

# 선박용 자이로콤파스의 정보전송 인터페이스 개발에 관한 연구

임 정 빈\* · 이 상 집\*\*

A Study on the Development of the Interface Transmitting for  
the Marine Gyrocompass Informations

*Jeong-Bin Yim · Sang-Jib Lee*

## 〈 목 차 〉

### Abstract

#### 1. 서 론

#### 2. 전송신호 특성

##### 2.1 자이로콤파스의 전송신호

##### 2.2 NMEA-0183 규격의 전송신호

#### 3. 방위정보 전송용 인터페이스의 구성

##### 3.1 방위신호 전달회로

##### 3.2 방위신호 복조회로

##### 3.3 방위신호 판별회로

##### 3.4 방위 계수회로

##### 3.5 정보 전송회로

#### 4. 실험방법 및 결과

#### 5. 결 론

## Abstract

In this study, an interface is developed in compliance with the standards which is made by National M. E. A. in U. S. A. for transmitting the Marine Gyrocompass information. The interface consists of Bearing Signal Transfer, Bearing Signal Demodulator, Bearing Signal Discriminator, Bearing Counter and, Information Transmitter.

The results are as follows :

The transmission of bearing information was achieved successfully on the Marine RADAR by the interface transmitting for the Marine Gyrocompass. And, newly proposed phase-detector in Bearing Signal Discriminator which method is forcibly reset the previous data of D-T Flip Flop can be solved the problems of the delay in phase discrimination and the unstableness in the boundary areas of input signal.

\* 부산수산대학교 대학원 박사과정 전자통신학과

\*\* 한국해양대학교 해사대학 해사수송학과

### 1. 서 론

Gyrocompass는 방위센서로서 항해에 필요한 방위정보를 제공하는 선박용 항해계기이다. 선박에서 방위정보는 위치결정, 침로유지 등에 이용되는 기본정보로서 GPS, NNSS, RADAR, LORAN-C, AUTOPILOT, INMARSAT 등과 같은 계기로 전송되어 유용한 정보로 이용된다.<sup>11)~8)</sup>

그러나, Gyrocompass로 부터 출력되는 방위정보는 Gyrocompass의 종류와 제작회사에 따라 서로 다른 신호특성을 갖기 때문에 방위정보의 전송에는 별도의 신호변환장치 없이는 불가능한 경우가 많다.

이와 같은 이유로, 미국의 해사전자협회(National Maritime Electronics Association, NMEA)에서는 선박용 계기 상호간의 신호교환이 원활히 되도록 표준규격 NMEA-0183<sup>9)</sup>을 제정하였다. 이 NMEA-0183 표준규격은 1984년에 제정된 이후 몇가지 단점을 개정하여 현재는 세계각국의 선박장비 생산업체들이 이 규격에 따라 제품을 생산하고 있다.

본 연구는 Gyrocompass에서 출력되는 아나로그 형태의 방위신호를 NMEA-0183 규격에서 정한 ASCII 코드의 디지털 신호형태로 변환하고, 전송하는 방위정보 전송용 인터페이스(Interface)의 개발에 관한 것이다.

### 2. 전송신호 특성

#### 2.1 자이로컴파스의 전송신호

Gyrocompass에서 출력되는 방위신호는 Gyrocompass의 종류와 제작회사에 따라, Stepping Motor에 의한 단상신호, 3상 Synchro Motor에 의한 3상 변조신호, 그리고 광-전 변환 다이오드 등을 사용한 단상 변조신호 등이 있다.<sup>10)</sup> 현재, 선박에 보편적으로 채용되고 있는 방식은 원거리 전송에 적합한 3상 Synchro Motor에 의한 3상 변조 방식으로서, 본 연구는 3상 변조방식에 의한 방위신호를 ASCII 코드의 직렬신호로 전송하는 인터페이스 제작에 관한 것이다.

Fig. 1은 Gyrocompass의 방위신호를 외부로 전송하는 3상 Synchro Motor의 구조를 도시한 것이다. 3상 Synchro Motor에 있는 3개의 stator coil은 129°의 간격으로 배치되어 있으므로 rotor의 회전각에 따라 stator coil 사이에 유기되는 여기전압(excitation voltage)은 식(1)과 같이 표시된다.<sup>11)</sup> 여기서, Synchro Motor의 rotor는 방위를 표시하는 Compass Card와 gear로 연결되어 있기 때문에 식(1)로 부터 Gyrocompass 방위를 계산할 수 있다.

$$\begin{aligned} E_{s1s2} &= K \cdot E_{R1R2} \cdot \sin(\theta + 240^\circ) \\ E_{s2s3} &= K \cdot E_{R1R2} \cdot \sin(\theta + 120^\circ) \\ E_{s3s1} &= K \cdot E_{R1R2} \cdot \sin(\theta) \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (1)$$

여기서, K ; 코일의 상수  
 $E_{R1R2}$  ; rotor에 공급되는 전압  
 $\theta$  ; rotor의 각도

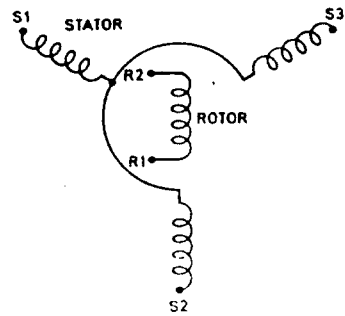


Fig. 1. Three phase torque synchro

#### 2.2 NMEA-0183 규격의 전송신호

Table. 1은 NMEA-0183 규격에 규정되어 있는 Gyrocompass 방위정보 전송에 필요한 문장(sentence)의 구조와 문장을 구성하는 문자(character)의 16진 코드를 나타내고, Fig. 2는 하나의 문자를 구성하는 비트패턴(bit pattern)을 나타낸다.

Table. 1. Sentence structure of the Gyrocompass serial data

Character	\$	H	E/N	H	D	T	,	X	X	X	,	T	[CR]	[LF]
Hexa code	24	28	45/4E	48	44	54	2C	방위의 코드			2C	54	0D	0A

여기서, Table. 1에서 표시하고 있는 각 문자는 다

음과 같은 의미를 갖는다.

- "\$" : 문장의 시작을 알리는 예약문자
- "H" : 신호 송출장치가 Gyrocompass임을 표시하는 문자
- "E/N" : Gyrocompass가 Earth Seeking type일 때는 "E" 문자, Non-Earth Seeking type일 때는 "N" 문자를 표시
- "H", "D", "T" : True Heading을 표시하는 문자
- "," : Gyrocompass 방위를 표시하기 전, 후의 문자
- "X", "X", "X" : 방위(000°-359°)를 각 단위마다 16진 코드로 표시
- "T" : True 방위를 표시하는 문자
- "CR", "LF" : 문장의 끝을 표시하는 문자

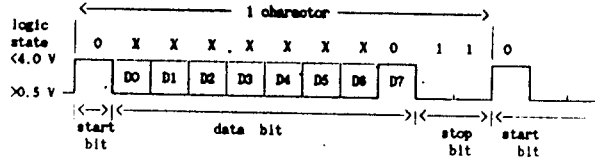


Fig. 2. Bit pattern of one character

하나의 문자는, Fig. 2의 비트 패턴에 표시한 바와같이 8비트의 Data 비트와 1비트의 Start 비트, 1비트 이상의 Stop 비트를 갖는다. 또한, 전송할 때의 baud rate는 480 bps(bit per sec.)이고, 부논리상태로 비동기 전송되며, 전송된 신호는 수신단의 8251A(USART)에서 8비트의 Data 비트만이 해석되게 된다.

### 3. 방위정보 전송용 인터페이스의 구성

Fig. 3은 Gyrocompass의 방위정보를 NMEA-

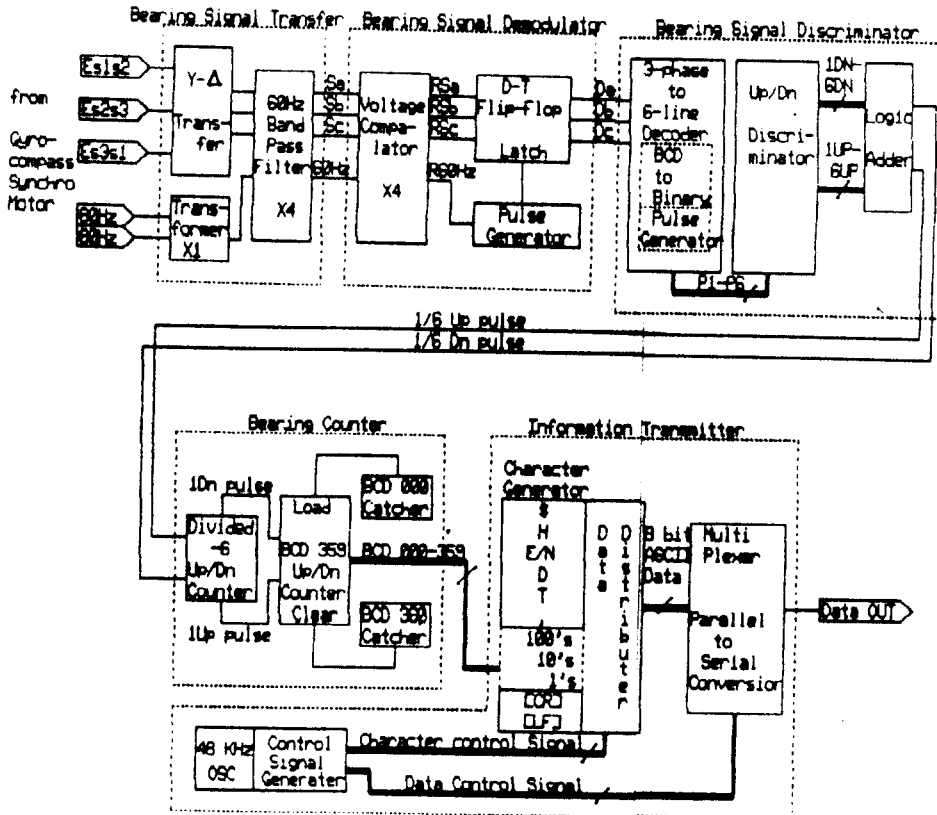


Fig. 3 Block diagram of the Interface transmitting for the Marine Gyrocompass

0183 규격에 따라 전송하는 인터페이스의 구성도를 나타낸다.

방위정보 전송용 인터페이스는, 방위신호 전달회로(Bearing Signal Transfer), 방위신호 복조회로(Bearing Signal Demodulator), 방위신호 판별신호(Bearing Signal Discriminator), 방위 계수회로(Bearing Counter) 그리고, 정보 전송회로(Information Transmitter)로 구성되어 있다.

Gyrocompass의 Synchro Motor에서 출력되는 60Hz 변조 3상 방위신호는 방위신호 전달회로에서 입/출력접지를 분리하고, 방위신호 복조회로에서 복조한 후, 방위신호 판별회로를 통하여 1/6°의 분해능을 갖는 방위증가 신호와 방위감소 신호로 분리된다. 방위 계수기는 방위증가 신호와 방위감소 신호를 입력으로 000°~359°의 방위를 계수하고, 이 값을 BCD(Binary Coded Decimal) 값으로 출력한다. 정보 전송회로는 계수된 방위와 Gyrocompass의 정보를 NMEA-0183 규격에 따라 ASCII 코드로 직렬전송하게 된다.

인터페이스를 구성하고 있는 각 회로의 구체적인 구성방법은 다음과 같다.

### 3.1 방위신호 전달회로

방위신호 전달회로(Fig. 4)는 3개의 변압기로 구성된 Y- $\Delta$ 변환기(Y- $\Delta$  Transfer, T1-T3)와 1개의 변압기(Transformer, T4) 그리고, 4개의 60Hz 대역필터(Band Pass Filter)로 구성되어 있다. Y- $\Delta$  변환기는 Gyrocompass의 Synchro Motor에서 출력되는 약 100V의 3상 신호를 5V로 강하하고, 입/출력 접지를 분리하며, 변압기(T4)는 방위신호의 변조 주파수인 60V/60Hz 신호를 5V/60Hz 신호로 강하하고, 입/출력 접지를 분리한다. 60Hz 대역필터는 일반적으로 사용되고 있는 TL-084 연산증폭기의 부궤환 경로에 분기-T 회로망을 삽입한 능동필터<sup>12)</sup>로 설계하였다.

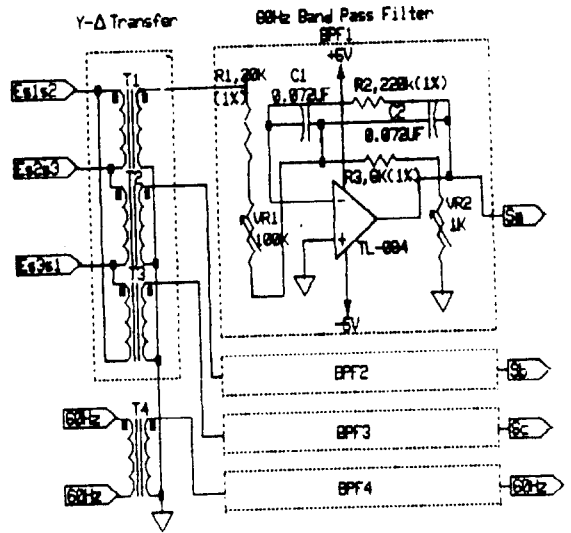


Fig. 4. Bearing signal Transfer

### 3.2 방위신호 복조회로

방위신호 복조회로(Fig. 5(a))는 히스테리시스 특성을 갖는 4개의 전압 비교레이터(Voltage Comparator)와 74LS123로 구성된 펄스발생기(Pulse Generator) 그리고, D-T 플립플롭(74LS75)으로 구성되어 있다.

방위신호 전달회로에서 출력된 60Hz 변조 3상 신호(Sa, Sb, Sc)는 전압 비교레이터를 통하여 3상 디지털 신호로 변환된 후 D-T 플립플롭의 Data 신호로 입력되고, 60Hz 변조신호(60Hz)는 전압 비교레이터를 통하여 디지털 신호로 변환된 후 펄스발생기에서 펄스폭이 10 $\mu$ sec인 복조펄스(P2 pulse)로 변환되어 D-T 플립플롭의 Trigger 신호로 입력된다. 따라서, D-T 플립플롭의 출력(Da, Db, Dc)은 Fig. 5(b)의 시간선도에 표시한 바와 같이 복조된 신호가 된다.

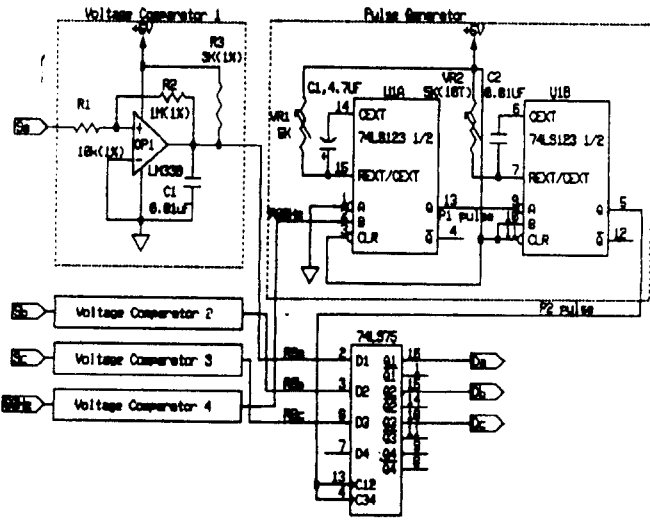


Fig. 5(a). Bearing Demodulator

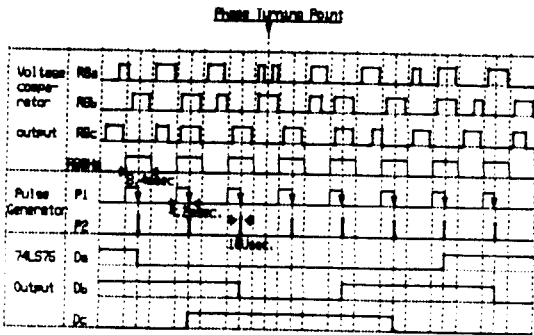


Fig 5(b). Demodulation procedure

### 3.3 방위신호 판별회로

방위신호 판별회로는 3상-6선 디코더(3-phase to 6-line Decoder)와 업/다운 판별회로 (Up/Dn Discriminator), 가산기(Logic Adder)로 구성되어 있다.

3상-6선 디코더(Fig. 6(a))는 3상 복조신호(Da, Db, Dc)의 위상변화를 74LS42로 검출하여 6개의 단자에 40µsec의 펄스(P1-P6)로 출력한다. Fig. 6(b)의 시간선도에 디코딩 과정을 표시하였다. 여기서, 자이로컴파스의 방위가 1° 변화하면 Synchro Motor는 1회전하게 되고 이때의 3상-6선 디코더는 6개의 펄스(P1-P6)를 출력하므로 1개의 펄스는 1/6° 방위 분해능을 갖게 된다.

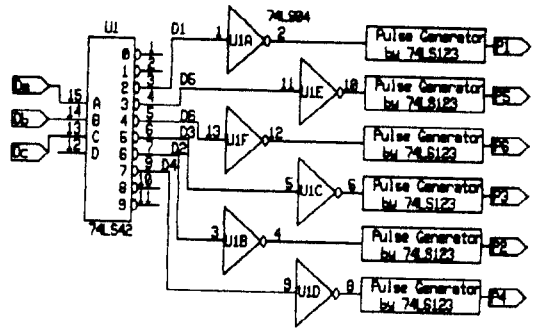


Fig. 6(a). 3-phase to 6-line Decoder

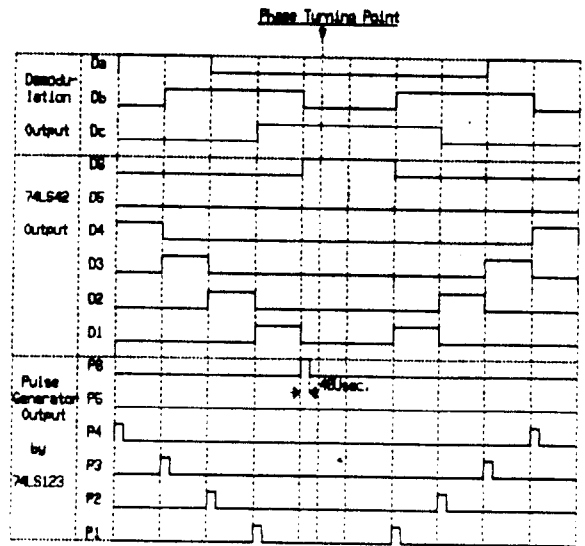


Fig. 6(b). 3-phase to 6-line Decoding procedure

업/다운 판별회로(Fig. 7(a))는 자이로컴파스 방위의 증, 감을 검출하는 회로로, 방위증가 때는 1Up에서 6Up 출력단으로 펄스를 출력하고, 방위감소 때는 1Dn에서 6Dn출력단으로 펄스를 출력한다.

여기서, D-T 플립플롭만을 이용하던 종래의 위상판별에서는 Fig. 7(b)에 나타낸 바와 같이 위상판별 지연문제(delay state)와 입력신호 경계부분에서의 위상판별 불안정 문제(unstable state)들이 있었다.<sup>13),14)</sup> 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 업/다운 판별회로의 구성에 있어, 74LS00으로 구성된 NAND 게이트-어레이를 이용

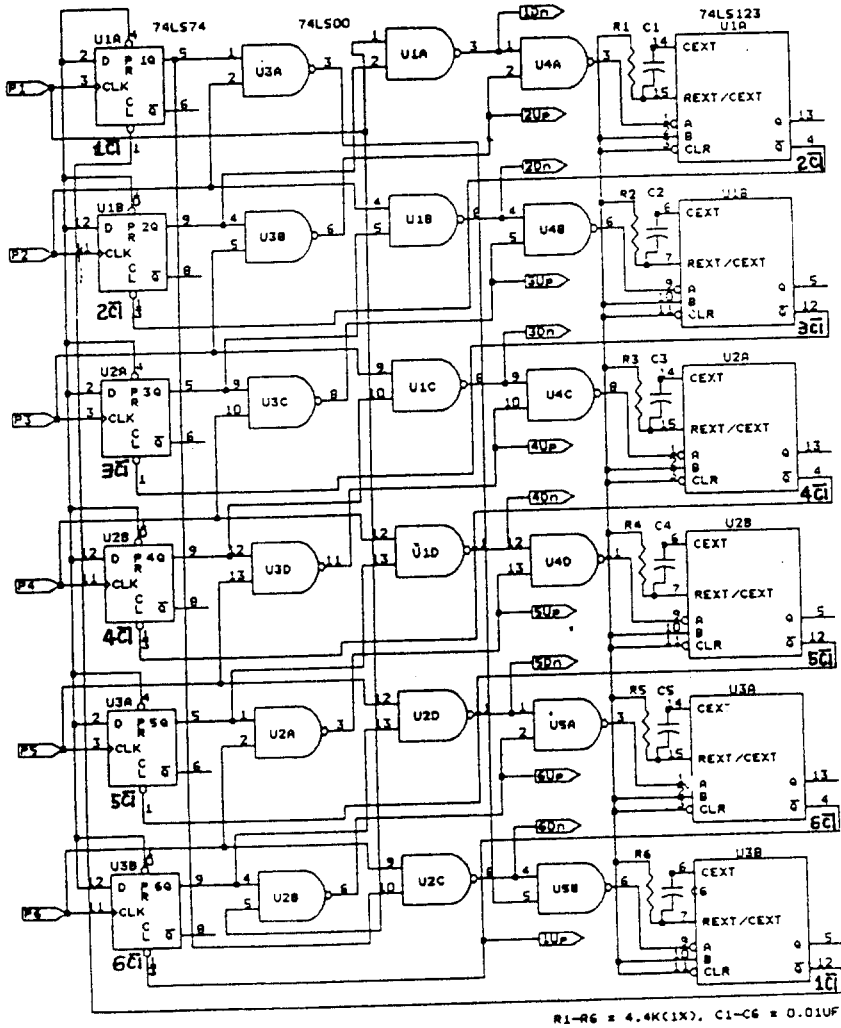


Fig. 7(a). Up/Down Discriminator

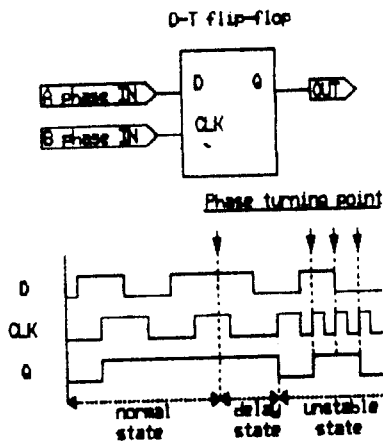


Fig. 7(b). D-T Flip Flop output waveforms

하여 과거에 액티브 상태였던 D-T 플립플롭들과 현재 액티브 상태가 된 D-T 플립플롭의 전후 관계를 검출한 후 위상비교에 사용된 D-T 플립플롭의 과거 데이터를 강제로 리셋시키는 방식을 이용하였다. 그 결과 D-T 플립플롭에 신호가 입력됨과 동시에 위상비교 결과가 출력되었고, D-T 플립플롭의 입력 데이터 경계부분에서도 위상비교 결과는 안정함을 알 수 있었다.

Fig. 7(c)는 업/다운 판별회로의 판별과정으로, 74LS74의 출력(1Q-6Q)이 발생됨과 동시에 방위증가 펄스(1Up-6Up) 또는, 방위감소 펄스(1Dn-6Dn)가 출력됨을 알 수 있으며, 이때 10μsec의 74

LS74 강제 리셋펄스( $2\bar{c}l - 1\bar{c}l$ )는 방위증가 펄스 ( $1Up - 6Up$ ) 또는, 방위감소 펄스( $1Dn - 6Dn$ )의 출력 직후에 발생하고 있으므로 위상비교에 사용된 D-T 플립플롭이 강제로 리셋되고 있음을 알 수 있다.

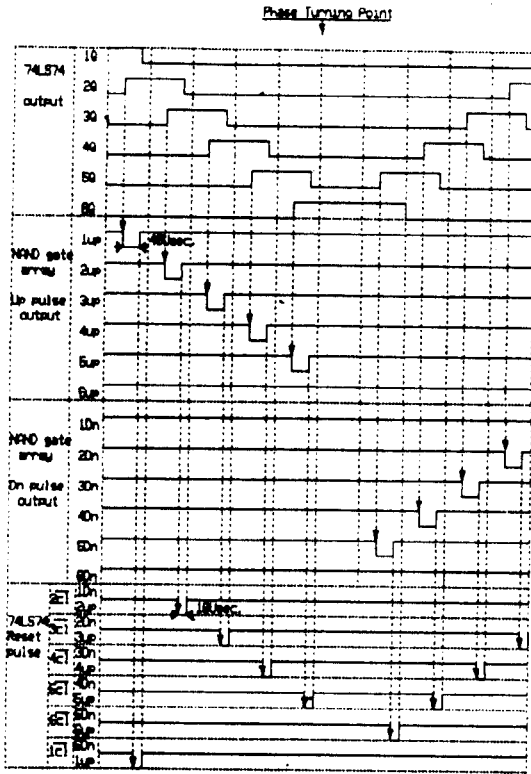


Fig. 7(c). Up/Down Discriminating procedure

여기서, 74LS74의 1Q 출력이 발생되어 있는 상태에서 2Q 출력이 발생한 경우를 예로 들어 보면, 2Q 출력의 발생과 동시에 NAND gate array의 1 Up pulse가 발생됨을 알 수 있다. 또한, 1Up pulse의 소멸과 동시에 74LS74 Reset pulse,  $1\bar{c}l$ 가 발생하여 74LS74의 1Q 출력이 강제로 리셋됨을 알 수 있다. 만약, 입력신호가 불안정하여 74LS74의 2Q 출력이 다시 발생하더라도 위상비교에 이용할 74LS74의 1Q 출력이 이미 삭제되었기 때문에 출력결과는 변하지 않게 된다.

Fig. 8은 가산기로서, 업/다운 판별회로에서 출력되는 6개의 방위증가 또는 6개의 감소 펄스를

취합하여 1/6°의 방위분해능을 갖는 신호를 출력한다.

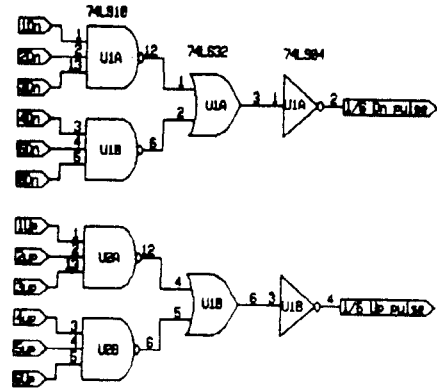


Fig. 8. Logic Adder

### 3.4 방위 계수회로

방위 계수회로(Fig. 9)는 6분주 업/다운 계수회로(Divided-6 Up/Dn Counter)와 BCD 359 업/다운 계수회로(BCD 359 Up/Dn Counter)로 구성되어 000°에서 359°까지의 방위를 BCD 값으로 계수한다.

NMEA-0183 규격에 의하면, 방위신호는 1° 단위 이상의 3자리가 전송되도록 정해져 있다. 6분주 업/다운 계수회로는, 방위감소 때는 0에서 5로 계수되고, 방위증가 때는 5에서 0으로 계수되도록 구성하여 1/6°의 방위신호를 1°단위로 방위신호로 계수한다.

BCD 359 업/다운 계수회로는, 증가계수 때는 각 계수 IC(74LS192)의 BCD 값이 3, 6, 0일 때 74LS192를 리셋시켜서 각 계수 IC(74LS192)의 BCD 값이 3, 5, 9에서 0, 0, 0이 되도록 하고, 감소계수 때는 각 계수 IC(74LS192)의 BCD 값이 0, 0, 0일 때 다음 BCD 값이 3, 5, 9가 되도록 74LS192에 데이터를 로드 시키므로 계수되는 값은 Gyrocompass의 방위각 범위인 BCD 0, 0, 0에서 3, 5, 9가 된다.

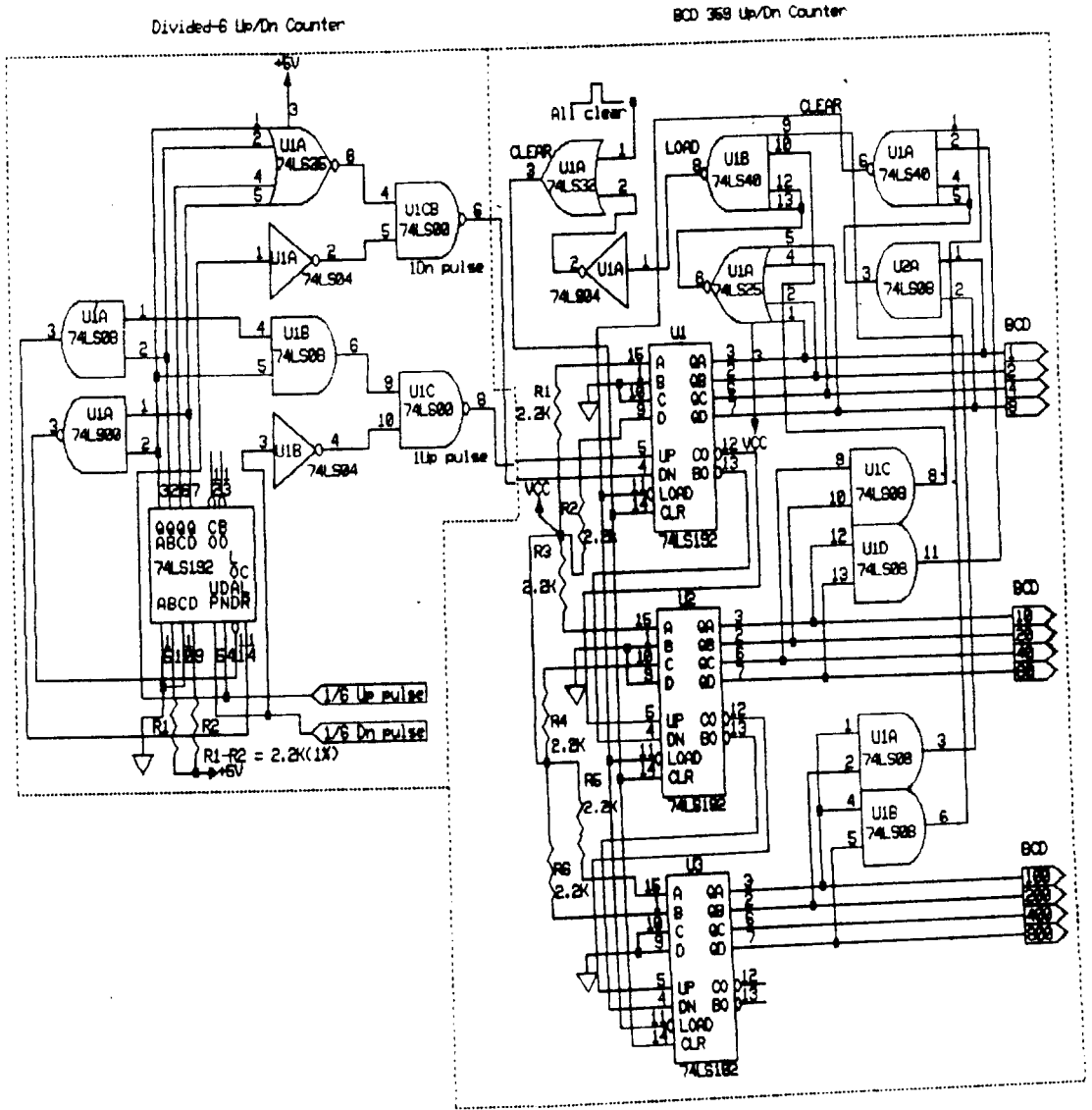


Fig. 9. Bearing Counter

### 3.5 정보 전송회로

정보 전송회로(Fig. 10)의 구성은, 74LS75로 구성된 Latch, 74LS240으로 구성된 문자 발생기(Character Generator), 74LS42로 구성된 문자 배분기(Character Distributer), 74LS151로 구성된 데이터 전송기(Data Multiplexer), 48KHz 클럭 발생기와 분주기로 구성된 제어신호 발생기(Controll Signal Generator)로 구성되어 있다.

Latch는 하나의 문자를 전송하는 도중에 방위 정보가 변하는 것을 방지하고, 가능한 최근의 방위 정보가 전송되도록 방위정보를 전송하기 직전에 방위정보를 일시 저장하도록 구성하였다. 문자 발생기는 각 문자에 해당하는 16진 코드를 발생한다. 여기서, 문자는 모두 14개가 필요하지만 11개의 문자만을 발생시키고 중복되는 문자는 문자 배분기의 제어로 중복 발생되도록 하였다. 문자 배분



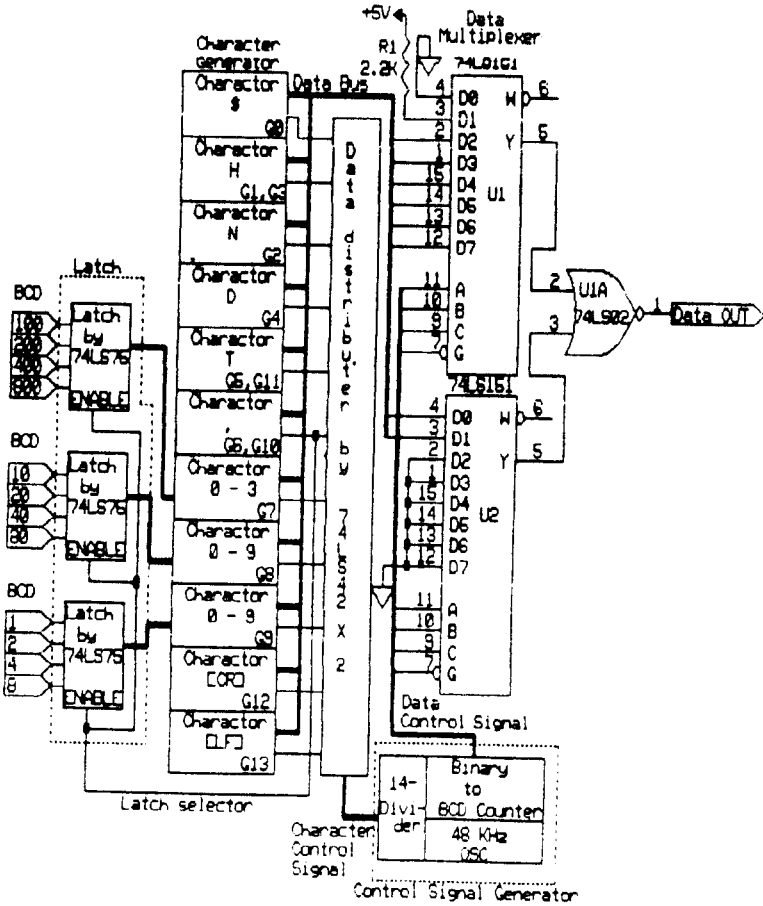


Fig. 10. Information Transmitter

기는 NMEA-0183 규격에 따라 문자를 전송하는 제어신호를 발생하며, 데이터 전송기는 1비트의 start 비트와 8비트의 data 비트 그리고 5비트의 stop 비트를 전송한다. 여기서, 74LS151, U1의 D0와 D1은 start 비트를 전송하도록 접지와 전원에 연결되어 있고, 74LS151, U2의 D2에서 D7까지는 stop 비트를 전송하도록 접지되어 있다. 제어신호 발생기는 48KHz의 기준 클럭을 이용하여 문자 배분기와 데이터 전송기의 제어신호를 발생하므로 데이터가 4800 bps가 전송되도록 구성하였다.

#### 4. 실험방법 및 결과

Fig. 11은 본 실험에 사용된 실험장치의 구성도

이다. 실험에 이용된 Gyrocompass는 독일의 Anschütz 회사가 제작한 standard-6(type 110-203)로서 방위정보의 전송에 3상 Synchro Motor를 이용하고 있다. Gyrocompass에서 출력되는 60Hz 변조 3상 방위신호는 방위정보 전송용 Interface를 통하여 8비트 ASCII 코드의 직렬 데이터로 변환한 후, 금성정밀(주)에서 제작한 선박용 레이더(GS-924C)의 I/O CONTROLLER(XC2018-50) 33번 접속단자에 입력하였다.

Interface의 내부에서 계수되는 방위를 확인하기 위하여 Digital Course Recorder를 Interface 내부의 방위 계수회로에 접속하였고, Interface에서 출력되는 ASCII 코드의 직렬 데이터는 X-Y 레코더(YEW-3086 RECORDER)를 통하여 bit pattern을 조사하였다.

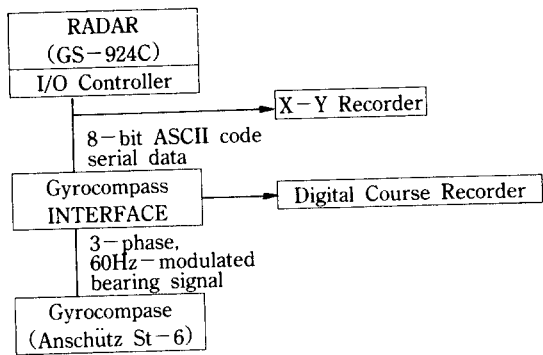


Fig. 11. Block diagram of experimental installations

Fig. 12는 Gyrocompass 방위가 359°일 때의 직렬 데이터 일부분을 X-Y 레코더에 기록한 것으로서, (a)는 ASCII 코드로 출력되는 직렬 데이터이고, (B)는 직렬 데이터를 4800 bps로 전송하기 위한 기준 clock이다. 측정결과, “3” 문자, “5” 문자, “9” 문자가 순서대로 출력되고 있음을 알 수 있다.

Fig. 13은 Gyrocompass의 방위가 132°일 때, 선박용 레이더로 방위정보를 전송한 결과로서, Gyrocompass의 방위를 의미하는 “CRS”(COURSE의 약자)에 132로 표시되고 있음을 알 수 있다.

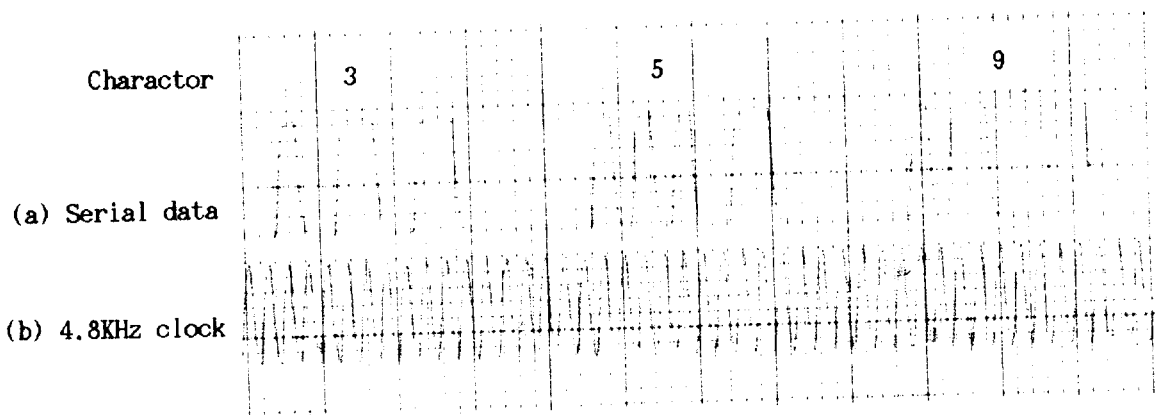


Fig. 12. Outputted ASCII code serial data

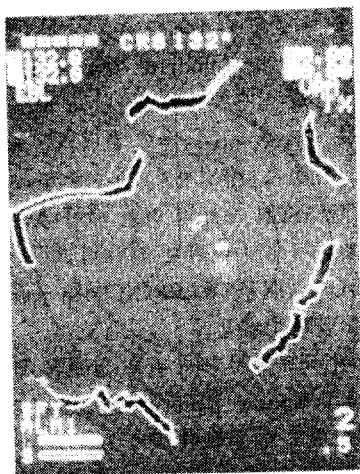


Fig. 13. Experimental results using RADAR(GS-924C)

## 5. 결 론

아날로그 신호로 출력되는 Gyrocompass의 방위 정보를 NMEA-0183 규격을 충족하는 ASCII 코드의 디지털신호를 전송하기 위한 인터페이스를 제작하여 실험한 결과는 다음과 같다.

1) Gyrocompass의 Synchro Motor에서 출력되는 3상 60Hz 방위신호를 NMEA-0183 규격에 따른 ASCII 코드로 변환하여 직렬신호로 전송할 수 있다.

2) 제작한 Interface를 RADAR에 활용한 결과 Gyrocompass의 방위정보가 손실없이 전달됨을 확인하였다.

3) 본 연구에서 제시한 방위신호 판별회로의 위

상관별방식은 한번 사용된 과거의 데이터가 강제로 삭제되는 방식으로써, D-T 플립플롭만을 이용하던 종전의 방식에서 문제로 되었던 판별지연, 입력신호 경계부분에서의 판별 불안정을 해결하였다.

4) 본 연구에서는 Gyrocompass의 방위정보 전송장치 중에서 Synchro Motor만을 대상으로 하는 인터페이스를 제작하였으나, 모든 장치의 방위정보 전송이 가능한 범용 정보전송 인터페이스도 고려해야 할 것이다. 아울러 Gyrocompass의 방위신호 뿐만 아니라 모든 항해장비들의 입, 출력신호를 표준화할 수 있는 인터페이스도 고려되어야 할 것이다.

### 감사의 글

본 연구의 실험에 있어서 금성정밀(주) 전자공장 설계실의 김우찬 실장님, 이문엽 기정님, 남상욱 기좌님으로부터 유익한 연구협력을 얻었기에 이 지면을 통하여 감사 드립니다.

### 참고문헌

1. Instruction Manual for PT21 Adaptive Autopilot, TOKIMEC Inc., Tokyo, 1990.
2. Instruction Manual for JNA-710 Loran-C Receiver, Japan Radio Co., Ltd., Tokyo, 1979
3. Instruction Manual for Standard Gyrocompass Type 110-203, Anschütz, Kiel, 1979.
4. Instruction Manual for Static Inverter Type

- 121-039, Anschütz, Kiel, 1979.
5. Instruction Manual for Marine Gyrocompass NAVIGAT VII, C-Plath, Hamburg, 1983.
6. L. Tetley and D. Calcutt, "Electronics Aids to Navigation," Edward Arnold, London, pp. 55~352, 1986.
7. S. F. Appleyard, "Marine Electronic Navigation," Routledge & Kegan Paul Ltd., London, pp. 87~248, 1980.
8. J. J. Carr, "Elements of Electronic Instrumentation and Measurement," Reston Publishing Co., Inc., Virginia, pp. 33~70, 1979.
9. National Marine Electronics Association's, "Standard for Interfacing Marine Electronic Navigational Devices NMEA-0183," FURUNO Ltd., Japan, 1990.
10. J. Klinkert, W. Burger, and A. G. Corbett, "Marine Gyrocompasses," Routledge & Kegan Paul Ltd., London, pp. 10~23.
11. E. J. Wightman, "Instrumentation in Process Control," CRC Press, pp. 104~118, 1972.
12. Harry Y-F Lam, "Analog and Digital Filters," Prentice-Hall, 1979, pp. 343~461.
13. 임정빈, "선박용 자이로콤파스의 자기진단 시스템 개발에 관한 연구," 한국해양대학교 대학원 공학석사 학위논문, pp. 39~43, 1992.
14. 이상집, 임정빈, "원격지시식 자기 콤파스에 관한 연구( I )," 한국항해학회지 제10권 제1호, pp. 88~89, 1986.