

공학석사 학위논문

선박용 자이로의 방위신호 변환을 위한
NMEA 변환기 설계 및 구현

Design and Implementation of NMEA Converter to
Transform Gyro Direction Signal in a Vessel

지도교수 임재홍

2005년 2월

한국해양대학교 대학원

전자통신공학과

심영식

목 차

Abstract

제 1 장 서 론	1
제 2 장 자이로콤파스의 이론적 배경	4
2.1 자이로콤파스의 원리	4
2.2 지북원리	7
2.3 동적방식	12
2.4 각도검출 센서	14
2.5 해상전자장비 접속규격	19
제 3 장 NMEA 변환기 시스템의 설계 및 구현	30
3.1 시스템의 분석 및 회로의 구성	30
3.2 신호처리 알고리즘	38
제 4 장 시스템의 평가 및 고찰	43
4.1 시험 환경	43
4.2 시스템의 성능평가	44
제 5 장 결 론	50
참 고 문 헌	51

표 차례

<표 2-1>	지반의 움직임	10
<표 2-2>	단순 데이터 포맷	20
<표 2-3>	복합 데이터 포맷	21
<표 2-4>	일반적인 송신측 ID	24
<표 2-5>	표준 문장 포맷	26
<표 3-1>	AT89C52 핀 기능	37
<표 3-2>	임의의 한 방위에 대한 평균 및 분산	39
<표 3-3>	45°회전시의 광섬유 자이로콤파스 방위출력 데이터	40
<표 3-4>	광섬유 자이로콤파스의 출력 방위각 간의 변화량	41
<표 4-1>	입력신호에 따른 Dip Switch 설정과 출력신호	46

그 립 차 례

<그림 2-1> 자이로콤파스	5
<그림 2-2> Sagnac 효과의 원리	6
<그림 2-3> 자이로스코프	8
<그림 2-4> 프리세션의 방향	9
<그림 2-5> 지구의 회전과 지반의 움직임	10
<그림 2-6> 중간위도(북반구)에서의 자이로 축의 움직임	11
<그림 2-7> 자이로콤파스의 지북원리	12
<그림 2-8> 자이로콤파스의 블록도	13
<그림 2-9> Size 11의 싱크로	15
<그림 2-10> 싱크로 컨트롤 트랜스미터 내부구조	16
<그림 2-11> 레졸버의 외형	17
<그림 2-12> 두 개의 회전자 권선을 가지는 레졸버	18
<그림 2-13> 데이터 전송	22
<그림 2-14> 송·수신측 회로	23
<그림 2-15> NMEA-0183 출력형식	25
<그림 3-1> 시스템의 개요	30
<그림 3-2> 평가회로의 블록도	31
<그림 3-3> 전체 회로도	33
<그림 3-4> ATMEL AT89C52의 내부 다이어그램	34
<그림 3-5> AT89C52의 핀 다이어그램	36
<그림 3-6> 회전각 산출 알고리즘	38
<그림 3-7> NMEA 출력 처리 루틴	42
<그림 4-1> 시험 환경	43

<그림 4-2>	시스템 외형도	44
<그림 4-3>	성능평가 절차	45
<그림 4-4>	평가회로 사진	46
<그림 4-5>	NMEA-0183 출력 캡처	47
<그림 4-6>	Gyro-AIS 인터페이스	48
<그림 4-7>	Iso 인터페이스 회로	49

Abstract

Recently, communication equipment (satellite communication appliance, digital communication appliance) and Navigation equipment are high value-added industries which need advanced satellite and digital technologies in maritime industries.

According to a vessel conveniences regulation, Gyro-Compass installed in 500T over ship, it is a presentation that standard by International convention for the Safety of Life at Sea and IMO resolution A.422(xi) of International Maritime Organization.

The NMEA(National Marine Electronics Association) converter interface between Gyro-Compass Output Signal and the others marine equipment, it is play to the NMEA data format change.

NMEA is dedicated to the education and advancement of the marine electronics industry and the mark which it serves.

It is non-profit association composed of manufacturers, distributors, dealers, education institutions, and others interested in peripheral marine electronics occupation.

The NMEA standard defines an electrical interface and data protocol for communication between marine instrumentations.

NMEA converter system is a designed of set up three-type format input signal, if a input to signal, possibility interface between Gyro and other marine equipment, NMEA-0183 standard output to interface other marine equipment.

In this study, I produced the NMEA converter system using AT89C52

microcontroller in ATMEL Inc. and expected Gyro-Compass direction sensor, monitoring Synchro input signal through NMEA converter system, it make confirmed interface between Gyro Compass and other marine equipment AIS. at the time, using RS-422 serial communication of ICE61162-1, 61162-2 digital interface.

Today, NMEA converter system used import the most companies of Germany, Russia and other country, it is not korea. in this thesis, suggest the design and implement of NMEA converter system. Thus it will be good for basic research data to produce NMEA converter system ourselves.

제 1 장 서 론

오늘날의 통신기기는 기존의 장비와는 비교할 수 없을 만큼 고도로 발전된 전자 및 자동화 기술과 위성통신 기술이 사용되고 있으므로 발전된 시스템에 능동적으로 대처하기 위한 노력이 절실히 요구되고 있다. 특히, 해상통신분야에서는 통신의 디지털화, 신소재의 개발, 항해의 자동화와 같은 선박의 무인화 및 안전을 위한 많은 노력이 이루어지고 있는 실정이다^[1].

선박이나 항공기 또는 인공위성 등의 이동체를 안전하고 정확하게 목적지로 유도하기 위해서는 고정밀도의 위치 제어센서나 항법장치를 필요로 한다. 항법장치로는 진북을 나타내는 자이로콤파스와 자북을 가리키는 마그네틱콤파스가 활용되고 있으며, 선박설비규정에 의해 총톤수 500톤 이상의 선박에는 자이로콤파스의 설치가 의무화 되어 있다.

자이로콤파스의 원리는 19세기 중엽의 프랑스의 유명한 물리학자 Leon Foucault에 의해서 발견된 회전체의 운동에 관한 법칙에 의하여 알게 된 것이다.

Foucault는 1851년에 Foucault pendulum를 사용해서 지구의 자전을 처음으로 실험하였으며, 1852년에 자이로스코프에 의해서 지구자전의 관측을 행하였다. 즉, 3축의 자유를 갖고 있는 자이로의 회전축은 마치 진자의 진동면과 같이 외력이 작용하지 아니하는 한 항상 우주공간의 일정한 방향을 가리킨다는 알 수 있게 되었다. 이와 같이 3축의 자유를 갖는 것을 Foucault는 Gyroscopigue라 이름을 부치게 되었다^[2].

마그네틱콤파스는 진북으로 부터 1,440km 정도가 캐나다 측으로 벗어나 있고, 지표의 한 점에 있어서 자기 에너지도 측정 장소마다 방향 및 지표면의 기울기가 달라 정확한 위치를 알기 위해서는 방위각, 복각 및

그 밖의 각 점에서 자력의 수평분력 등을 구하고 그 값을 보정해 주어야 한다는 단점이 있다.

그러나 자이로콤파스는 마그네틱콤파스와는 그 원리가 전혀 다른 것으로 이는 고속을 회전하는 자이로스코프를 이용해서 그 축이 자동적으로 진북의 방향을 가리키게 하여 이에 의해서 진방위를 측정하게 하는 것이다. 그리고 자이로콤파스는 진북을 가리키는 마그네틱콤파스에 있어서의 편차와 같은 부정확한 오차가 없으며, 자기의 영향을 받지 아니하므로 자차 없이 진북을 가리키기 때문에 선내 어떤 장소에 설치 하여도 무방하다.

자이로콤파스에 대한 국제 표준안은 해상에서의 인명 안전에 관한 국제 협약(SOLAS ; International Convention for Safety of life at Sea, 1974)의 제5장 12규약에 의해 채택되어 졌으며 자이로 콤파스의 구성, 성능, 시험인증 방법을 규정하고 있다. 그리고, 이 국제 표준안은 해상에서 항해를 목적으로 하는 자이로콤파스에 적용되고 이는 선박의 선수 방향을 가리키고 방위각을 찾기 위해 고정된다^[3].

국제해사기구(IMO ; International Maritime Organization)의 결의안 A.422(xi)는 자이로콤파스의 성능표준에 관한 것이며 1979년 11월 15일 채택 되었다^[4].

자이로콤파스에서 출력된 방위신호를 기타 해상통신장비인 선박자동식별장치(AIS ; Automatic Identification System), 레이더, 항해기록장치(VDR ; Voyage Data Recorder) 등의 통신장비와의 인터페이스를 위해 NMEA-0183 데이터 포맷으로 변환을 시켜주는 NMEA 변환기가 필요하다.

NMEA는 National Marine Electronics Association의 약자이며, 이 기구에서 항해계기와 통신장비 인터페이스를 위한 국제규격을 정하고 있다. 위성 위치 확인 시스템(GPS ; Global Positioning System) 장치에 있어서도

NMEA 인터페이스를 지원하고 있지만 일부 지원이 되지 않는 해상장비도 있다는 것에 주목을 해야한다.

NMEA 변환기는 현재 국내에서 거의 개발되지 않아 대부분을 수입에 의존을 하고 있는 실정이다.

선박이 목적지까지 안전하고 정확하게 항해하기 위해서는 NMEA 변환기가 필요로 한다. 이것은 자이로콤파스에서의 방위신호를 다른 기타 해상장비와의 인터페이스를 할 수 있도록 한 장치이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2 장에서는 자이로콤파스의 이론적 배경과, 방위를 측정 할 수 있는 각도 검출센서 그리고 해상전자장비 접속규격인 NMEA에 대해서 설명하였다.

제 3 장에서는 시스템의 전체적인 구성을 고찰하고, NMEA 변환 시스템을 설계하기 위해 필요한 사항들을 정리하였다. 제 4 장에서는 구현된 시스템을 시험하고 그리고 그 결과를 도출하여 성능 평가를 하였다. 마지막으로 제 5 장에서는 결론을 맺었다.

제 2 장 자이로콤파스의 이론적 배경

2.1 자이로콤파스의 원리

2.1.1 자이로콤파스 개요

현재 선박에 이용되고 있는 콤파스에는 마그네틱콤파스와 자이로콤파스가 있다.

마그네틱콤파스는 지구의 자장을 이용한 것으로 구조가 간단하며, 전원이 필요없고, 고장의 염려가 없는 장점을 가지고 있다. 그러나 지구의 자전축과 지구자장을 형성하는 자축이 다르기 때문에 생기는 편차(variation), 지역적으로 자기의 분포가 다름으로 인해 생기는 지방자기(local attraction), 선박의 철류에 의해 생기는 자차(deviation) 등의 오차를 보정해야 하는 단점이 있다.

자이로콤파스는 자이로스코프의 고속 회전에 의한 세차 운동(precession)을 이용한 것으로 지북력이 강한 것이 장점이다. 또, 마그네틱콤파스와는 달리 선체의 철류에 의한 오차가 없으므로 대형 외항선은 물론 최근에는 소형 어선용으로도 개발되고 있다. 자이로콤파스의 방위는 전기 신호로 변환되어, 다수의 리피트 콤파스(Repeater Compass)를 동시에 구동시키며, 코스 레코더(Course Record), 오토파일럿(Autopilot), 레이더(Radar) 등에 방위 정보를 제공한다.

기존의 기계식 자이로콤파스는 무거운 회전체를 고속으로 회전시켜 장시간 유지시키는 회전부가 필요하고, 큰 동력이 필요하며, 소음이 발생할 여지가 있으며, 가동시간 또한 오래 걸리며 복잡한 기계 구조 및 회로로 인해 고장의 가능성이 많다.

그러나 광섬유 자이로콤파스는 구동부분이 없어 수명이 길고, 유지비가 적게 든다. 그리고 구조도 간단하며, 가동시간이 짧고, 고감도이며, 반응속도도 빠르다. 또한 소비전력이 적고, 고신뢰성이 특징이다^[17].

<그림 2-1>은 선박에서 많이 사용되고 있는 자이로콤파스이다.



<그림 2-1> 자이로콤파스

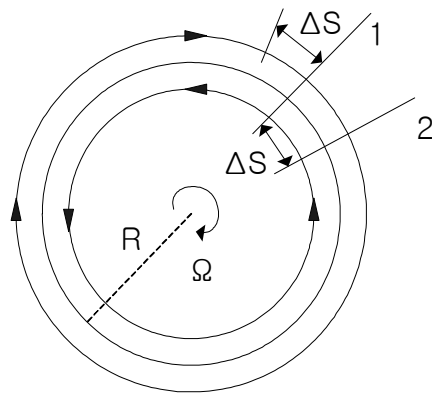
<Fig. 2-1> Gyro-compass

2.1.2 자이로스코프(FOG)

광섬유 자이로콤파스의 기본동작 원리는 새그넥(Sagnac) 효과라고 불리는 원리를 이용하고 있다. <그림 2-2>는 Sagnac 효과를 설명하고 있다.

광원에서 출사된 빛은 분광기를 거쳐 시계방향과 반시계 방향으로 나누어져서 페루프 모양의 광로인 감지코일로 각각 입사된다. 이때 감지코일이 정지되어 있는 경우 두 방향을 광은 동일한 길이의 광로를 따라서

로 반대방향으로 회전한 후 다시 분광기로 돌아올 때 광로 차이가 없어 동시에 도착하게 되고 위상차가 0이 된다. 그러나 감지코일이 관성공간에 대하여 회전각속도 Ω 으로 회전하면, 시계방향의 광과 반시계 방향의 광 사이에는 광로차 ΔL 이 발생한다. 이와 같이 시계방향과 반시계 방향의 광로의 길이가 다른 현상을 Sagnac 효과라고 한다.



<그림 2-2> Sagnac 효과의 원리

<Fig. 2-2> The principle a sagnac effect

각속도 Ω 으로 시계방향으로 회전하는 광이 $t=0$ 에서 점 1로부터 반지름 R 인 원형 광로를 따라 일주하여 다시 점 2에 도달할 때 시계방향으로 진행한 광의 전체 광로길이 L_{CW} 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$L_{CW} = 2\pi R + R\Omega T_{CW} = C_{CW} T_{CW}$$

여기서 $R\Omega$ 는 원주, 즉 링의 접선속도이고, T_{CW} 는 광로를 진행하는데 걸린 시간이며, C_{CW} 는 시계방향으로 전달되는 광의 속도이다. 마찬가지로

가지로 반시계 방향으로 회전하는 광이 일주하는데 걸리는 시간을 T_{CCW} 라 하고, 반시계 방향으로 전달되는 광의 속도를 C_{CW} 라 하면, 이때의 광로길이 L_{CCW} 는 다음과 같이 된다.

$$L_{CCW} = 2\pi R - R\Omega \quad T_{CCW} = C_{CCW} T_{CCW}$$

따라서 T_{CW} 와 T_{CCW} 는 다음식으로 표현된다.

$$T_{CW} = \frac{2\pi R}{C_{CW} - R\Omega}$$

$$T_{CCW} = \frac{2\pi R}{C_{CW} + R\Omega}$$

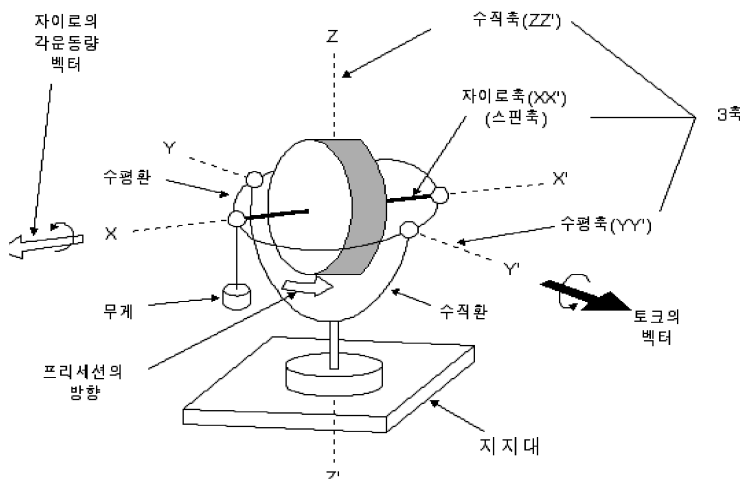
2.2 지북 원리

2.2.1 자이로의 성질

<그림 2-3>과 같이 자이로축(스핀축)을 수평환으로 지지하고, 그 수평환을 수직환으로 지지하면, 자이로는 자이로축의 주변으로 회전하고, 자이로축은 수평축의 주위로 기울어짐과 동시에 수직축의 주변으로 선회할 수 있기 때문에, 공간의 어떤 방향으로도 향할 수 있다. 이러한 팽이를 3축의 자유를 갖는 자이로라고 하고, 자이로스코프(FOG)라고도 한다. 자이로스코프에는 다음의 두 가지 성질이 있다^[5].

(1) 회전관성(방향 보지성)

자이로스코프의 팽이가 고속으로 회전하고 있으면, 자이로축을 기울이거나, 자이로축을 선회하도록 하는 힘(토크)이 가해지지 않는 한, 지지대의 움직임과 지구의 자전 등에는 관계없이 공간에 대해서 일정한 방향을 가리킨다. 이러한 성질을 회전관성 또는 방향 보지성이라고 한다.

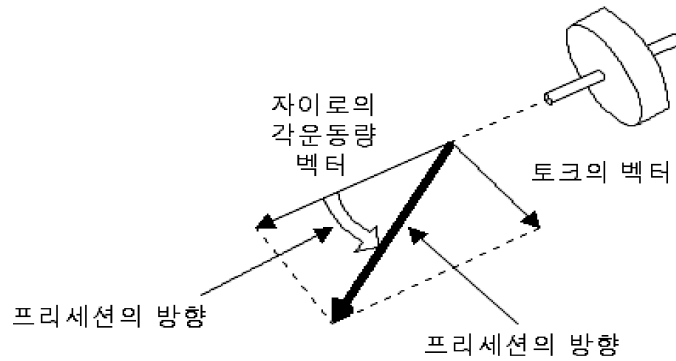


<그림 2-3> 자이로스코프

<Fig. 2-3> Gyroscope

(2) 프리세션

<그림 2-4>에 보인 것과 같이 자이로축의 한쪽 단을 무겁게 하면, 자이로축을 수평축 주위로 기울게 하는 힘(토크)이 작용한다. 그러면 자이로축은 그 힘의 방향으로 기울지 않고, 그 힘의 직각인 평면 내에서 축방향이 변화한다. 이러한 성질을 자이로스코픽 프리세션(gyroscopic precession; 세차운동)이라 한다.



<그림 2-4> 프리세션의 방향

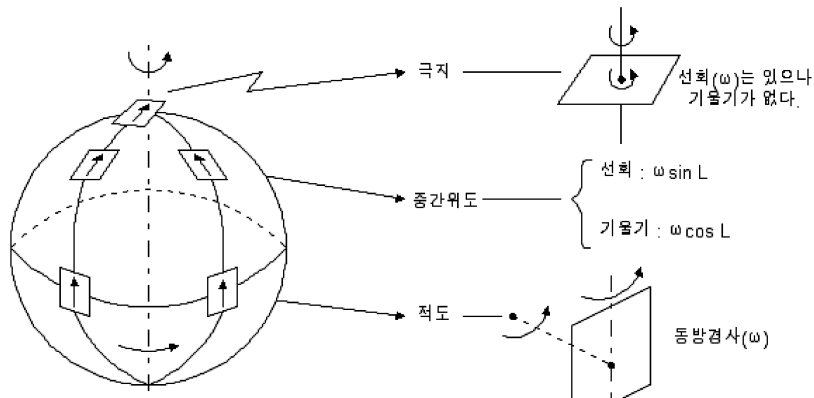
<Fig. 2-4> Direction of precession

2.2.2 지구의 자전에 의한 지반의 움직임

<그림 2-5>처럼 지구는 서쪽에서부터 동쪽으로 회전하고 있기 때문에, 지구상의 지반(그 땅의 수평면)은 그 위도에 대응하여 선회하기도 하고, 기울기도 한다.

북극점에서는 반시계 방향으로 지구자전의 각속도와 동일한 속도로 선회하고 있지만 기울기는 없다. 적도에서는 동쪽으로 기울어져 있지만, 선회는 없다. 중간 위도에서는 선회하면서도 회전한다. <표 2-1>에서 이것을 정리했다.

따라서, 지구상에서의 북이라고 하는 것은 적도를 제외하고는 절대공간에 대해서 변화하고 있는 것이다. 따라서 공간에 대해서는 일정한 방향을 가리키는 자이로콤파스만으로는 지구상의 북을 가리킬 수 없다.



<그림 2-5> 지구의 회전과 지반의 움직임

<Fig. 2-5> Rotation of the earth and Movement of the ground

<표 2-1> 지반의 움직임

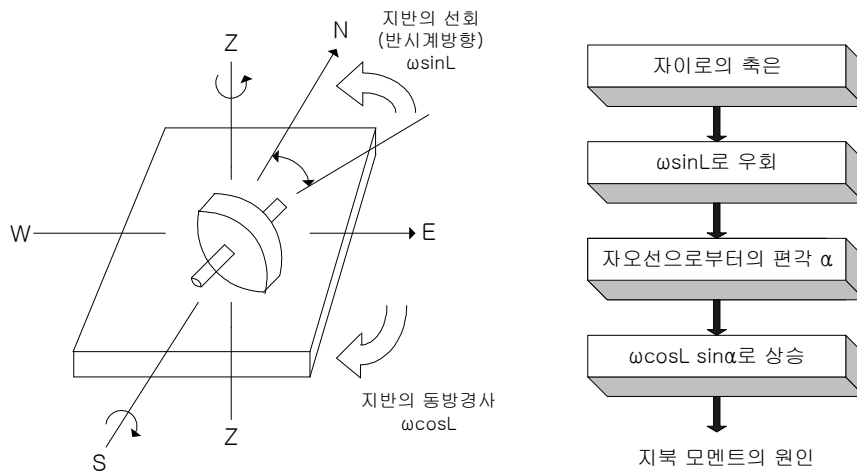
<Table 2-1> Movement of the ground

	지반의 회전	지반의 기울기	움직임
극지	ω	0	회전만 있음
중간	$\omega \sin L$	$\omega \cos L$	회전과 기울기
적도	0	ω	기울기만 있음

2.2.3 지반의 회전과 자이로축의 움직임

만약 적도에 대해서 자이로축을 수평으로 해서 동쪽으로 향하고, 자이로축을 회전시키면 지반은 동쪽 방향으로 경사져 있기 때문에, 자이로축은 상승하는 것처럼 된다. 그리고 그 축은 지구의 회전에 의해 6시간 후에는 수직으로 서게 된다. 그러나 최초의 자이로축을 자오선과 일치시켜 놓으면 지반이 회전해도 자오선을 가리키게 된다.

북반구의 중간위도에서 자이로축을 수평으로 해서 북으로 향하게 하면 <그림 2-6>에 보인 것처럼 지반은 $\omega \sin L$ 로 좌로 선회하기 때문에, 자이로축은 동쪽으로 기울어진다. 그 동편각(東偏角)을 α 라고 한다. 지반은 $\omega \cos L$ 로 동쪽으로 기울어져 있기 때문에, 자이로축의 N 단은 $\omega \cos L \sin \alpha$ 로 상승한다. 이것이 자이로콤파스의 지북력의 원동력으로 된다.

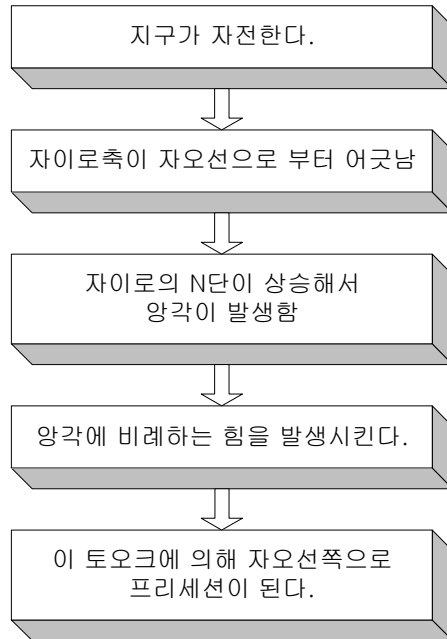


<그림 2-6> 중간위도(북반구)에서의 자이로 축의 움직임

<Fig. 2-6> Gyro axis movement in the northern hemisphere

2.2.4 지북작용

지구의 자전에 의해 자이로축의 지북단이 상승하고, 수평면에 대해서 솟은 각 β 를 발생할 경우, 이 β 에 비례하는 힘을 발생시키고, 이 힘에 의해 자이로축에 토크가 가해져 자이로축을 자오선의 방향에 프리세션시키는 것이 자이로콤파스의 지북원리이다. <그림 2-7>은 이 지북원리를 보이는 순서도이다^[5].



<그림 2-7> 자이로콤파스의 지북원리

<Fig. 2-7> The north principal of Gyrocompass

2.3 동적방식

자이로스코프(FOG)의 축을 N/S로 정렬하고 위도각 만큼 수평면에 경사지게 한 후 광섬유 감지루프가 지구 자전속도를 각 방향에서 측정할 수 있도록 수직축을 중심으로 일정속도로 FOG를 회전시키는 형태를 동적방식이라고 한다. <그림 2-8>은 동적방식의 자이로콤파스의 블록도이다.

이 방식은 FOG의 회전없이 여러개의 고정된 방위각에서의 FOG 출력을 이용하여 N/S을 유도하는 정적방식에 비해 bias drift(오차)가 큰 자이로 센서를 사용할 수 있는 장점이 있다.

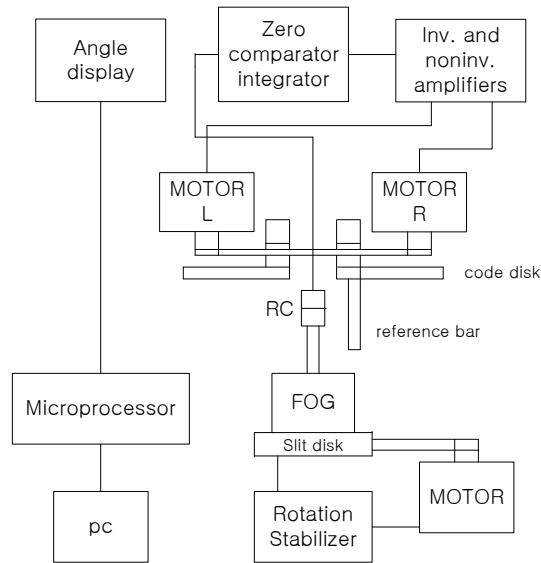
동적방식을 이용할 경우 FOG 센서를 회전시켜주는 회전 각속도가 일

정하지 않으면 출력신호의 모양은 고조파 성분을 갖는 정현파형이 되며, 출력신호의 영점은 서쪽지점과 동쪽지점에 따라 이동되어 진북추종오차(즉, 자이로콤파스의 오차)를 유발시키게 된다. 따라서 FOG 센서의 회전율을 안정시켜 고조파 성분으로 인한 불안정 요소를 감소시키는 것이 매우 중요하다.

이때 FOG의 출력은 $\Omega = \Omega_m \sin \theta$ 로 나타낼 수 있는데 여기 Ω_m 은 측정된 각속도 최대값, θ 는 광섬유 감지코일 루프의 방향을 나타낸다. 결과적으로 동적방식에 의한 방위 검출정도 $\Delta\theta$ 는 다음식으로 표현이 된다.

$$\Delta\theta = \frac{180 \Delta\Omega}{\pi \Omega_m \cos \theta}$$

여기서 $\Delta\Omega$ 는 FOG의 해상도를 나타낸다.



<그림 2-8> 자이로콤파스의 블록도

<Fig. 2-8> Block diagram of Gyrocompass

Sagnac 효과를 이용한 FOG는 가속도를 감시할 수 있는 회전센서의 일종으로 광섬유 자이로콤파스에 사용하기 위해서는 지구자전 각속도 ($15.014^\circ/\text{hr}$)까지 검출할 수 있는 고감도 및 저 drift 특성을 가져야 한다. 따라서 보다 정교한 방위검출정도를 유지하려면 보다 좋은 해상도를 갖는 FOG 센서를 선택하여야 한다^{[6],[7]}.

2.4 각도 검출 센서

2.4.1 싱크로와 레졸버의 개요

싱크로(Synchro)와 레졸버(Resolver)는 약 40여년 동안, 다양한 형태로 전기기계 서보 및 샤프트의 각도 위치제어 시스템에 이용되어져 왔다. 그러나, 전자회로와 적절한 인터페이스가 된 것은 지난 10여년에 불과하고, 이로써 싱크로와 레졸버는 디지털 샤프트 각도 측정과 위치제어의 핵심이 될 수 있었다

싱크로와 레졸버가 무엇인지, 그리고 다른 각도 변환기들과는 어떻게 비교 할 수 있는지 살펴보기로 한다^{[8],[9]}.

2.4.2 싱크로 센서

싱크로는 변환 장치의 하나로, 샤프트 각도 측정과 위치 제어 시스템에 연결되어 사용된다. 이러한 장치들 모두는 회전 변압기의 원리와 같다. 외형을 살펴보면, 소형 AC 모터와 유사하다.

<그림 2-9>는 Size가 11인 싱크로 모터 사진이다.

직경은 0.5인치(12.7mm)부터 3.7인치(94mm)까지 다양하며, 싱크로 본

체의 끝에는 터미널 단자가 나와 있다



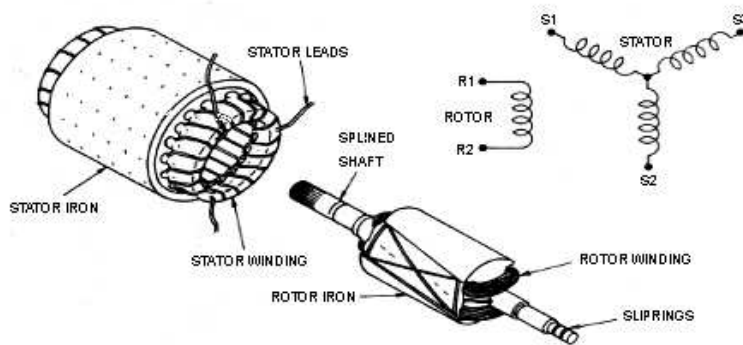
<그림 2-9> Size 11의 싱크로

<Fig. 2-9> Synchro of Size 11

싱크로의 크기는 외부 직경으로 나타내며, 1.062 인치는 10을 곱하면 10보다 크므로 그 다음 숫자에 해당하는 11로 표현하고, 2.250 인치의 외부 직경을 가진 싱크로는 23의 크기를 가진 것으로 나타낸다.

내부적으로는 거의 모든 싱크로들이 비슷하게 하나의 로터와 하나 혹은 세 개의 권선을 가지는 고정자를 가지고 있다. 이것은 싱크로 타입에 따라 달라지는 것이다.

<그림 2-10>에서 보는 바와 같이 회전자는 샤프트의 연장선상이며, 세 개의 고정자 권선은 120도 만큼 떨어진 구조로 되어 있다. 이것은 그림에서 각각 S_1 , S_2 , S_3 의 부분이며, 회전자로부터의 권선은 일반적으로 슬립링과 브러시를 통해 터미널 R_1 , R_2 로 연결된다. (단, 하나의 권선을 가지는 회전자의 경우이다).



<그림 2-10> 싱크로 컨트롤 트랜스미터의 내부 구조

<Fig. 2-10> The inside construction of Synchro control transmitter

일반적으로, 싱크로의 회전자 권선은 AC 전압에 의해 여기되는데, 이것을 기준 전압(reference voltage)이라 부르고, 보통 60Hz 또는 400Hz 주파수를 가진다. 고정자 권선에 유도된 전압은 회전자 코일축과 고정자 코일축 사이의 각도의 코사인에 비례하게 된다. 그리고 고정자 단자의 어떠한 쌍 간에 유도되는 전압은 두 코일의 전압의 위상에 따라 합 또는 차가 되어진다.

예를 들면, 만일 싱크로 트랜스미터의 회전자가 단자 R_1 과 R_2 에서 여기되고, 기준 전압은 $A \sin \omega t$ 이라면, 고정자 터미널 단자에는 다음의 전압이 나타날 것이다. 이들 전압은 싱크로 형태의 전압으로 알려져 있다.

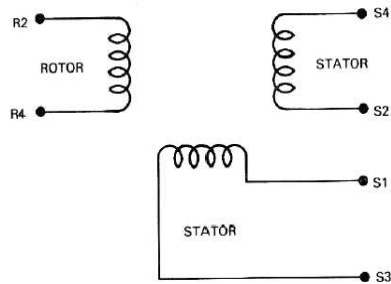
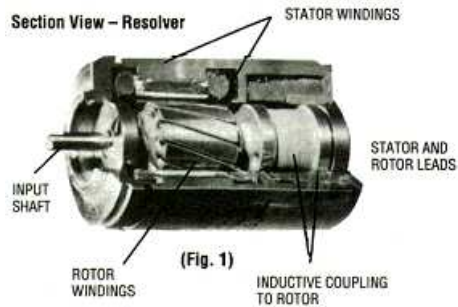
$$S_1 \text{과 } S_3 \text{간} = A \sin \omega t \sin \Theta$$

$$S_3 \text{과 } S_2 \text{간} = A \sin \omega t \sin(\Theta + 120^\circ)$$

$$S_2 \text{과 } S_1 \text{간} = A \sin \omega t \sin(\Theta + 240^\circ)$$

2.4.3 레졸버 센서

레졸버는 싱크로의 한 형태이다. 레졸버는 흔히 싱크로 레졸버라고 불리는데, 120°의 차이가 나는 싱크로와는 달리 90°의 차이로 권선이 배치되어 있다. 따라서, 레졸버는 샤프트 각도와 출력 전압의 사인곡선 (sinusoidal) 관계를 갖는다. <그림 2-11>에 레졸버의 외형과 그 전기적 표현을 나타내었다.



<그림 2-11> 레졸버의 외형

<Fig 2-11> The form of the resolver

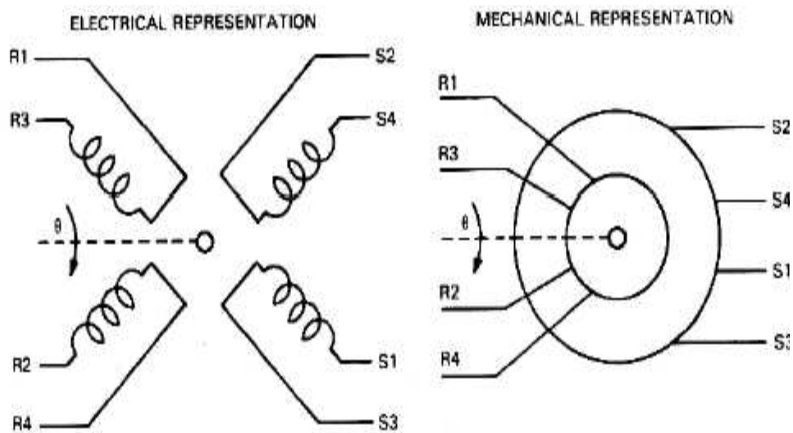
회전자에 $A \sin \omega t$ 의 전압을 인가하면, 고정자에는 다음의 전압이 나타난다.

$$S_1 \text{과 } S_3 \text{간} = V \sin \omega t \sin \Theta$$

$$S_4 \text{과 } S_2 \text{간} = V \sin \omega t \cos \Theta$$

여기서, Θ 는 레졸버 샤프트 각이다.

좀더 복잡한 레졸버는 두 개의 로터 권선을 90° 위치로 서로 두고, 90° 위치로 두 개의 고정자를 두는 <그림 2-12>와 같은 것도 있다.



<그림 2-12> 두개의 회전자 권선을 가지는 레졸버

<Fig. 2-12> Two-rotor winding resolver

2.5 해상전자 장비 접속규격

미국해상전자협회(NMEA)는 해양전자산업의 발달 및 교육, 판매시장에 공헌하고 있으며, 비영리 단체로서 제조업자, 공급자, 교육기관, 해양 장비에 관심있는 사람들로 구성되어 있다.

또한, 해양 기자재들 간의 통신을 위한 전기적인 인터페이스 및 프로토콜로 규정되어져 있다^{[10],[11]}.

2.5.1 전기적인 인터페이스

NMEA 표준은 하나의 회로상에서 하나의 Talker와 다수 Listeners로 이루어져 있다.

추천되는 상호연결선법은 실드 되어 꼬여진 두 가닥의 선을 이용하는 것이고, Talker쪽만 실드를 접지한다. 이때, 커넥터의 종류는 무관하다.

NMEA-0180과 NMEA-0182 표준의 송신측 출력은 RS-232 또는 TTL(Transistor and Transistor Logic) 버퍼로부터 4V에서 10mA로 출력이 되며, 단일회로는 680Ω의 저항에 12V의 오픈 컬렉터 TTL 버퍼로 나타낸다. 그리고 5.7V 이상의 전압에 대해서는 다이오드가 출력을 제한한다.

NMEA-0183은 송신측 출력 RS-422로 출력이 되며, 이것은 두 개의 다른 신호라인(A, B)을 가지고 있다. A 라인에서의 전압은 이전의 TTL 단일선과 같으나, B 라인에서의 전압은 반전이 된다.(A 라인이 +5V이면, B 라인은 접지가 된다)

모든 경우에 수신기 회로는 회로를 보호하는 광-분리기를 사용하며,

그리고 입력은 수신기의 접지로부터 분리시켜야 한다. 특별한 경우에, 단일선은 RS-422의 A 라인을 컴퓨터의 RS-232 입력에 직접 연결 할 수도 있다.

2.5.2 NMEA-0180과 NMEA-0182

NMEA-0180과 NMEA-0182는 아주 제한적이며, 로란-C 또는 오토파일럿에서의 통신을 할때만 사용되어진다. NMEA-0180과 NMEA-0182의 차이점은 단순 데이터 포맷인가 아니면 복합 데이터 포맷인가 하는 차이점이다.

(1) 단순 데이터 포맷

<표 2-2>는 단순 데이터 포맷을 보여주고 있다.

단순 데이터 포맷의 전송속도는 1200보오(baud)이며, 홀수 패리티를 포함을 하며, 0.8에서 5초 간격으로 데이터를 전송을 한다.

비트 0에서 비트 5까지는 크로스 트랙 에러를 나타내며, 비트 6에서의 값이 1이면 데이터가 유효함을 나타내는 것이고, 비트 7에서의 값 0은 단순 데이터 포맷을 나타내는 것이다.

<표 2-2> 단순 데이터 포맷

<Table 2-2> Simple data format

비트	0	1	2	3	4	5	6	7
값	cross-track error						1	0
설명	크로스 트랙 에러						데이터 유효성	단순 데이터

(2) 복합 데이터 포맷

<표 2-3>은 복합 데이터 포맷을 나타내고 있다.

복합 데이터 포맷은 아스키코드로 나타내어진 크로스 트랙 에러와 방위각, 현재의 위도/경도 및 2진 상태 바이트로 구성된 37바이트의 데이터 블록으로 이루어져 있다.

데이터 블록은 2에서 8초의 간격으로 전송을 하며, 복합 데이터 포맷에서의 모든 바이트는 비트 7의 값이 1로써 단순 데이터 포맷형식과 구별이 되어진다. 그리고 단순 데이터와 복합 데이터를 동시에 전송이 가능하며, 복합 데이터 블록 중간에 단순 데이터를 삽입도 가능하다.

<표 2-3> 복합 데이터 포맷

<Table 2-3> Complex data format

Byte	Data	설명
1	\$	시작
2	M	장치
3	P	주소
4	K = kilometres N = nautical miles U = microseconds	크로스 트랙 에러 단위
5 - 8	0 - 9	크로스 트랙 에러 값
9	L or R	크로tm 트랙 에러 위치
10	T or M	진방위 또는 자기방위
11 - 13	0 - 9	다음 진로에 대한 방위
14 - 23	12D34'56"N or 12D34.56'N	현재의 위도
24 - 34	123D45'56"W or 123D45.67"W	현재의 경도
35	non-ASCII status byte	
	bit 0 = 1	수동 싸이클 잠금
	bit 1 = 1	저 SNR
	bit 2 = 1	싸이클 점프
	bit 3 = 1	감빡임
	bit 4 = 1	도착경보
	bit 5 = 1	TDs의 불연속
36	"NUL"(hex80)	
37	"ETX"(hex83)	

2.5.3 NMEA-0183

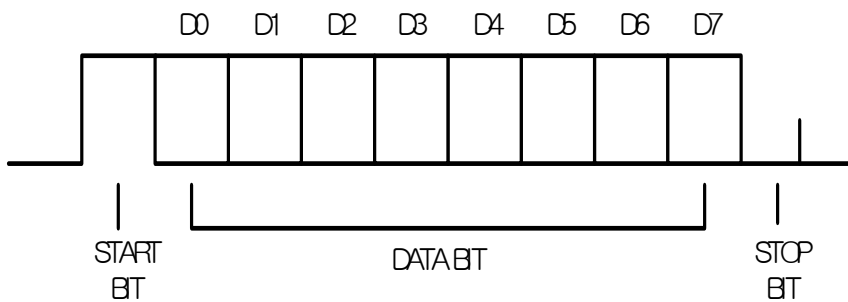
(1) 데이터 전송

NMEA-0183에서의 데이터는 미국국립표준협회(ANSI : American National Standards Institute) 표준에 따라서 직렬 비동기 방식으로 전송을 한다.

아래 <그림 2-13>에 나타난 것처럼 첫 번째 비트는 시작 비트이며, 다음에 따라오는 비트는 데이터 비트이며, 마지막 비트는 정지 비트로 이루어져 있다.

사용되어지는 파라미터 :

Baud rate(전송속도)	4800
Data bits(데이터 비트)	8(d7 = 0)
Parity(패리티)	None
Stop bits(정지 비트)	One



<그림 2-13> 데이터 전송

<Fig. 2-13> Data transmission

(2) NMEA-0183의 송·수신측 회로

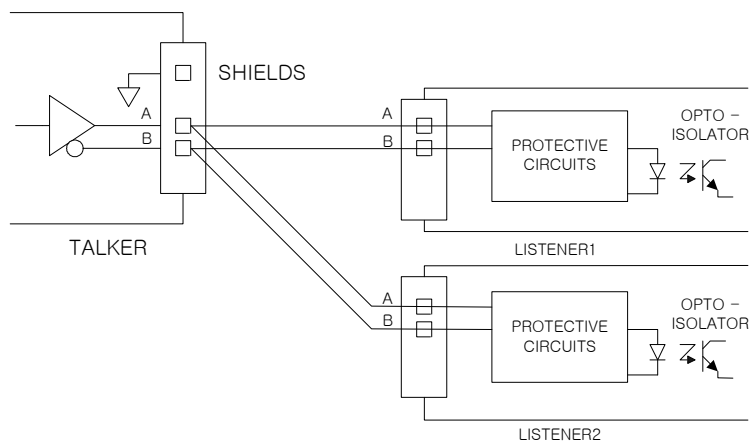
① 송신측 회로

버스(BUS)에 접속하는 하나 이상의 송신측에 대한 조항은 없다. 송신측 회로에서 신호 A와 리턴 신호 B는 최단시간에 교차를 하며, 이것은 RS-422의 필요조건이다(CCITT X.27/V.11).

② 수신측 회로

다수의 수신측은 하나의 송신측과 접속을 할 수가 있으며 수신측 회로는 광-분리기와 전류를 제한하는 보호 회로기와 역바이어스 그리고 전원을 분리시키는 광-다이오드로 구성이 되어 있다.

<그림 2-14>는 NMEA-0183 송·수신기 회로를 보여주고 있다.



<그림 2-14> 송·수신측 회로

<Fig. 2-14> Transmitter-receiver circuit

송신측 회로는 최소한 입력 전압이 2V이어야 하며, 전압은 이 신호 라인으로부터 2.0mA 보다는 작아야 한다.

이 회로는 -15V에서 +0.5V 범위에서의 논리회로가 “1”이면 OFF 또는 STOP BIT를 의미하는 것이며, 4V에서 +15V 범위에서는 적어도 15mA가 발생하는 동안에 논리회로가 “0”이면 ON 또는 START BIT로 정의가 된다.

(3) 일반적인 문장 포맷

NMEA-0183 표준은 아스키코드의 모든 문자를 사용하며, NMEA-0183 데이터는 4800보오(baud)로 전송이 된다.

데이터는 문장형태로 전송이 되며, 각 문장은 “\$”로 시작을 하며, 송신자 ID를 나타내는 두 개의 문자와 문자 3개로 표현이 되는 데이터 ID, 콤마로 구분된 데이터 필드가 따라오며 추가적으로 검사합(checksum)과 캐리지 리턴/라인피드로 종결이 되며, 한 문장은 “\$”와 CR/LF를 포함해서 82개의 문자로 구성되어 있다.

<표 2-4>는 일반적으로 사용하는 송신측 ID를 나열한 것이다.

<표 2-4 > 일반적인 송신측 ID

<Table 2-4> General transmission ID

송신측 ID	설 명
GP(Global Position System receiver)	세계측위시스템 수신기
LC(Loran-C receiver)	로란-C 수신기
OM(Omega Navigation receiver)	오메가 항행 수신기
II(Integrated Instrumentation)	통합기구

만약에 필드의 데이터가 유효하지 않으면 해당 필드를 생략하거나
 콤마로 범위를 정하여 전송을 하며, 이때 문자 사이에 빈 공간은 없어야
 한다.

검사합(checksum)은 "*"와 두 자의 16진수로 이뤄지는데, "\$"와 "*"를
 포함하지 않는 모든 글자의 exclusive-or의 결과이다.

다음은 일반적인 NMEA-0183 출력의 예이다.

\$HCHDG, 237.0, 01.5, W, 04, W

\$	<u>HC</u>	<u>HDG,</u>	<u>237.0, 01.5, W, 04, W</u>	<u>CLRF</u>
헤더	송신측 ID	데이터 ID	데이터	종단

<그림 2-15> NMEA-0183 출력형식

<Fig. 2-15> NMEA-0183 Output format

(4) 문장분석의 예

① 표준문장

송신측은 일반적으로 각 기기의 업데이트 속도에 맞게 정해진 간격으로 문자 그룹을 전송하나 대개 1초를 넘지 않는다.

"*" 뒤의 문자는 검사합(checksum)을 나타내며 이는 대부분의 문자에 추가적이며 표준에 따른다. <표 2-5>에서 표준 문장 포맷을 소개 하였다.

<표 2-5> 표준 문장 포맷

<Table 2-5> Standard sentence format

표준문장	설 명
APB	오토파일럿 형식 B
BOD	방위각 - 목적기 항행지점에 대한 실제값
BWC	항행지점에 대한 방위각과 거리 - 대형 원주
BWR	항행지점에 대한 방위각과 거리 - 항정선
DBT	방향값이 변환기
GGA	세계측위시스템 고정 데이터
GLL	지리적 위치, 위도와 경도
GSA	GPS DOP와 능동 위성
GSV	시계 내의 위성
HDM	방향, 자기
HSC	조타에 대한 방향 명령
MTW	해수 온도
ROO	현재 유효한 경로에서의 항행지점 ID 리스트
RMB	권고된 최소 항행 정보
RMC	권고된 최소 특수 GPS/Transit 데이터
RTE	유효한 경로에서의 항행지점
VHW	해수의 속도와 방향
VWR	관련된 바람의 방향과 속도
VTG	최적항로설정 그리고 그라운드 속도
WCV	항행지점 종단 속도
WPL	항행지점 위치
WDC	항행지점에 대한 거리
WDR	항행지점 거리, 항정선
XTE	크로스-트랙 에러, 측정값
XTR	크로스-트랙 에러 - 필요 없는 값 계산

예)

APB - 오토파일럿 형식 B

APB, A, A, 0.10, R, N, V, V, 011, DEST, 011, M, 011, M

A	로란-C blink/SNR 경고
A	로란-C 사이클 경고
0.10	크로스-트랙 에러 거리
R	키 오른쪽(L : 왼쪽)
N	크로스-트랙 에러 단위 - 해리
V	도착 경고 - 원주
V	도착 경고 - 수직선
011, M	자기 방위각, 목적지에 대한 실제
DEST	목적지 지점 ID
011, M	자기 방위각, 목적지에 대한 위치
011, M	조타 자기 방향

BWC - 진로에 대한 방위각과 거리

BWC, 225444, 4917.24, N, 12309.57, W, 051.9, T, 031.6, M, 001.3, 004*29

225444	22 : 54 : 44 UTC에 대한 고정값
4917.24, N	지점의 위도
12309.57, W	지점의 경도
051.9, T	지점의 방위각, 실제 각도
031.6, M	지점의 방위각, 자기 각도
001.3 N	지점에 대한 거리, 해도
004	지점 ID
*29	체크섬

GGA - 세계측위시스템 고정 데이터

GGA, 123519, 4807.038, N, 01131.324, E, 1, 08, 0.9, 545.4, M, 46.9, M, *42

123519	12 : 35 : 19 UTC에 대한 고정값
4807.038, N	위도 48. 17.038' N
01131.324, E	경도 11. 31.324' E
1	고정값 0 = 사용불가, 1 = GPS 고정, 2 = DGPS 고정
08	위성궤도의 수
0.9	위치의 수평도
545.4, M	고도, 미터, 해수면 평균 이상
46.9, M	지오이드(평균해수면)의 높이
(공란)	최근 DGPS 업데이트의 초단위 시간
(공란)	DGPS국 ID번호

WPL - 항행지점 위치

WPL, 4917.16, N, 12310.64, W, 003*65

4917.16, N	항행지점의 위도
12310.64, W	항행지점의 경도
003	항행지점의 ID
*65	체크섬

② 독자적인 문장

제조업자들이 독점적으로 문장을 만드는 것을 허용하는데, 독자적인 문장은 GPS로부터의 출력이 될 수도 있고, 제어정보를 지닌 입력으로도 사용될 수 있다. 이 경우의 형식은 다음과 같다. "\$P"로 시작하고, 3글자의 제조자 ID, 제조자 데이터, 그리고 일반적인 문장의 형식으로 구성이 되며, 'M' 또는 'Z'는 특수문장 형식을 나타낸다.

\$PGRME, 15.0, M, 450., M, 25.0, M*22

GRME	Garmin의 제조회사 코드
15.0, M	미터단위로 평가된 수평위치 에러
450., M	미터단위로 평가된 수직위치 에러
25.0, M	전체 구형 위치 에러

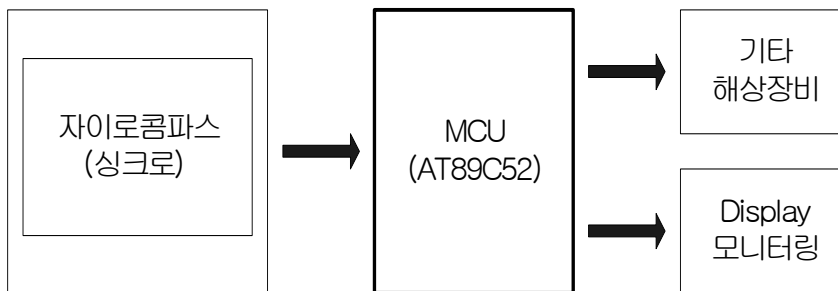
\$PGRMZ, 93, f, 3*21

93, f	피트 단위의 고도
3	고정 단위 위치 : 2 = 사용자 고도, 3 = GPS 고도

제 3 장 NMEA 변환기 시스템의 설계 및 구현

본 장에서는 제 2 장에서 분석·정리된 내용으로 NMEA 변환기 시스템을 구현 하고자 한다. 개발하고자 하는 시스템은 ATMEL사의 AT89C52을 마이크로컨트롤러(MCU ; Micro Controller Unit)로 하며 자이로콤파스, 싱크로에서 출력된 방위정보는 아날로그 신호이기 때문에 A/D 변환기를 사용한다. 디지털 신호로 변환시킨 후 제안된 시스템에서 NMEA-0183 데이터 포맷으로 변환하여 기타 해상장비와의 인터페이스 또는 디스플레이 하도록 하였다.

본 시스템의 기본 구성도는 <그림 3-1>과 같다.



<그림 3-1> 시스템의 개요

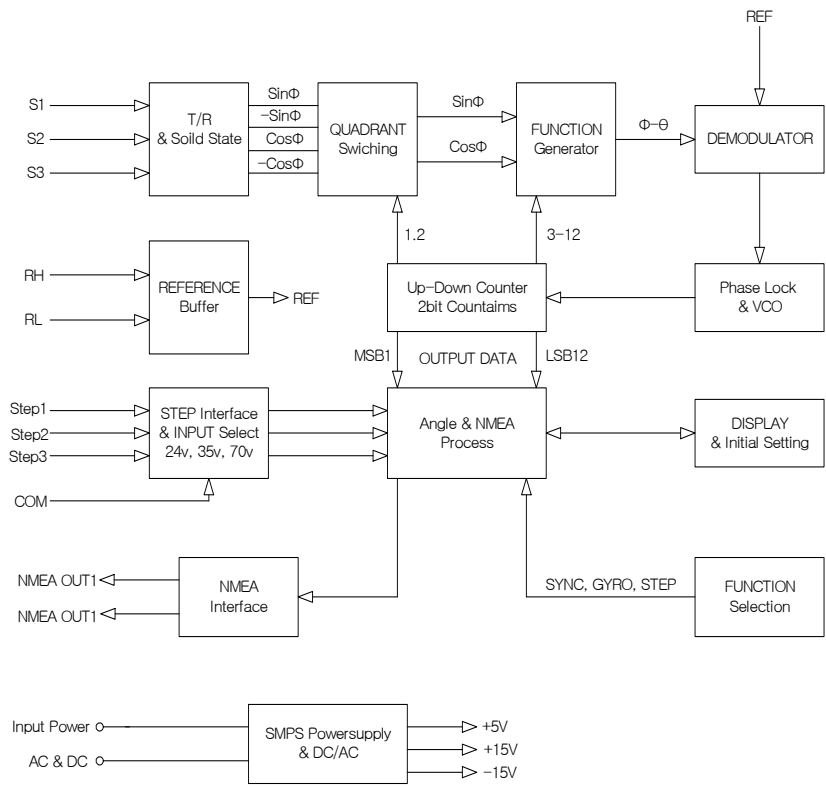
<Fig. 3-1> Introduction of System

3.1 시스템의 분석 및 회로의 구성

3.1.1 회로의 구성

<그림 3-2>는 평가회로도 블록 다이어그램을 나타낸 것이다. 자이로

컴파스에서 출력된 신호인 싱크로 신호(1X, 36X, 90X, 180X, 360X), 6-스텝신호가 입력신호가 된다. 그러므로 입력신호에 따른 댁 스위치의 설정에 따라 입력신호가 달라지게 구성을 했다. 싱크로 입력신호인 S1, S2, S3는 아날로그 신호이기 때문에 A/D 변환기인 SDC1700을 사용하여 디지털 신호로 변환을 하였다.



<그림 3-2> 평가회로의 블록도

<Fig. 3-2> Block diagram of evaluation circuit

만약에 레졸버 센서를 사용한 입력신호라면 S1, S2, S3, 그리고 S4까지 연결이 되며, 제 2 장에 각도센서 부분에 레졸버에 관한 부분을 설명하였다.

입력전압에 있어서 AC 전압은 24V에서 240V까지 설정을 하였고, DC 전압은 35V이상으로 설정을 하였으며, 싱크로 디지털 변환기는 싱크로 입력신호(ϕ)와 디지털 피드백 신호(θ)와의 비교에 의해서 입력신호가 결정이 되며 입력신호와 피드백 신호가 차이가 있으면 입력신호는 0이 된다.

전력소비를 효과적으로 줄여주기 위해서 T/R & solid state 자동제어 장치를 사용하였으며 Quadrant Switching을 사용하여 4개의 신호를 스위칭 하여 FUNCTION Generator을 연결을 하면 삼각함수 계산법에 의해서 ϕ - θ 신호를 발생시키게 된다. 이 신호가 복조기를 통해서 본래의 신호를 추출하며 전압제어 발진기를 연결시켜 외부에서 인가된 전압으로 원하는 발진주파수를 출력해주며 2비트 Up-Down Counter와 연결을 시켜 적분기 기능을 수행하고 비트올 및 비트환산에 대한 것은 Tracking PLL Loop를 사용을 하였다. 마지막으로 이렇게 신호처리가 된 것을 Angle & NMEA 프로세싱을 해서 NMEA-0183 포맷으로 보여주도록 설계를 하였다^[16].

6-스텝신호는 24V, 35V, 70V의 3가지 전압을 가지고 있으므로 이 중에 선택하여 입력신호를 설정을 하면, Angle & NMEA 프로세싱을 해서 디스플레이를 보여주든지 아니면 기타 해상통신장비와 인터페이스가 되도록 하였다. 기준 입력신호는 싱크로 신호와 스텝신호가 입력신호로 들어올 때 방위를 보정하기 위해 사용되어지는 기준신호이며, 기준전압의 범위는 24V에서 240V이며, SMPS Power Supply를 사용하여 외부로부터 공급되는 전기를 각종 전기 기기에 맞도록 변환시켜 주었다.

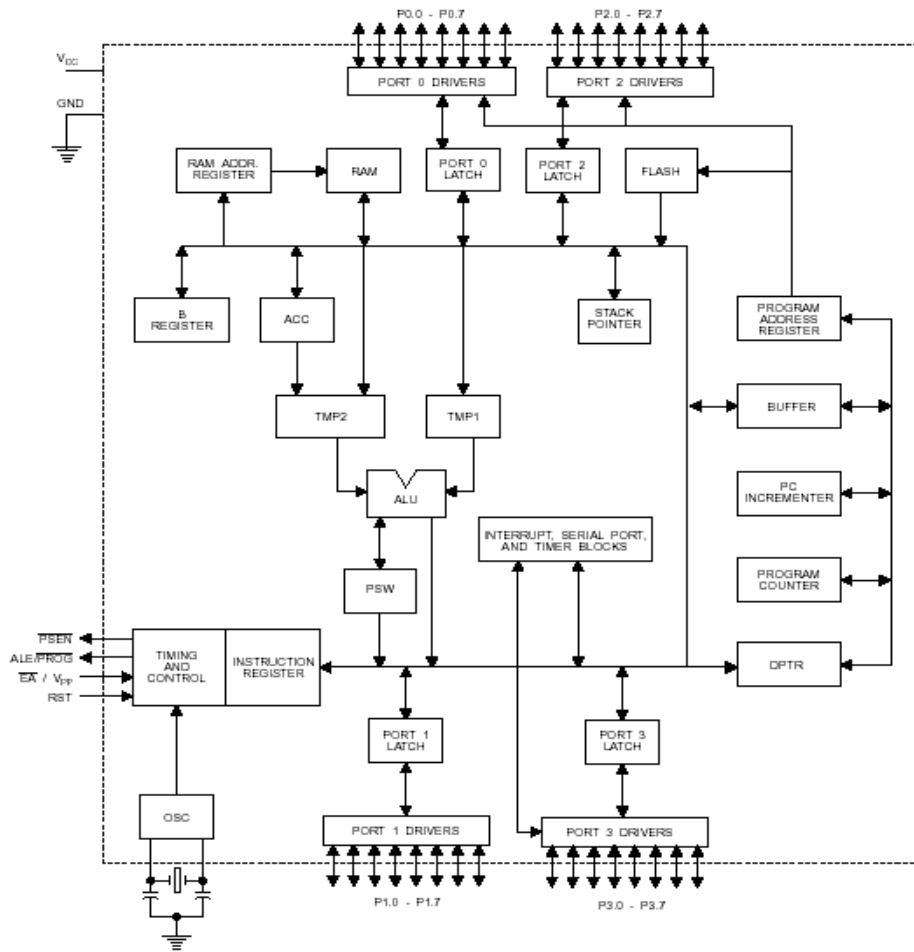
이렇게 해서 출력된 NMEA-0183 데이터 포맷은 RS-422 통신으로 기타 해상통신장비와의 인터페이스를 가능하게 해주도록 하였다.

3.1.2 AT89C52의 분석

(1) ATMEL의 AT89C52의 특징

AT89C52는 내부에 플래시 메모리와 EEPROM을 가지고 있는 저전압 고기능의 CMOS 8비트 마이크로프로세서이다.

<그림 3-4>는 ATMEL의 AT89C52의 내부 다이어그램 이다.



<그림 3-4> ATMEL AT89C52의 내부 다이어그램

<Fig. 3-4> Internal diagram of ATMEL AT89C52

이 마이크로프로세서는 아트멜(ATMEL)의 고밀도 비휘발성 메모리 기술을 사용하여 만들어졌고, 산업현장에 많이 사용하는 MCS-51의 명령세트와 완전하게 호환이 된다.

단순한 원칩 프로세서 플래시 타입의 프로그램 메모리를 조합 함으로써 AT89C52은 많은 임베디드 제어 응용을 위해서 높은 유용성과 가격 효과를 제공하는 강력한 마이크로프로세서이다^{[12],[13]}.

다음은 ATMEL AT89C52의 특징을 설명한 것이다.

- Compatible with MCS-51TM Products
- 8 Kbyte of in-System Reprogrammable Flash Memory
(Endurance : 1,000 Write/Erase Cycles)
- Full Static Operation : 0Hz to 24MHz
- Three-Level Program Memory Lock
- 256×8-Bit Internal RAM
- 32 Programmable Serial Channel
- Three 16-Bit Timer/Counter
- Eight Interrupt Sources
- Programmable Serial
- Low Power Idle and Power Down Modes

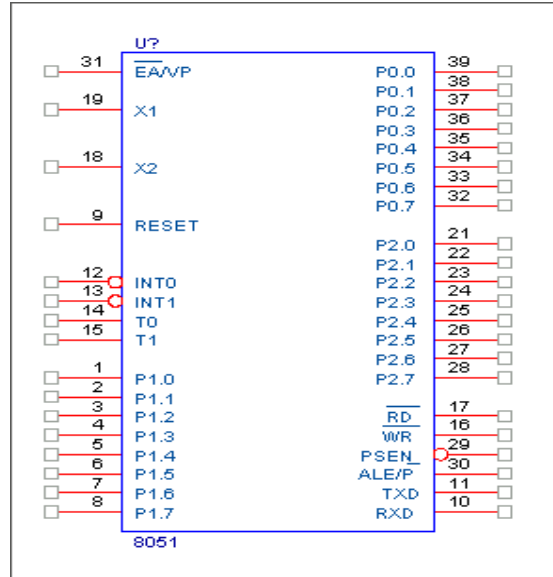
(2) AT89C52 핀의 기능 및 구조

AT89C52는 32개의 입출력 단자를 가지며 한 바이트(8비트)씩 묶여서 총 4바이트로 구성이 된다.

입출력 단자는 PORT0, PORT1, PORT2, PORT3로 구성이 되어 있으며, 디지털 소자이므로 2개의 전원 단자와 크리스탈을 연결하는 XTAL1, XTAL2 단자가 존재한다. 31번 단자인 /EA 단자는 Vcc에 연

결하여 사용을 하며, 9번 단자는 칩을 리셋시키는 단자로 리셋 스위치와 저항, 콘덴서를 사용하여 만든다.

<그림 3-5>는 ATMEL사의 AT89C52 핀 다이어그램이다.



<그림 3-5> AT89C52의 핀 다이어그램

<Fig. 3-5> Pin diagram of AT89C52

AT89C52을 구동하기 위해서는 40번인 Vcc에 5V를 연결하고 20번 핀인 GND에 0V를 연결하고 XTAL1에 24MHz까지의 클럭을 공급한 뒤 31번 단자를 Vcc에 연결하고, 9번인 RST핀을 5V로 잠깐 올렸다가 0V로 내리면 프로세서는 동작하기 시작한다.

참고로 크리스탈은 22.1184MHz의 공진 주파수를 가지는 소자를 사용하며, 크리스탈에 연결하는 두 콘덴서는 20pF의 세라믹 콘덴서를 사용하면 된다^{[14],[15]}.

다음의 <표 3-1>은 AT89C52 핀 기능을 간단하게 설명한 것이다.

<표 3-1> AT89C52 핀 기능

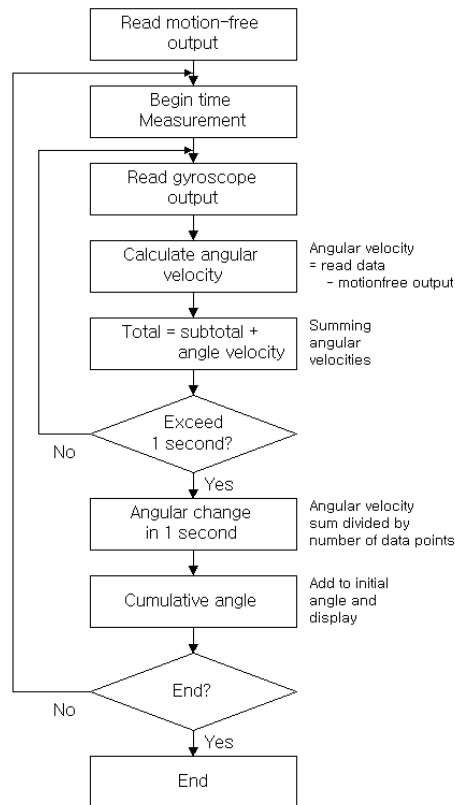
<Table 3-1> AT89C52 pin function

NUM	기능	설 명
1~8	P1.0~P1.7	범용 I/O 포트로 사용된다. 내부에 풀업저항이 있기 때문에 범용 I/O 포트로 사용할 경우에 외부에서 풀업저항을 연결하지 않아도 된다.
9	RESET	프로그램을 처음으로 돌려 놓고 싶을 때 사용하는 것으로 보통 스위치에 물려서 사용을 한다.
10	RXD	시리얼 통신에서 사용되는 핀으로 외부에서 수신 데이터를 입력 받을 때 사용된다.
11	TXD	시리얼 통신에서 사용되는 핀으로 외부에서 송신 데이터를 입력 받을 때 사용된다.
12	/INT0	외부 인터럽트0 핀으로 외부에서의 신호발생을 CPU에 전달한다.
13	/INT1	/INT0 와 같은 기능을 한다.
14	T0	time0 핀으로 외부에서 들어온 X1, X2 클럭을 카운터하고 시간을 계산을 하는 역할을 한다.
15	T1	time0 핀과 같은 기능을 가지고 있다.
16	/WR	외부 데이터 메모리 쓰기 제어 신호
17	/RD	외부 데이터 메모리 읽기 제어 신호
18	X2(XTAL2)	외부에서 발생한 클럭을 CPU에 전달하는 핀으로 OSC를 사용할 경우에는 사용하지 않는다.(출력)
19	X1(XTAL1)	위와 같은 기능의 핀으로 OSC를 사용할 경우 입력 단으로 사용된다.(입력)
20	GND	접지 단자
21~28	P2.0~P2.7	외부에 메모리를 연결해서 사용할 수도 있고 단독으로도 사용가능하다.
29	/PSEN	외부 프로그램 메모리에서 데이터를 읽을 때 리드 신호가 된다.
30	ALE,/P	외부 메모리가 인터페이스가 되어 있는 경우, P0는 어드레스 버스겸 데이터 버스로 사용된다.
31	/EA,VP	외부 메모리를 사용할 것인가 내부 메모리를 사용할 것인가를 결정하는 핀
32	P0.0~P0.7	P0 포트는 데이터와 어드레스를 공통으로 사용할 수 있는 포트이고 내부에 풀업저항이 없기 때문에 데이터 버스로만 사용할 경우 103어레이 저항을 달아서 사용한다.
40	Vcc	+5V 입력

3.2 신호처리 알고리즘

3.2.1 자이로 콤파스의 방위

자이로스코프는 회전을 감지하여 회전 각속도를 출력하여 내어주는 센서의 일종이다. 회전 각속도를 시간에 따라 누적 적분하면 회전각을 얻을 수 있는데, 이렇게 함으로써 이동체의 회전각도를 측정하는데 이용할 수 있다. <그림 3-6>는 회전각을 산출하는 알고리즘을 나타내고 있다.



<그림 3-6> 회전각 산출 알고리즘

<Fig. 3-6> Flow chart for angle measurement

<표 3-2>는 임의의 한 방위에 대한 평균 및 분산을 나타낸 것이다.

<표 3-2> 임의의 한 방위에 대한 평균 및 분산

<Table 3-2> Average and dispersion of optional one direction

Row	X	Y	Z	Row	X	Y	Z
1	1	335.7	137.729	24	24	311.76	0.1152
2	2	315.72	5.6448	25	25	311.904	0.1498
3	3	312.552	0.0806	26	26	311.292	0.0878
4	4	311.832	0.0518	27	27	311.22	0.1512
5	5	312.192	0.1382	28	28	312.588	0.1166
6	6	312.192	0.3398	29	29	312.084	0.1858
7	7	311.832	0.1382	30	30	311.508	0.1166
8	8	312.3	0.036	31	31	311.904	0.2074
9	9	312.048	0.0806	32	32	311.616	0.0634
10	10	312.192	0.1382	33	33	311.328	0.167
11	11	313.128	0.1094	34	34	310.5	0.1244
12	12	312.372	0.635	35	35	310.5	0.036
13	13	312.372	0.4046	36	36	310.392	0.4262
14	14	314.172	0.0302	37	37	310.392	0.203
15	15	312.84	0.5472	38	38	311.4	0.1152
16	16	311.364	0.1282	39	39	310.86	0.1512
17	17	312.228	0.2606	40	40	310.86	0.4608
18	18	312.876	0.0418	41	41	311.112	0.0806
19	19	312.48	0.3456	42	42	311.616	0.265
20	20	312.732	0.2894	43	43	310.788	0.3182
21	21	311.652	0.0302	44	44	310.716	0.0418
22	22	312.968	0.1671	45	45	310.896	0.5241
23	23	312.192	0.3686	46	46	309.708	0.0302

두 축인(X축, Y축)의 광섬유 자이로스코프는 선박의 운동 정보(롤링, 피치각)를 제공하고, 다른 한 축인 Z축의 광섬유 자이로스코프는 적분 각도를 디스플레이 하도록 나타내어 진다.

최대 Roll 입력 각도 : $\pm 35^\circ$

최대 Pitch 입력 각도 : $\pm 40^\circ$

최대 Roll 입력 각속도 : $\pm 40^\circ/\text{sec}$

최대 Roll 입력 각속도 : $\pm 40^\circ/\text{sec}$

방위검출정도 : RMS 1° (3가지 모드)

<표 3-3> 45° 회전시의 광섬유 자이로콤파스 방위출력 데이터

<Table 3-3> Gyro-compass a direction output data of 45° rotation

Row	X	Y	Z	Row	X	Y	Z
1	1	318.888	340.698	18	18	109.98	0.612
2	2	291.492	7.8927	19	19	109.08	0.0864
3	3	287.352	0.4838	20	20	106.128	121.012
4	4	287.316	0.2434	21	21	71.136	178.047
5	5	283.5	48.9384	22	22	72.54	6.6024
6	6	255.204	48.3107	23	23	68.832	0.4262
7	7	245.88	0.2304	24	24	69.192	0.5126
8	8	246.204	0.1858	25	25	62.892	258.827
9	9	221.436	693.575	26	26	27.792	21.7382
10	10	201.96	0.5184	27	27	20.448	0.8006
11	11	203.58	0.1512	28	28	27.216	149.103
12	12	203.94	0.1224	29	29	337.392	1.3479
13	13	177.192	374.279	30	30	335.052	0.1454
14	14	161.424	0.3802	31	31	328.32	130.694
15	15	161.604	0.7618	32	32	296.82	14.4936
16	16	145.224	202.585	33	33	291.708	0.635
17	17	114.372	10.1966	34	34	290.124	0.0418

<표 3-3>과 <표 3-4>는 광섬유 자이로콤파스의 출력 방위각과 그 다음 출력 간의 변화량(deviation)을 나타낸 것이다. 변화량이 각각 45° 되면 가장 이상적이라 할 수 있다. 여기서는 변화량이 최소 40.248° 에서

최대 52.344°까지 다양하게 나왔다. 최대값, 최소값을 제외한 나머지 6개의 데이터에 대한 평균 변화량을 계산하면 44.103°로 양호한 값을 얻었다^[5].

<표 3-4> 광섬유 자이로컴파스의 출력 방위각 간의 변화량

<Table 3-4> Output angle a direction deviation of Gyrocompass

Reference	360°	315°	270°	225°	180°	135°	90°	45°	0°
Mean	287.316	246.204	203.94	161.424	109.08	68.832	20.446	335.052	290.124
Variation	0.2434	0.1858	0.1224	0.3802	0.0864	0.4262	0.8006	0.1454	0.0418
Deviation	0	41.1112	42.264	42.536	52.344	40.248	48.386	45.394	44.928

3.2.2 처리된 데이터의 출력

NMEA 출력 메시지는 10Hz(100ms)마다 발생하는 인터럽트를 통하여 수행되며, 프로그램은 2Hz(500ms)의 주기로 동작한다. 따라서 인터럽트가 1번째, 2번째, 3번째 발생했을 때에는 아무런 동작을 하지 않으며, 4번째 인터럽트 발생시 첫 번째 메시지를 송신하며, 5번째 발생시에는 두 번째 메시지를 송신하도록 하였다.

그리고 NMEA 출력 메시지는 시리얼 인터럽트에 의해 자동으로 메시지가 송신되는 것이 아니라 인터럽트 안에서 한 바이트씩 직접 시리얼 포트를 체크하면서 송신하므로 이 때에는 아무런 동작도 하지 않는다.

출력 메시지의 형태는 원하는 NMEA-0183 형식에 따라 달라질 수 있으며 이는 프로그램적으로 수정이 가능하다. 본 논문에서는 방위각, 자차 및 편차의 정보를 전달하는 HDG(Heading Deviation Variation) 표준 문장 형식과 방위각, 선수방위각 정보를 전달하는 HDT(Heading Ture) 표

준 문장 형식으로 NMEA 출력을 나타내었다.

<그림 3-7>은 NMEA 출력 처리 루틴을 나타낸 것이다.

```
void NMEA_HEHDG(void)
{
    int ki, kf;
    int di, df;
    int vi, vf;
    char ds, vc;

    ki = (int)(deg_w);
    kf = (int)(deg_w*10)%10;
    di = (int)(deviation_didf);
    df = (int)(deviation_didf*10)%10;
    vi = (int)(CF[0]);
    vf = (int)(CF[0]*10)%10;

    sprintf(out1, "$HEHDG, %d.%d,%d.%d,%c,%d.%d,%c*00\r\n",
    ki,kf, di, df, dc, vi, vf, vc);
    sprintf(out2, "$HEHDG, %d.%d,%d.%d,%c,%d.%d,%c*00\r\n",
    ki,kf, di, df, dc, vi, vf, vc);
}

void NMEA_HEHDT(void)
{
    int ki, kf, ki1, ki2, ki3;

    ki = (int)(deg_w);
    ki1 = ki/100;
    ki2 = ki/10%10;
    ki3 = ki%10 + 0x30;
    kf = (int)(deg_w*10)%10;
    sprintf(out1, "$HEHDT, %d.%d, M*00\r\n", ki, kf);
    sprintf(out2, "$HEHDT, %d.%d, M*00\r\n", ki, kf);
    CheckSum();
}
```

<그림 3-7> NMEA 출력 처리 루틴

<Fig. 3-7> NMEA output processing routine

제 4 장 시스템의 평가 및 고찰

4.1 시험 환경

NMEA-0183 데이터 포맷으로 변환하는 시스템의 시험은 장비를 직접 선박에 장착하여 자이로콤파스에서 출력된 방위정보를 NMEA-0183 데이터 포맷으로 변환하여 기타 해상통신장비와 인터페이스를 하여야 하는데 평가 회로의 구조상의 문제와 실험 선박의 수급 및 여러 여건상 실제로 해상에서 실험하기에는 무리가 따른다. 본 논문에서는 육상에서 그와 유사한 상황을 구성하여 그 성능을 시험하였다.

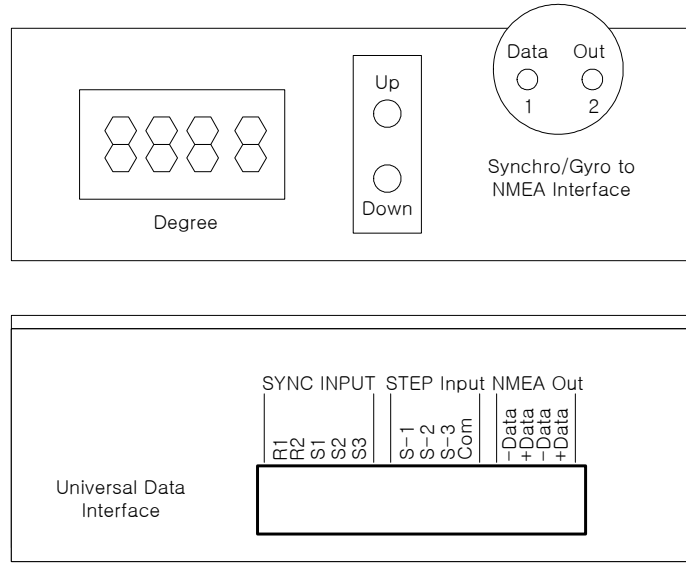
본 논문에서는 입력신호에 따른 딥 스위치의 설정방법과 출력 데이터를 확인하였다. 자이로콤파스의 방위신호를 입력으로 받아야 하는데 여건상 어려워서 <그림 4-1>처럼 자이로콤파스와 동일한 기능을 하는 싱크로 모터를 연결하여 제안된 시스템에서 출력된 신호를 해상통신 장비인 AIS를 통해서 올바르게 신호가 전송되는가를 위한 시험을 위한 환경 구성을 마쳤다.



<그림 4-1> 시험 환경

<Fig. 4-1> Test enviroment

<그림 4-2>는 제안된 시스템의 외형도 이다.



<그림 4-2> 시스템 외형도

<Fig. 4-2> System external form

4.2 시스템의 성능평가

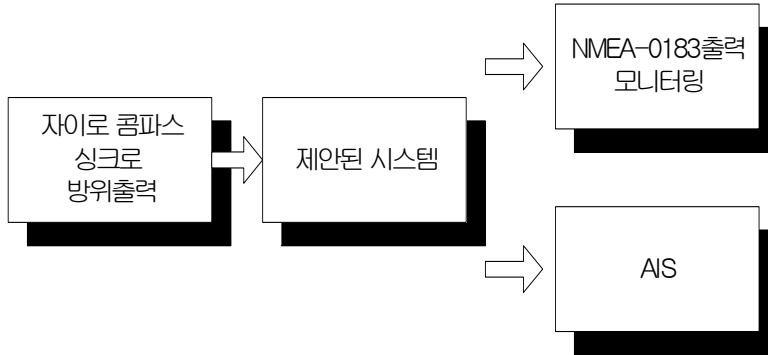
4.2.1 성능평가 절차

NMEA 변환기의 시스템의 성능평가를 위한 절차는 싱크로 모터를 이용하여 방위각을 조절을 하면 NMEA 변환기 시스템은 입력되는 신호를 처리하여 이를 캡처로 보여주며, 그리고 이 신호를 해상통신장비인 AIS 와 인터페이스되는 것까지 확인을 하였다.

그리고 입력신호에 따른 딥 스위치의 설정방법과 출력 데이터를 확인 하였다.

본 논문에서 제안한 시스템의 성능평가를 위한 절차는 <그림 4-3>에서 보

는 것과 같이 나타낼 수 있다.



<그림 4-3> 성능평가 절차

<Fig. 4-3> Performance appraisal procedure

4.2.2 시스템 결과 및 고찰

제안된 시스템의 특성을 보면 알 수 있듯이 신호입력 포맷이 3가지 방법으로 설계를 하였으며, 입력신호로는 Synchro(1X), Synchro-Gyro(36X, 90X, 180X, 360X), 6-Step이 있다.

3가지의 입력신호에 따라서 딥 스위치의 설정이 달라지며 그에 따른 NMEA-0183 데이터 문장 형식도 달라진다.

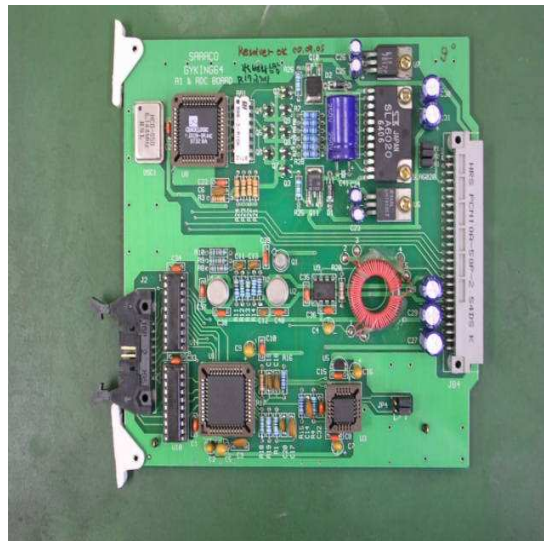
<표 4-1>처럼 기아배율이 1배속 일때에는 선박에서는 거의 사용하지 않는 것으로 군사용 목적으로 사용하기 때문에 문장형식이 TIUTn으로 사용이 되며 90배속, 180배속, 360배속과 6-스텝신호의 문장형식은 HEHDT가 사용된다.

<표 4-1> 입력신호에 따른 DIP Switch 설정과 출력신호

<Table 4-1> Dip Switch fixing and output signal as inputs signal

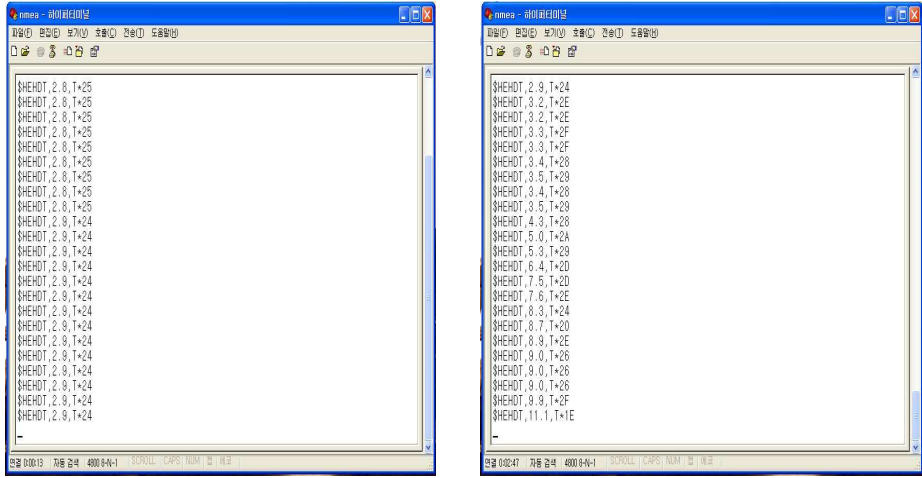
DIPS	Input Signal	DIPS4[DCBA]	Mode	Output Message
XXX1	Synchro(1X)	Xnnn	Unit Number	\$TIUTn, xxx. x, T*cs<CR><LF>
XX10	Synchro-Gyro	XXX1	36X	\$HEHDT, xxx.x, T*cs<CR><LF>
		XX10	90X	
		X100	180X	
		1000	360X	
X100	6-Step	XXX0	Normal Level	
		XXX1	Inverted Level	

<그림 4-3>은 제안된 시스템의 평가회로 사진이며, <그림 4-4>은 자이로컴파스의 역할을 하는 싱크로 모터를 조정해서 방위를 입력시켜 제안된 시스템의 입력신호로 주면 NMEA-0183 데이터 포맷으로 변환되는 것을 캡처로 확인한 것이다.



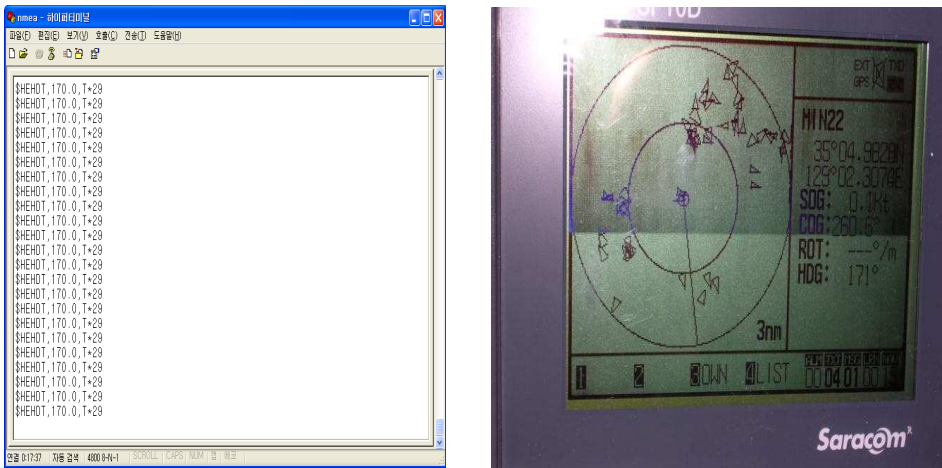
<그림 4-3> 평가회로 사진

<Fig 4-3> Photography of evaluation circuit

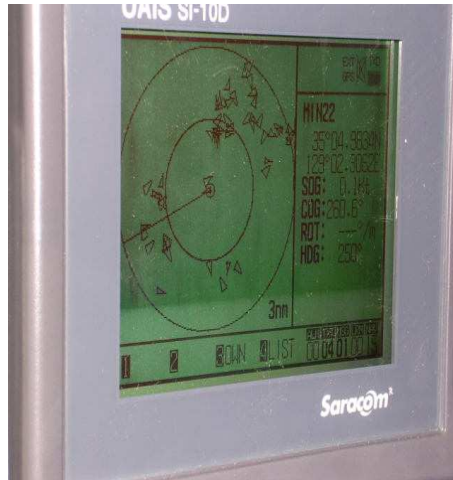
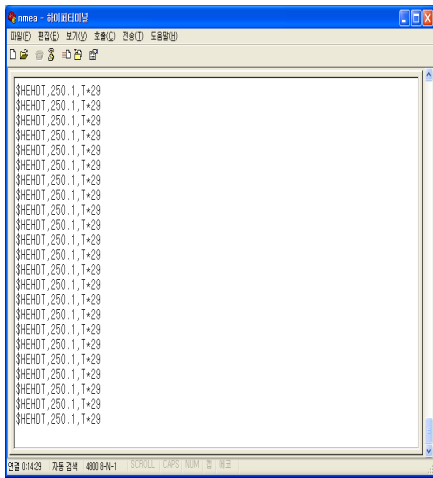


<그림 4-4> NMEA-0183 출력 캡처
 <Fig. 4-4> NMEA-0183 output capture

<그림 4-5>는 제안된 시스템을 통해 변환된 데이터가 해상통신 장비인 AIS에 RS-422 시리얼 통신을 이용해 인터페이스 되는 것을 확인하였다.



(a) 170° 일때



(b) 250°일 때

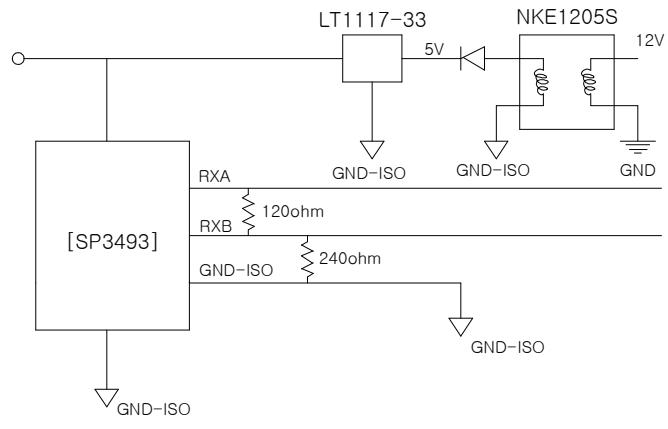
<그림 4-5> Gyro-AIS 인터페이스

<Fig. 4-5> Gyro-AIS Interface

제안된 시스템에 의해 변환된 NMEA-0183 데이터 포맷을 ICE61162-1, 61162-2에 규정한 디지털 인터페이스인 RS-422 시리얼 통신을 통해서 인터페이스 하였을 때에는 데이터 전송시 아무런 문제가 없었는데, RS-232C 시리얼 통신을 이용해 데이터를 전송을 하니 저항에 노이즈가 생겨서 AIS로 데이터가 원활하게 전송이 되지 않았다.

결점을 보완하기 위해서 <그림 4-6>의 회로를 구성하여 AIS 입력 단에 설치를 하니 데이터가 원활하게 전송이 되어 지는 것을 확인할 수 있었다.

이 회로에서는 NKE1205S라는 DC/DC 변환기를 사용하여 출력 전압을 5V로 만들어 LT1117-33 Regulator로 3.3V 조절을 하며, SP3493은 저 전력으로 NMEA-0183 데이터를 송·수신하는 역할을 한다.



<그림 4-6> Iso 인터페이스 회로

<Fig. 4-6> Interface circuit of Iso

그리고 두 개의 입력단 사이의 고유 임피던스를 120 Ω 으로 설계를 하였기 때문에 저항에 관한 노이즈 문제를 해결할 수 있어서, AIS와의 인터페이스 하는데 문제가 없었다.

제 5 장 결 론

해상에서 선박의 항행시 방위 정보는 매우 중요한 요소이다. 방위 정보를 나타내는 방법으로는 자이로콤파스, 마그네틱콤파스 및 위성항행 시스템 등이 있다. 마그네틱콤파스는 항상 일정하지 않은 지구자기를 이용하기 때문에 자이로콤파스보다 단점이 많기 때문에 총톤수 500톤이상의 선박에는 자이로콤파스의 장착이 의무화되어 있다.

자이로콤파스의 구성, 성능, 시험인증 방법과 성능표준은 국제인명안전협약(SOLAS)과 국제해사기구(IMO)의 결의로 규정되어 있다.

본 논문은 자이로콤파스의 방위신호를 기타 해상통신 장비와의 인터페이스를 위해 NMEA 데이터 포맷으로 변환시켜주는 변환기 설계이다.

NMEA 변환기는 아직 대부분이 외국의 수입에 의존하고 있기 때문에 본 논문에 의해서 NMEA 변환기 장치를 설계 하는데 국산화의 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다.

본 논문에서는 ATMEL사의 AT89C52를 이용하여 테스트 보드를 설계하였으며, 또한 방위각과 편차 및 자차 정보를 나타내는 HDG와 선수 방위 정보를 나타내는 HDT 표준문장 형식의 NMEA-0183 출력을 얻었으며 그리고, 해상통신 장비인 AIS와의 인터페이스가 되는 것을 확인하였다.

본 논문에서의 NMEA 변환기는 여건상 선상에서의 완전한 실험이 이루어지지 않았기 때문에 제품화를 위해서는 많은 보완이 필요로 할 것이다.

본 논문에서는 구현한 시스템을 실제 선박에 탑재하여 실험이 이루어지지 못하여서 해상에서 선박의 피칭, 롤링등의 요인으로 인한 데이터 전송시에 문제가 발생할 것으로 사료된다. 추후에는 이런 요인들을 감안하여 데이터를 정확하게 전송할 수 있는 연구를 수행할 계획이다.

참 고 문 헌

- [1] 전파진흥협회, "해상·항공통신 이용제도 개선방안에 관한 연구", 통신이용제도 개선분과위원회, pp.31~33, 1999.
- [2] 이종락, 항해계기(제2권), 아성출판사, pp.3~5, 1971.
- [3] IMO, 해상인명안전협약, 해인출판사, pp.830~832, 1998.
- [4] 해양수산부, "국제해사기구(IMO) 제73차 해사안전위원회(MSC) 참가 보고서" 해양수산부, 2001.
- [5] 통상사업부, "광파이버 자이로스코프를 이용한 선박용 자이로 콤파스 시스템 개발", 1997.
- [6] 김성진·이상식·권용수·배정철, "광성유 자이로스코프를 이용한 동적 자이로 콤파스 방식" 통신/전자 학술대회 논문집, 1997.
- [7] 정삼·권용수·김성진·이상식·진상윤, "광파이버 자이로 동특성 해석" 대한 전기학회 하계학술대회 논문집, pp.124~136, 1997.
- [8] Analog Device, Synchro and Resolver Conversion, pp.1~9, 1980.
- [9] Joseph J, sensor and circuits, 1993.
- [10] NMEA, NMEA-0183 standard version 3.0, pp.1~7, 2000.
- [11] Peter Benett, The NMEA FAQ Version 6.3, pp.1~12, 2000.
- [12] 권한조·박상용·양승현, 아주특별한 마이크로 로봇 만들기, 베스트북, pp.122~124, 2003.
- [13] 정상봉·전경일·홍수홍, 마이크로프로세서 8051과 응용로봇제작, 세화출판사, pp.23~30, 2001.
- [14] 신경철·박양수·한상만, 마이크로 프로세스 실습(8051), 효성출판사, pp.123~131, 1999.
- [15] ATMEL AT89C52 user manual, 1995.

[16] CSI, Position Convert catalog standard product, 1995.

[17] Hirokazu Soekawa et al, "Fiber Optic Gyroscope for Vehicle Navigation System", Hitachi Cable No.13, 1994.

감사의 글

대학원 생활을 하는동안 부족한 저를 바른길로 이끌어 주시고 지도해 주신 김기문 교수님께 진심으로 감사의 말씀을 올립니다. 교수님께서 베풀어 주신 은혜에 비해 부족한 점이 많아 죄송스럽고, 더욱 열심히 해야 하는 아쉬움이 남습니다.

그리고 바쁘신 일정에도 많은 격려를 해주시며 논문을 지도해 주시고 심사해 주신 양규식 교수님, 임재홍 교수님께 감사드립니다.

아울러, 논문을 완성하기까지 바쁜생활에도 불구하고 아낌없는 지원과 조언을 해주신 임종근 선배님과 (주)사라콤의 김재관 이사님께 감사드리며, 산업기술연구소의 전중성 박사님께도 감사드립니다.

또한 연구실 생활을 같이하며 많은 조언과 도움을 주신 김진현, 손우기, 이대령, 정창우 선배님과 유재환 후배님께 감사드리며 따뜻한 위로와 격려를 해주신 통신공학 실험실 여러 선후배님들과 다른 연구실의 선후배님께도 감사드립니다.

어릴 때부터 같이 지내며 제가 힘들 때 항상 옆에서 걱정해준 지훈이와 범선이 그리고 대학동창, 주위에 여러 형, 누나, 동생들에게도 고마움을 전합니다.

항상 저를 믿어주시고 격려와 용기를 주신 부모님께 감사드리며, 동생 정한이에게도 고마운 마음을 전합니다.

주위 많은 분들의 도움으로 인해 작은 결실을 얻게된 만큼 이를 출발점으로 삼아 앞으로 더 많은 노력을 할 것이라 다짐을 하며, 은인들의 고마움을 항상 마음속에 새기며 보답하도록 하겠습니다. 끝으로 학문적인 지식이외에도 삶의 지혜를 가르쳐주신 김기문 교수님께 다시 한번 감사의 말씀을 올립니다.