

본 연구에서 비교실험의 데이터의 결과를 분석하면 8개의 방향에서 측정한 풍속의 데이터는 A사에서 가장 편차가 심하게 나왔다. M사의 제품과 본 연구의 데이터는 유사하게 나타났다. 따라서 본 연구에서 구현한 초음파 풍향 풍속계에 관한 연구를 통하여 실제 제품의 구현이 가능함을 알 수 있다.

## 제 4 장 결 론

본 논문에서는 NMEA 2000 프로토콜을 탑재한 초음파 풍향 풍속계의 구현을 하였다. NMEA 2000 통신 네트워크 프로토콜의 계층구조와 특성, 데이터베이스와 stack의 구조에 대하여 분석하였고, CAN 통신과 NMEA 2000 네트워크의 물리계층간의 비교 및 유사점에 대하여 분석하였다. 플러그앤플레이 기능을 가진 NMEA 2000 네트워크의 효율성 및 프로토콜의 신뢰성에 대해서 검정하였다. 이는 초음파 풍향 풍속계를 NMEA 2000 네트워크상에서 초음파 풍향 풍속계의 어드레스를 요청하여 응답함으로써 확인하였다. 또한 음파의 원리에 기초하여 초음파 풍향 풍속 측정에서 외부의 온도 및 습도에 영향을 받지 않는 식을 도출하였다. 초음파 풍향 풍속계의 풍속과 풍향의 기존의 제품과 비교 실험을 통하여 데이터를 도출하였고, 비교 실험 결과는 그래프로 나타내었다.

초음파를 이용한 풍속의 측정에서 가장 정밀한 방식은 3축(X, Y, Z)의 6개의 초음파센서를 이용하는 것이다. 이것은 기구적으로 복잡하여 제품화에 많은 장애가 있다. 본 연구에서는 2축(X, Y)의 4개의 초음파 센서만으로도 초음파 풍향 풍속계의 제작에 문제가 없음을 확인하였다. 미국 및 선진국에서는 이미 NMEA 2000을 탑재한 초음파 풍향 풍속계 외에도 다양한 선박용 제품이 나와 있음에도 아직 국내의 조선기자재 업체에서는 그에 대한 대비가 미미한 실정이다. 본 논문에서 구현한 NMEA 2000 기반의 2축 초음파 풍향 풍속계를 활용한다면 향후 e-Navigation 시대를 대비해 국내 조선기자재 개발시장에서 그 활용가치가 높을 것이라 기대된다.

## 참고문헌

- [1] Membership Information in NMEA <http://www.nmea.org>
- [2] NMEA 0183 Standard for Interfacing Marine Electronic Devices Version 4.00, 2009.
- [3] NMEA 2000 Standard For Serial-Data Networking Of Marine Electronic Devices, Appendix C, Version 1.200, 2004.
- [4] ISO 11783-3(1998)
- [5] ISO 11898-1(2003)
- [6] ISO 11783-2(2002)
- [7] NMEA 2000 Appendix B.1 PGN Table Version 1.210, 2006.
- [8] P. Schotanus, "Temperature Measurement with a Sonic Anemometer and Its Application to Heat and Moisture Fluxes", *Boundary-Layer Meteorology*, vol. 26, pp. 81-93, 1983.
- [9] Holger Siebert and Ulrich Teichmann, "Behaviour of an Ultrasonic Anemometer Under Cloudy Conditions", *Boundary-Layer Meteorology*, vol. 94, pp. 165-169, 2000.
- [10] James M. Wilczak, Steven P. Oncley, and Steven A, "Sonic Anemometer Tilt Correction Algorithms", *Boundary-Layer Meteorology*, vol. 99, pp. 127-150, 2000.
- [11] 박도현, 예윤혜, "위상 측정 방식을 이용한 3차원 초음파 풍향풍속계의 특성분석", *Journal of the Korean Sensors Society*, vol. 15, no. 6, pp. 442-448, 2006.

## 부록 목차

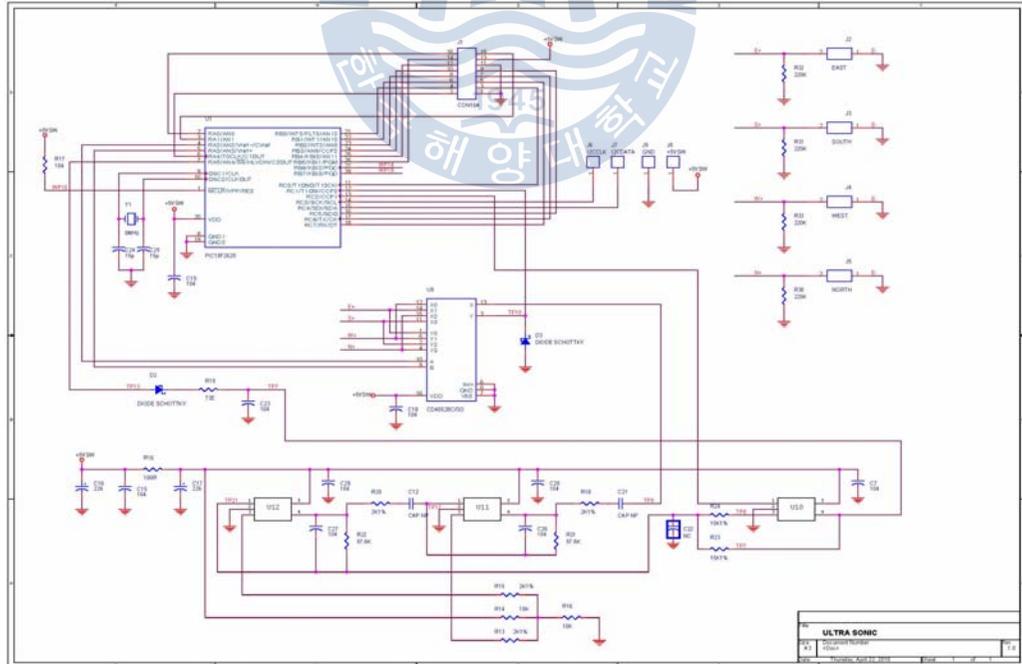
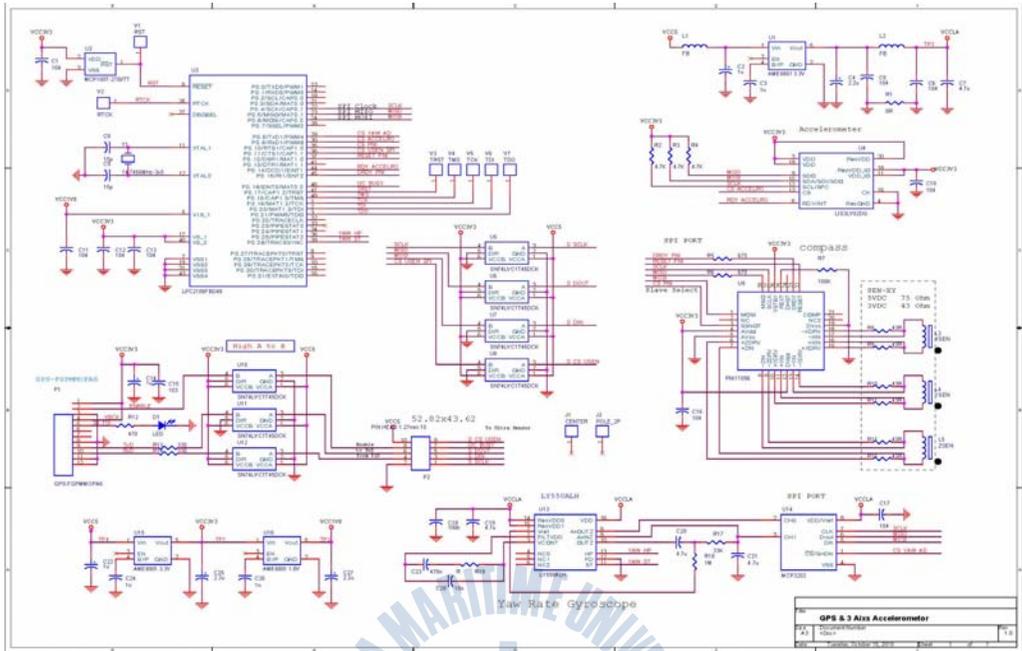
부록 1: 초음파 풍속계의 CATIA 설계 및 RP .....	36
부록 2: 회로도 .....	37
부록 3: COMPASS 프로그램 .....	39
부록 4: GPS 수신모듈의 사양 .....	42
부록 5: NMEA 0183을 NMEA 2000으로 데이터의 변환 .....	44
부록 6: ST-203L 초음파 센서 .....	45
부록 7: NMEA 0183 COMMAND .....	46
부록 8: NMEA 2000® PGN Commands .....	47
부록 9: NMEA 2000 수신 데이터 .....	49



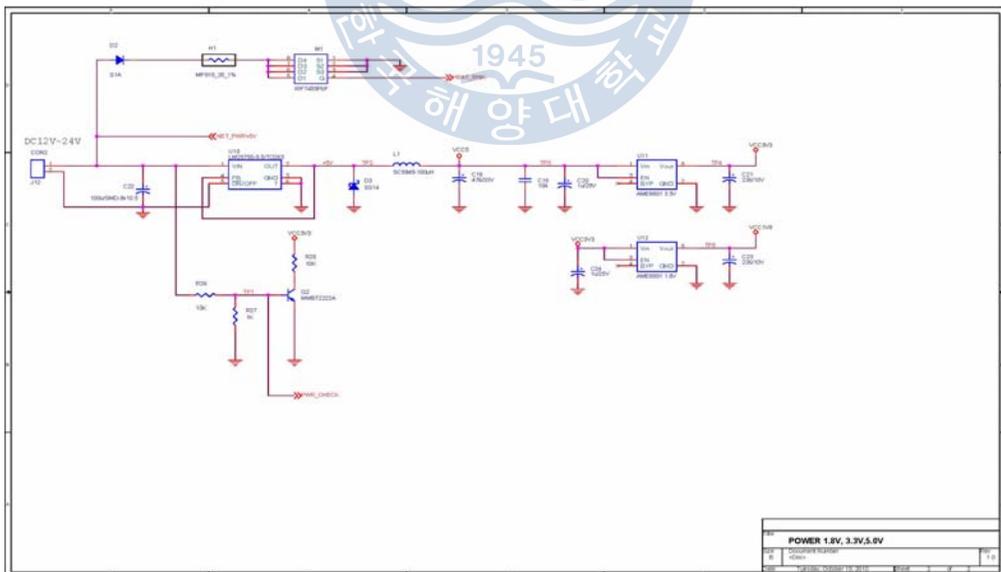
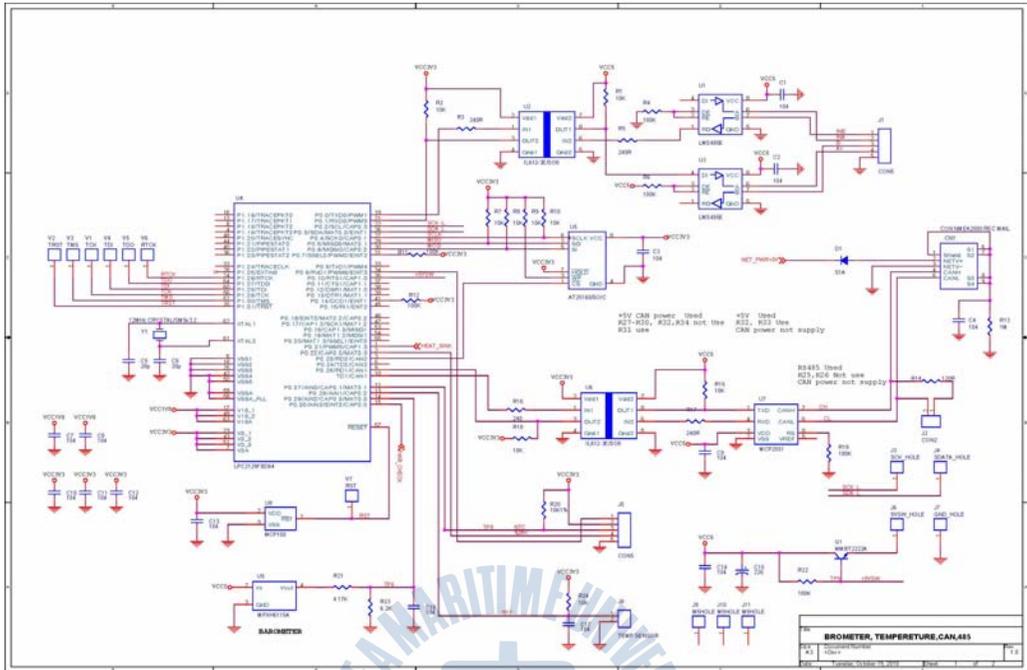
부록 1: 초음파 풍속계의 CATIA 설계 및 RP



## 부록 2 : 회로도



부록 2: 계속



### 부록 3: COMPASS 프로그램

```
/////////////////////////////////////////////////////////////////
////  Library for a PNI11096                               ////
////    3-Axis Magneto-Inductive Sensor Driver and Controller  ////
////    with SPI Serial Interface                           ////
////                                                       ////
////  init_magneto();                                       ////
////    Call before the read function is used               ////
////                                                       ////
////  signed int16 read_magneto(AXIS | DIVISION_RATIO);     ////
////    Call to read a value from an axis                   ////
////                                                       ////
////  The main program may define MAG_SS, MAG_DRDY, MAG_RESET,  ////
////  MAG_CLK, MAG_MISO, and MAG_MOSI to override the defaults below. ////
////                                                       ////
/////////////////////////////////////////////////////////////////
////    (C) Copyright 1996, 2003 Custom Computer Services  ////
////  This source code may only be used by licensed users of the CCS C  ////
////  compiler.  This source code may only be distributed to other  ////
////  licensed users of the CCS C compiler.  No other use, reproduction  ////
////  or distribution is permitted without written permission.  ////
////  Derivative programs created using this software in object code  ////
////  form are not restricted in any way.                    ////
/////////////////////////////////////////////////////////////////

#ifndef PNI11096
#define PNI11096

#ifndef MAG_SS
#define MAG_SS      PIN_B2
#define MAG_DRDY    PIN_B4
#define MAG_RESET   PIN_B5
#define MAG_CLK     PIN_C3
#define MAG_MISO    PIN_C4
#define MAG_MOSI    PIN_C5
#endif
#endif
```

### 부록 3: 계속

```
/////////////////////////////////////////////////////////////////
// Use one of the following defines to specify which axis to read
#define MAG_XAXIS      0x01
#define MAG_YAXIS      0x02
#define MAG_ZAXIS      0x03
// The following division ratios can be ORed with an axis.
// The default is 32, but the recommended is 512.
#define MAG_DIV_32     0x00
#define MAG_DIV_64     0x10
#define MAG_DIV_128    0x20
#define MAG_DIV_256    0x30
#define MAG_DIV_512    0x40
#define MAG_DIV_1024   0x50
#define MAG_DIV_2048   0x60
#define MAG_DIV_4096   0x70

// The following diagnostic commands can be ORed with an axis
#define MAG_SHOW_CLK   0x80 // * Show the clock on DHST
                          // (SOIC PIN_27, DIE PIN_25, MLF PIN_24)
#define MAG_CONTINUOUS 0x04 // * Continuously run the oscillator on an axis
#define MAG_OSC_DIR    0x08 // * Change the oscillator direction
                          // (Only works when MAG_CONTINUOUS is used)
/////////////////////////////////////////////////////////////////
// Purpose:  Initialize the pins used by the magneto-inductive sensor
void init_magneto()
{
    output_high(MAG_SS);
    output_low(MAG_RESET);
    output_low(MAG_CLK);
}

// Purpose:  Read the magnetic intensity and direction for a given axis
// Inputs:   The axis to read ORed with any settings
// Outputs:  A signed 16 bit integer representing
//           magnetic intensity and direction
```

### 부록 3: 계속

```
signed int16 read_magneto(int8 axis)
{
    int i;
    signed int16 data;

    output_low(MAG_CLK);          // Ensure the clock is low
    output_low(MAG_SS);          // Select the sensor
    delay_us(1);
    output_high(MAG_RESET);      // Reset the sensor
    delay_us(1);
    output_low(MAG_RESET);
    for(i=0; i<8; ++i){
        output_bit(MAG_MOSI, shift_left(&axis, 1, 0));
        delay_us(1);

        output_high(MAG_CLK);    // Clock out a bit of data
        delay_us(1);
        output_low(MAG_CLK);
    }
    while(!input(MAG_DRDY));     // Wait for the measurement

    for(i=0; i<16; ++i)         // Read the measurement
    {
        output_high(MAG_CLK);    // Clock in a bit of data
        delay_us(1);
        shift_left(&data, 2, input(MAG_MISO));
        output_low(MAG_CLK);
        delay_us(1);
    }

    output_high(MAG_SS);        // Deselect the sensor

    return data;
}

#endif
```

## 부록 4: GPS 수신모듈의 사양

### Specifications

#### General

**Chipset** : MTK MT3329

**Frequency** : L1, 1575.42MHz

**C/A Code** : 1.023 MHz

**Channels** : 66 channels

**SBAS** : WAAS, EGNOS, MSAS Supported

**Datum** : WGS84(Default), Tokyo-M, Tokyo-A, User Define

**CPU** : ARM7EJ-S

#### Dimensions

Length/Width/Height 16\*16\*6 mm, Weight 6g

### Performance Characteristics

#### Position Accuracy

Without aid : 3.0m 2D-RMS

< 3m CEP (50%) without SA (horizontal)

DGPS (RTCM, SBAS (WAAS, EGNOS, MSAS)) : 2.5m

#### Velocity Accuracy

Without aid : 0.1 m/s

DGPS (RTCM, SBAS (WAAS, EGNOS, MSAS)) : 0.05m/s

#### Acceleration Accuracy

Without aid : 0.1 m/s<sup>2</sup>

DGPS (RTCM, SBAS (WAAS, EGNOS, MSAS)) : 0.05m/s<sup>2</sup>

#### Timing Accuracy

100 ns RMS

#### Sensitivity

**Acquisition** : -148dBm (Cold Start)

**Reacquisition** : -160dBm

**Tracking** : -165dBm

#### Maximum Update Rate

Up to 10Hz (Default: 1Hz)

## 부록 4: 계속

### Acquisition (Open sky, stationary)

**Reacquisition Time** : Less than 1 second

**Hot start** : 1.0s (Typical)

**Warm start** : 34s (Typical)

**Cold start** : 35s (Typical)

### Dynamic

**Altitude Maximum** : 18,000m

**Velocity Maximum** : 515m/s

**Acceleration Maximum** : 4G

### I/O

**Signal Output** 8 data bits, no parity, 1 stop bit

**Available Baud Rates** : 4800/9600/38400/57600/115200  
bps(Default : 9600)

### Protocols

NMEA 0183 v3.01 (Default : GGA,GSA,GSV,RMC,VTG)

RTCM

MTK NMEA Command

Network Assistance Messages

### Data output Interface

USB Interface Logo certified USB 2.0 full-speed compatible

### Environment

**Operating Temperature** : -40 °C to 85 °C

**Storage Temperature** : -50 °C to 90 °C

**Operating Humidity** : 5% to 95% (no condensing)

부록 5: NMEA 0183을 NMEA 2000으로 데이터의 변환

NMEA 0183에 대응하는 NMEA 2000의 PGN		
Option	Description	NMEA 2000
GGA	Time, position and fix type data.	PGN 129033 PGN 129025
GSA	GPS receiver operating mode, active satellites used in the position solution, and DOP values.	PGN 129539
GSV	The number of GPS satellites in view satellite ID numbers, elevation, azimuth, and SNR values.	PGN 129540
RMC	Time, date, position, course and speed data. Recommended Minimum Navigation Information.	PGN 129029
VTG	Course and speed information relative to the ground.	PGN 129026

부록 6: ST-203L 초음파 센서

Model	ST-203L / ST-203C	
Frequency [kHz]	40 ± 1	-
Sound Pressure [dB]	108 min	0dB=2X10 <sup>-4</sup> μbar
Sensitivity [dB]	-82 min	0dB=1V/μbar
Directivity [deg]	90 ± 10°	Tx/Rx, -6dB down Angle
Capacitance [pF]	2200 ± 20%	Without cable
Operating Temperature [°C]	-30 ~ +80	Recommended value
Detectable Range [m]	0.3 ~ 2	Typical
Max Input Voltage [V <sub>p-p</sub> ]	100 [@0.25ms on / 60ms off]	-

## 부록 7: NMEA 0183 COMMAND

### NMEA 0183 Sentence Commands

\* These sentences are enabled at the factory.

\$GPDTM	Datum Reference
\$GPGGA *	GPS Fix Data
\$GPGLL	Geographic Position --Latitude/Longitude
\$GPGSA	GNSS DOP and Active Satellites
\$GPGSV	GNSS Satellites in View
\$HCHDG	Heading, Deviation and Variation
\$HCHDT	Heading True
\$WIMDA *	Meteorological Composite. Barometric Pressure, Air Temperature, Wind Direction, Wind Speed
\$WIMWD	Wind Direction and Speed, with respect to north
\$WIMWV *	Wind Speed and Angle, in relation to the vessel's bow /centerline (relative)
\$WIMWV	Wind Speed and Angle, in relation to the vessel's bow /centerline (theoretical)
\$GPRMC	Recommended Minimum Specific GNSS Data
\$TIROT *	Rate of Turn
\$GPVTG *	Course Over Ground and Ground Speed
\$WIVWR	Relative Wind Speed and Angle
\$WIVWT	True Wind Speed and Angle
\$YXXDR	Transducer Measurements: Wind Chill and Vessel Attitude
\$GPZDA *	Time and Date
\$PFEC, GPatt *	Heading, Pitch, and Roll
\$PFEC, pidat	

## 부록 8: NMEA 2000® PGN Commands

### NMEA 2000® PGN Commands

#### *Transmitted NMEA 2000® PGNs*

PGN 059392	ISO Acknowledgment
PGN 060928	ISO Address Claim
PGN 065285	Proprietary: Boot State Acknowledgment
PGN 065287	Proprietary: Access Level
PGN 126208	Acknowledge Group Function
PGN 126464	PGN List - Transmit/Received PGN's Group
PGN 126720	Addressable Multi-Frame Proprietary
PGN 126720-32	Proprietary: Attitude Offsets
PGN 126720-33	Proprietary: Calibrate Compass
PGN 126720-34	Proprietary: True Wind Options
PGN 126720-35	Proprietary: Simulate Mode
PGN 126720-49	Set WAAS Satellite
PGN 126720-50	Set Tzz Parameter
PGN 126992	System Time
PGN 126996	Product Information
PGN 126998	Configuration Information
PGN 127250	Vessel Heading
PGN 127251	Rate of Turn
PGN 127257	Attitude
PGN 127258	Magnetic Variation
PGN 129025	Position, Rapid Update
PGN 129026	COG & SOG, Rapid Update
PGN 129029	GNSS Position Data

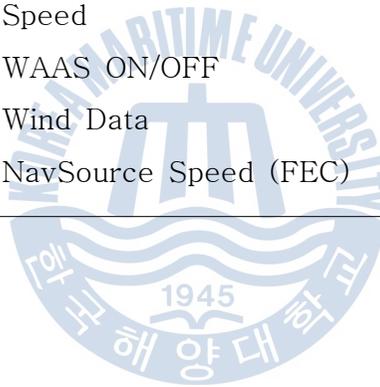
부록 8:계속

PGN 129033	Time & Date
PGN 129044	Datum
PGN 129538	GNSS Control Status
PGN 129539	GNSS DOPs
PGN 129540	GNSS Sats in View
PGN 130306	Wind Data
PGN 130310	Environmental Parameters
PGN 130311	Environmental Parameters
PGN 130323	Meteorological Station Data
PNG 130822	Unit Division Code (FEC)
PNG 130823	Browser Control Status (FEC)
PGN 130880	Proprietary: Additional Weather Data
PGN 130881	Proprietary: Heater Control
PGN 130944	Proprietary: POST
PGN 65281	Terminator Status (FEC)

## 부록 9: NMEA 2000 수신 데이터

### Received NMEA 2000® PGNs

PGN 059904	ISO Request
PGN 060928	ISO Address Claim
PGN 065286	Proprietary: Boot State Request
PGN 126208	Request Group Function
PGN 126208	Command Group Function
PGN 126720	Addressable Multi-Frame Proprietary
PGN 126720-1	Proprietary: Master Reset
PGN 126720-130	Proprietary: Reset EEPROM
PGN 126720-132	Proprietary: Reset GPS
PGN 128259	Speed
PGN 126208	WAAS ON/OFF
PGN 130306	Wind Data
PGN 130821	NavSource Speed (FEC)



## 감사의 글

논문을 마치며 지난 2년간 만학도인 부족한 제자를 헌신적인 지도와 사랑으로 이끌어 주신 유영호 지도 교수님께 진심으로 감사의 마음을 전합니다. 또한 부족한 논문을 완성 할 수 있도록 이끌어 주시고, 학문적으로 나아갈 방향을 꼼꼼하게 제시하여주신 진강규 교수님과 조석제 교수님께 감사드립니다.

그리고 한방에서 같이 동고동락하며 많은 도움을 준 김경엽 박사와 물심양면으로 도와준 박동현연구원, 김경빈, 김한나, 강현석등 제어시스템 연구실의 연구원들에게도 감사를 드립니다.

만학을 하는 남편을 묵묵히 내조하여준 나의 아내에게 감사드리며, 열심히 공부하고 있는 아들 민성, 동욱에게도 감사의 마음을 전합니다.

회사에서 많은 도움을 준 이광휘이사와 노동현 공장장에게도 감사드립니다.

끝으로 불편하신 몸인데도 아들을 위해서 무한한 관심과 사랑으로 감싸 주신 어머니, 아버지께 감사를 드리며, 부모님께 이 논문을 바칩니다.