

論文 2003-40TC-7-2

## 새로운 시각 동기 방안을 적용한 자동 식별 장치의 구현 (Implementation of AIS Transponder with a New Time Synchronization Method)

李相禎\*, 崔逸興\*\*, 吳相憲\*\*\*, 尹相峻\*\*, 朴贊植\*\*\*\*, 黃東煥\*

(Sang Jeong Lee, Il Heung Choi, Sang Heon Oh, Sang Jun Yun, Chansik Park, and Dong-Hwan Hwang)

### 요약

본 논문에서는 AIS(Automatic Identification System)를 위한 새로운 시각 동기 방안을 제안한다. 제안방안은 TCXO(Temperature Compensated Crystal Oscillator)를 기준 클럭으로 사용하고, 디지털 제어 발진기(DCO: Digitally Controlled Oscillator), 분주기, 위상 비교기, 그리고 레지스터블록으로 시각 동기를 유지하도록 구성되어 있다. 주 시각 동기원으로는 UTC(Universal Time Coordinated)와 동기된 GPS(Global Positioning System) 수신기의 1PPS(1 Pulse Per Second)를 사용하며 GPS 신호 수신에 불가능할 경우에는 수신 AIS 신호를 사용한다. 전송 클럭과 GPS 수신기 1PPS 사이의 시각 오차를 측정하고 DCO를 조정해 측정된 시각 오차를 보상함으로써 전송 클럭을 UTC(Universal Time Coordinated)에 동기시킨다. 동기된 전송 클럭(9600Hz)은 전송 슬롯 발생을 위해서 분주된다. 본 논문에서는 제안한 시각 동기 방안을 시험 제작한 자동 식별 장치와 상용 자동 식별 장치의 연동을 통하여 검증하였고, 실험 결과는 AIS 기술 표준(ITU-R M.1371-1)에서 제시한 시각 동기 사양을 만족함을 확인하였다.

### Abstract

This paper proposes a new time synchronization scheme for the Automatic Identification System(AIS). The proposed scheme utilizes a Temperature Compensated Crystal Oscillator(TCXO) as a local reference clock, and consists of a Digitally Controlled Oscillator(DCO), a divider, a phase comparator, and register blocks. Primary time reference is 1PPS from GPS receiver that is synchronized to Universal Time Coordinated(UTC). And if GPS is unavailable, other station's signal is utilized as secondary time reference. The phase comparator measures time difference between the 1PPS and the generated transmit clock. The measured time difference is compensated by controlling the DCO and the transmit clock is synchronized to the Universal Time Coordinated(UTC). The synchronized transmit clock(9600Hz) is divided into the transmitting time slot(37.5Hz). The proposed scheme is tested in an experimental AIS transponder set. The experimental result shows that the proposed module satisfies the timing specification of the AIS technical standard, ITU-R M.1371-1.

**Keywords** : AIS, TDMA, Time Synchronization

\* 正會員, 忠南大學校 電氣情報通信工學部 GNSS 技術  
연구센터

(GNSS Technology Research Center, School of  
Electrical and Computer Engineering, Chungnam Na-  
tional University)

\*\* 正會員, 忠南大學校 電子工學科 GNSS 技術研究센터,  
(주)네비콤

(GNSS Technology Research Center, Department of  
Electronics Engineering, Chungnam National Univer-

sity, and Navicom Co., Ltd.)

\*\*\* 正會員, 忠南大學校 電子工學科 GNSS 技術研究센터  
(GNSS Technology Research Center, Department of Elec-  
tronics Engineering, Chungnam National University)

\*\*\*\* 正會員, 忠北大學校 電氣電子工學部  
(School of Electrical and Electronics Engineering,  
Chungbuk National University)

接受日:2003年3月7日, 수정완료일:2003年7月18日

## I. 서론

자동 식별 시스템(AIS: Automatic Identification System)은 선박과 선박, 선박과 기지국간 VHF(Very High Frequency) 무선 통신을 통해 정적 정보, 동적 정보, 항해 정보, 안전 관련 정보를 공유함으로써 선박간의 사고를 방지하고, 기존의 선박 관제 시스템인 VTS(Vessel Traffic Service)와 연계를 통해 연안 선박의 효율적인 관제를 목적으로 이용된다. IMO(International Maritime Organization)에서는 아래와 같이 2002년 하반기부터 점차 모든 선박에 자동 식별 장치(AIS Transponder)를 의무 장착하도록 법제화하고 있다<sup>4,8)</sup>.

2002년 7월 1일 이후 건조되는 모든 신조선

2002년 7월 1일 이전 건조된 국제 항해 선박

여객선과 탱커선 : 2003년 7월 1일 이전까지

여객선과 탱커선을 제외한 50,000 G/T이상의 선박 :  
2004년 7월 1일까지

여객선과 탱커선을 제외한 10,000 G/T이상 50,000  
G/T미만의 선박 : 2005년 7월 1일까지

여객선과 탱커선을 제외한 3,000 G/T이상 10,000 G/T  
미만의 선박 : 2006년 7월 1일까지

여객선과 탱커선을 제외한 300 G/T이상 3,000 G/T미  
만의 선박 : 2007년 7월 1일까지

2002년 7월 1일 이전 건조된 비국제 항해 선박 : 2008년  
7월 1일까지

AIS의 표준 통신 방식으로 선박과 해안간 DSC(Digital Selective Calling) 무전기 채널 70을 통해 호출하고 응답하는 방식과 SOTDMA(Self Organized Time Division Multiple Access) 채널 접속 알고리즘을 이용해서 별도의 전용 채널로 선박 정보를 방송하는 방식 등이 검토되어 왔다<sup>4)</sup>. IMO와 ITU(International Telecommunication Unit)에서는 SOTDMA를 이용한 방식을 범용 선상 자동 식별 장치(Universal Shipborne AIS)의 표준 통신 방식으로 채택하였고, 이와 관련된 AIS의 표준 문서로서 기능 표준(MSC.74(69)), 기술 표준(ITU-R M.1371-1), 시험 표준(IEC 61993-2)들이 발표되었다<sup>1-3)</sup>.

AIS는 1분의 시간을 2,250 슬롯으로 나누어 메시지 송수신을 하는 TDMA(Time Division Multiple Access)

방식을 사용하고 있으므로 TDMA 통신을 위해서 공통의 시각 기준을 가져야 하며, 자동 식별 장치는 시각 기준을 제공하는 시각 동기 장치를 필수적으로 갖추어야 한다.

그런데 TDMA 통신을 위한 시각 동기 기술은 구현하기가 쉽지 않고, 자동 식별 장치에서는 AIS 기술 표준에서 제시하는 조건을 만족해야 한다. 즉, AIS 기술 표준에서 요구하는 UTC를 시각 기준으로 사용하는 시각 동기화 UTC 정보가 없을 경우 우선권이 높은 자동 식별 장치 신호를 이용한 시각 동기가 가능한 시각 동기 기술 개발이 필요하다.

시각 동기 기술을 사용하는 대표적인 응용 사례가 정밀 시각 장치이다. 일반적으로 정밀 시각 장치는 PLL(Phase Locked Loop)을 이용해 시각 기준 신호와 생성한 시각 신호 사이의 시각오차를 보상하는 형태를 취하고<sup>6,7)</sup>, 시각 기준 신호는 GNSS(Global Navigation Satellite Systems) 수신기가 제공하는 UTC(Universal Time Coordinated)에 동기된 1PPS(Pulse Per Second) 신호를 이용한다. 이런 정밀 시각 장치의 시각 동기 원리를 자동 식별 장치에서 유용하게 사용할 수 있다.

본 논문에서는 TDMA 통신을 수행하는 자동 식별 장치를 위해서 전술한 시각 동기 원리를 이용한 새로운 자동 식별 장치용 시각 동기 장치를 제안한다. 또한 자동 식별 장치의 핵심 기능을 구현해서 제안한 시각 동기 장치의 성능을 실험하고 실험 결과를 보인다.

## II. 자동 식별 장치

자동 식별 장치는 VHF 대역 통신을 통해 수집한 다른 선박의 정보와 자기선박에 탑재한 다른 장치들로부터 얻은 자기 선박 정보를 운용자에게 표시하고, 자기 선박 정보를 VHF 대역으로 방송하는 장치이다. <그림 1>은 자동 식별 장치 구성을 나타낸다. 자동 식별 장치의 필수 구성 요소는 GNSS 수신기, 통신 프로세서, VHF 송수신기이다. 또한 ECDIS(Electronic Chart Display and Information System)나 MMI(Man-Machine Interface) 같은 표시 장치를 갖추어야 하고, 센서나 다른 장치들과 연동이 가능해야 한다.

자동 식별 장치의 필수 구성 요소들의 기능을 좀 더 자세히 살펴보면 다음과 같다. GNSS 수신기는 자동 식별 장치의 필수 센서로서 위치 정보, 속도 정보, TDMA 통신을 위한 기준 시각 정보를 제공한다.

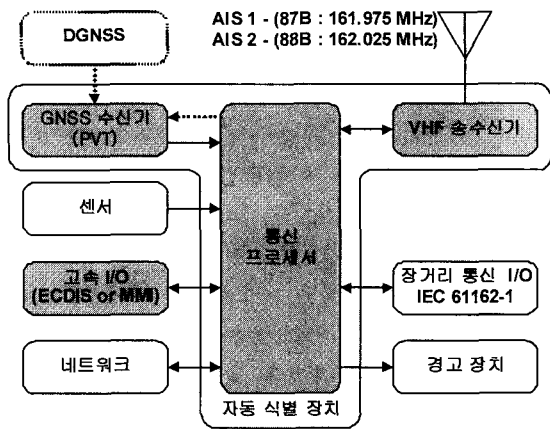


그림 1. 자동 식별 장치 구성도  
Fig. 1. AIS transponder structure.

VHF 송수신기는 AIS에서 사용하는 변조방식을 지원하기 위해 GMSK(Gaussian Minimum Shift Keying) 모듈과 FM(Frequency Modulation) 모듈을 구비하고 VHF 대역 무선 통신을 수행하며, 해상 이동 주파수 대역 중에서 87B(161.975MHz)와 88B(162.025MHz) 채널을 기본 주파수 채널로 사용하면서 156.025 MHz에서 162.025MHz까지의 주파수 채널을 가변적으로 사용한다. 그리고 2W 또는 12.5W의 전송 출력을 갖는다.

통신 프로세서는 자동 식별 장치 운용을 관장하며, <그림 2>와 같이 계층적인 구조를 가진다. 링크 계층은 MAC(Medium Access Control), DLS(Data Link Service) 및 LME(Link Management Entity) 세 개의 부계층으로 나뉜다. MAC 계층은 자동 식별 장치 제어기와 연계하여 TDMA 통신을 위한 슬롯 동기 및 프레임 동기를 수행한다. DLS 계층은 HDLC(High-level Data Link Control) 모듈과 연계하여 데이터 링크 활성화 또는 해제, 데이터 전송, 오류 검출 및 제어를 수행한다. LME 계층은 DLS, MAC 및 물리 계층의 동작을 제어하며, 전송 메시지를 생성하거나 구성한다. 또한 동작 모드를 결정하고 동작 모드에 적합한 채널 접속 기능을 수행하며 채널을 초기화한다. 특히 LME 계층에는 다른 다수의 선박과 효율적인 통신을 수행하기 위해서 AIS 표준에서 정의한 채널 접속 알고리즘으로 ITDMA (Incremental Time Division Multiple Access), RATDMA(Random Access Time Division Multiple Access), FATDMA(Fixed Access Time Division Multiple Access), SOTDMA(Self Organized Time Division Multiple Access) 방법을 수행한다. 이들 채널

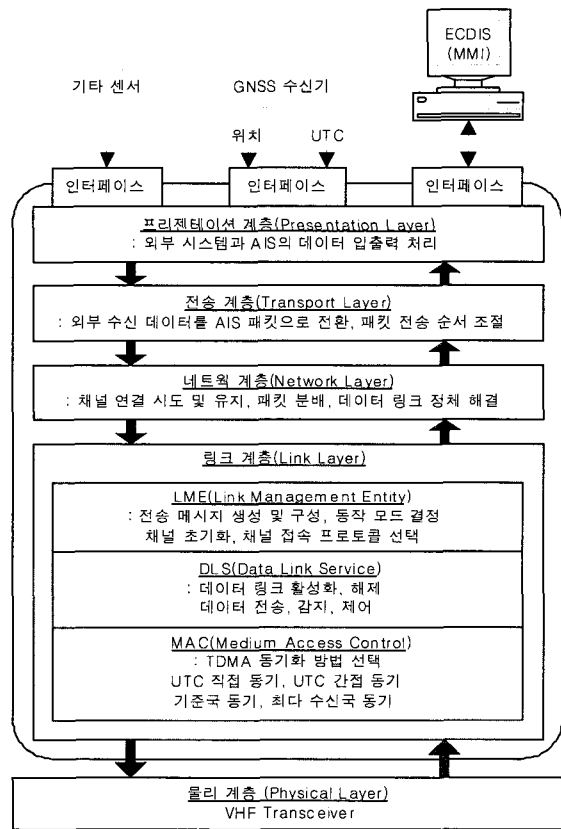


그림 2. 통신 프로세서의 계층 모델  
Fig. 2. Communication Processor layer model.

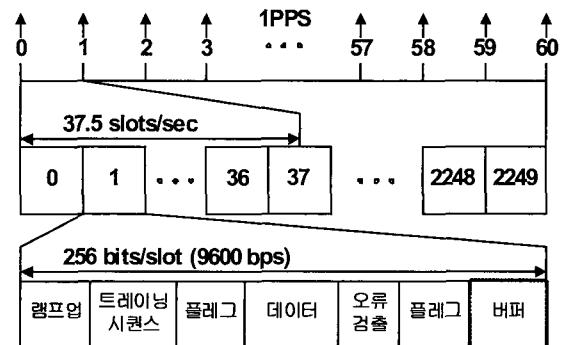


그림 3. AIS 프레임 구조  
Fig. 3. AIS frame structure.

접속 알고리즘은 전송 충돌을 최소화하고 충돌 발생시 이를 자율적으로 해결하도록 하여 기기 운용자 및 AIS 기지국의 개입을 최소화한다. 네트워크 계층은 채널의 연결시도와 유지, 메시지 할당 우선 순위 관리, 채널간 전송 패킷 분배, 데이터 링크 정체 해결 등을 담당한다. 전송 계층은 외부로부터 수신한 데이터를 올바른 크기

의 패킷으로 전환하고 데이터 패킷의 순서를 조절하며 상위 계층과의 인터페이스를 담당한다. 프리젠테이션 계층은 다른 장치와의 인터페이스를 담당한다.

본 논문에서 제안하는 시각 동기 장치는 링크 계층의 MAC 계층 소프트웨어와 함께 TDMA 통신을 위한 시각 동기를 수행하고, <그림 3>과 같이 TDMA 통신을 수행하도록 자동 식별 장치 동작의 시각기준을 제공한다. 자동 식별 장치는 1분의 길이를 갖는 한 개의 프레임은 2,250개의 슬롯으로 나누어 사용하고, 한 개의 슬롯은 256비트로 구성된다.

III. 시각 동기 모듈 및 시각 동기 방법

<그림 4>는 시험 제작한 자동 식별 장치에서 구현한 통신 프로세서의 구조를 나타내고 있다. 통신 프로세서는 다른 장치와의 인터페이스 및 자동 식별 장치 운용을 관장하는 마이크로 프로세서, AIS 메시지 처리를 위한 HDLC 모듈, 본 논문에서 제안하는 TDMA 통신을 위한 시각 동기 장치를 포함하는 자동 식별 장치 제어기(FPGA: Field Programmable Gate Array)로 이루어져 있다.

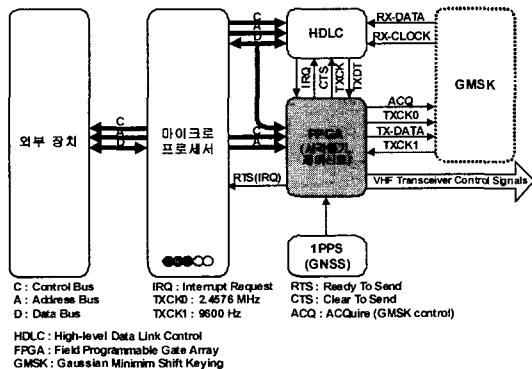


그림 4. 통신 프로세서 구조  
Fig. 4. Communication processor structure.

<그림 5>는 시각 동기부의 구성을 나타낸다. 시각 동기부는 점선으로 표시한 링크 계층의 MAC 계층 소프트웨어와 연동하여 시각 동기를 수행하고 자동 식별 장치 제어 신호를 발생한다.

시각 동기 과정은 먼저 전송 클럭과 시각 기준 신호의 동기를 수행하고, 동기된 전송 클럭을 분주해서 슬롯을 나누는 슬롯 동기를 수행한 후, 슬롯을 계수하여 프레임 동기를 수행하는 세 단계로 이루어진다. 시각 동기

의 시작 단계인 전송 클럭과 시각 기준 신호 동기를 수행한다. 비트 위상을 측정하기 위한 비트 위상 클럭(TXCK0)을 디지털 제어발진기(DCO: Digitally Controlled Oscillator)를 이용해 발생시키고 이 비트 위상 클럭을 분주하여 전송 클럭(TXCK1)을 발생시킨다. 전송 클럭과 시각 기준 신호 사이의 시각 오차를 위상 비교기를 이용해 측정하고 이를 보상함으로써 시각 기준 신호와 전송 클럭 신호를 동기 시킨다. 다음으로 슬롯 동기를 수행한다. 하나의 슬롯은 256 비트로 구성되며 한 슬롯 내에서 비트 번호를 슬롯 위상이라고 부른다. 전송 클럭을 이용해서 255에서 0까지 계수하는 슬롯 위상 계수기를 두어 슬롯 위상을 측정하고, 시각 기준 신호 발생 시점의 슬롯 위상값을 조정해서 슬롯 동기를 수행한다. 마지막으로 프레임 동기를 수행한다. 하나의 프레임은 2,250개의 슬롯으로 구성되고 1분의 주기를 갖는다. 슬롯 개수를 계수하는 슬롯 계수기 값이 매분 0이 되도록 조정해서 프레임 동기를 수행한다.

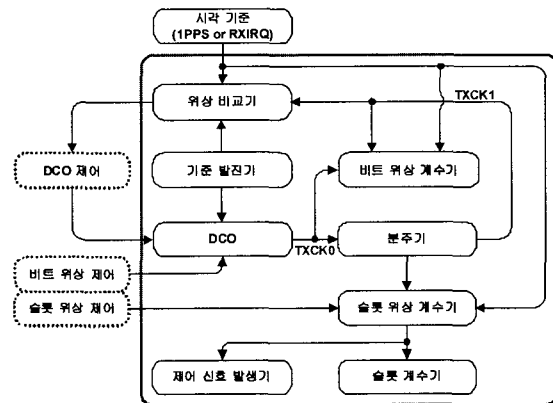


그림 5. 시각 동기부 구성도  
Fig. 5. Time synchronization structure.

자동 식별 장치에서 사용하는 시각 동기 방법은 크게 두 가지로 UTC와 동기된 시각원을 기준으로 시각 동기를 이루는 방법과 다른 자동 식별 장치 신호를 수신해서 다른 자동 식별 장치와 시각 동기를 이루는 방법이 있다. 다른 자동 식별 장치의 신호를 수신하여 시각 동기를 이루는 방법은 UTC 시각원이 없을 경우에 사용한다.

본 논문에서 구현한 GPS 수신기에서 제공하는 UTC에 동기된 1PPS 신호를 이용한 시각 동기 방안은 다음과 같다. DCO는 기준 발진기인 TCXO(Temperature Compensated Crystal Oscillator)가 발생하는 클럭을 사

용하여 비트 위상 클럭(TXCK0)을 발생시킨다. <그림 6>은 DCO의 구조를 나타낸 그림이고, 식 1은 DCO의 출력 주파수 계산식을 나타낸다.

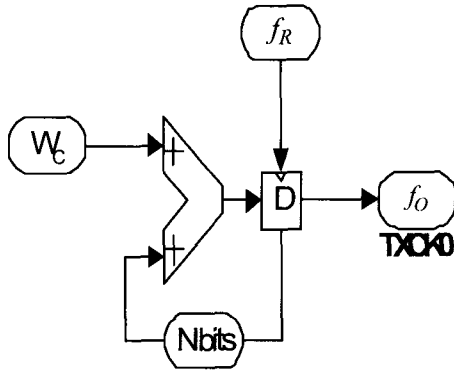


그림 6. 수치 제어 발진기  
Fig. 6. Digitally controlled oscillator.

$$f_o = \frac{f_R}{2^N} W_C \quad (1)$$

여기서  $f_o$ 는 출력 주파수를 나타내며,  $f_R$ 은 입력 주파수,  $W_C$ 는 DCO 생성 주파수 제어값,  $N$ 은 DCO 누산기 비트수를 나타낸다. 설계한 DCO는  $\frac{f_R}{2^N}$ 의 분해능으로 주파수 조절이 가능하다. 그리고 DCO 출력 주파수는 식 (1)에서 나타낸 바와 같이 사용하는 입력 주파수에 의존한다. 예를 들어서 1ppm(Parts Per Million)의 정확도를 갖는 TCXO 출력을 입력 주파수로 사용할 경우 DCO 생성 주파수인 2.4576MHz에는 2.4576Hz의 주파수 오차가 발생할 수 있고 이는 시각 동기 성능을 저하시키는 요인이 될 수 있다. 그래서 1PPS를 기준으로 측정된 입력 주파수 값을 사용함으로써 보다 정확한 DCO 제어가 가능하다. 입력 주파수 측정은 위상비교기 내부에 TCXO 클럭을 계수하도록 설계한 COUNTER1을 이용한다. 즉, 1PPS가 발생한 시각에서 1초 동안 계수한 COUNTER1의 계수값이 입력 주파수값이 된다.

TXCK0을 분주해서 전송 클럭(TXCK1=9600Hz)을 발생시키고, TXCK1과 1PPS의 시각오차를 위상 비교기를 이용해 측정한다. <그림 7>과 <그림 8>에 위상 비교기를 이용한 시각 오차 측정 방식을 나타내었다. 위상 비교기는 TXCK1을 이용하는 COUNTER0과 TCXO를 이용하는 COUNTER1을 이용해서 구현한다.

위상 비교기의 COUNTER0은 TXCK1의 9,600개 클

록을 계수하도록 구성하였고, COUNTER1은 TCXO의 매 클럭마다 단순 증가하다가 COUNTER0의 값이 9599 이후 0이 될 때 자신도 0이 되도록 구성하였다. 즉, COUNTER0은 TXCK1의 한 클럭마다 1씩 증가하여 0부터 9,599까지 계수한 후 다시 0이 되며, COUNTER1은 COUNTER0의 시작 시점부터 TCXO의 한 클럭마다 1씩 증가하다가 COUNTER0이 0이 될 때 같이 0이 된다. 또한 COUNTER1이 0이 되기 직전의 최대값(MAX)과 1PPS 신호 발생 시점에서의 COUNTER1의 값(LA1)을 저장한다. LA1값이 0에 가까운 경우(<그림 7①>)는 TXCK1이 1PPS에 비해 빨리 발생한 것을 의미하고, LA1값이 MAX에 가까운 경우(<그림 7②>)는 TXCK1이 1PPS에 비해 늦게 발생한 것을 의미한다.

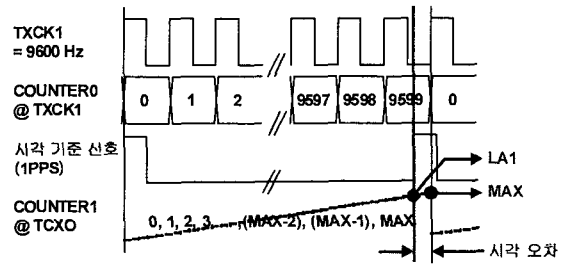


그림 7. 시각 동기 오차 측정  
Fig. 7. Measurement of synchronization error.

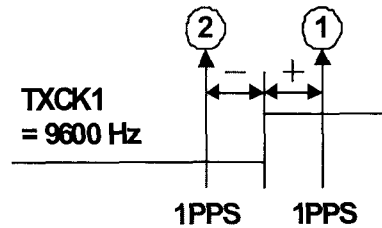


그림 8. 시각 동기 오차  
Fig. 8. Time synchronization error.

시각 동기 오차가 존재하는 경우에는, 시각 동기 오차를 줄이는 방향으로 DCO 제어 신호와 비트 위상을 조정하여, 전송 클럭(TXCK1)을 1PPS에 동기 시킨다. 본문에서는 식 (2)와 같이 1차의 시각 동기 오차 모델을 사용하고, 다음 시점의 시각 오차  $\theta_{k+1}$ 이 현재의 시각 오차  $\theta_k$ 의  $\alpha$ 배가 되도록 DCO 제어를 한다.

$$\begin{aligned} \theta_{k+1} &= \theta_k + (\theta_k - \theta_{k-1}) + u_k \\ &= 2 \cdot \theta_k - \theta_{k-1} + u_k \end{aligned} \quad (2)$$

$$u_k = (\alpha - 2) \cdot \theta_k + \theta_{k-1}, 0 \leq \alpha < 1$$

식 (2)에서  $\theta_{k+1}$ 는 다음 시점의 시각 오차,  $\theta_k$ 는 현재 시점의 시각오차,  $\theta_{k-1}$ 은 이전 시점의 시각 오차를 나타내고,  $u_k$ 는 현재의 시각 오차 보정치를 나타낸다. 식 2에서 계산한 시각 오차 보정치  $u_k$ 에 DCO 생성 주파수 값을 곱해서 주파수 오차로 환산하고, 환산한 주파수 오차만큼 DCO 생성 주파수 제어값을 보정함으로써 전송 클럭을 1PPS에 동기 시킨다.

<그림 9>는 슬롯 동기 과정을 나타낸다. 슬롯 동기는 1PPS에 동기된 TXCK1을 이용해 255에서 0까지 계수하는 슬롯 위상 계수기가 짝수 초에서 255를, 홀수 초에서는 127을 가리키도록 보정한다. 또한, 매 슬롯마다 증가하는 슬롯 카운터는 매분 0을 가리키도록 슬롯 카운터 값을 조정함으로써 프레임 동기를 수행한다.

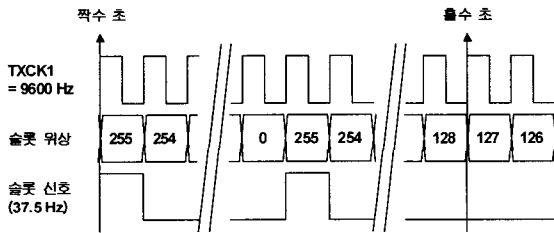


그림 9. 슬롯 동기  
Fig. 9. Slot synchronization.

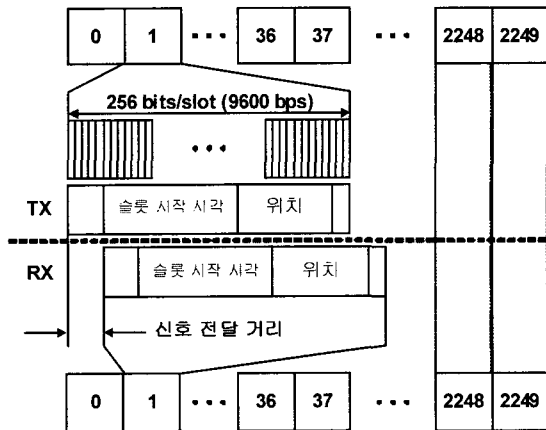


그림 10. AIS 메시지를 이용한 시각 동기  
Fig. 10. Time synchronization using AIS message.

<그림 10>은 UTC 정보가 없을 경우 AIS 메시지를 이용한 시각 동기 개념을 보여주고 있다. UTC 정보가 없을 경우는 TXCK1이 공칭 주파수 9600Hz를 발생하도

록 설정하고, 다른 자동 식별 장치 신호를 수신한 시점 ( $t_{RX}$ )에서의 비트 위상과 슬롯 위상을 저장한다. 그리고 수신한 메시지 내용을 이용하여 전송 시각( $t_{TX}$ )과 자동 식별 장치간 거리( $t_{DISTANCE}$ )를 구한다. 식 3과 같이 시각 오차를 구하고, 시각 오차를 줄이도록 비트 위상과 슬롯 위상을 조정하여 슬롯 동기까지 수행한다. 또한 메시지에 저장된 시각 정보를 이용해 프레임 동기를 수행한다.

$$(t_{RX} + t_{error}) - t_{TX} = t_{DISTANCE}$$

$$t_{error} = t_{DISTANCE} + t_{TX} - t_{RX} \quad (3)$$

다음 절에서 GPS수신기의 1PPS를 이용하여 구현한 시각 동기의 검증 결과를 보였다. 다른 자동 식별 장치의 신호를 이용한 시각 동기는 상위 계층의 소프트웨어 구현이 필요하므로 하위 계층의 기능만을 구현한 후 실제 시험은 하지 않았다.

#### IV. 실험 결과

<그림 11>은 TDMA 통신 검증을 위해서 두 대의 시험 제작한 자동 식별 장치를 이용한 실험 환경을 보여 주고 있다. 시각 동기를 위한 시각 정보 및 기준 신호는 GPS 수신기로부터 받고, 개인용 컴퓨터를 이용해서 장치의 동작을 감시한다.

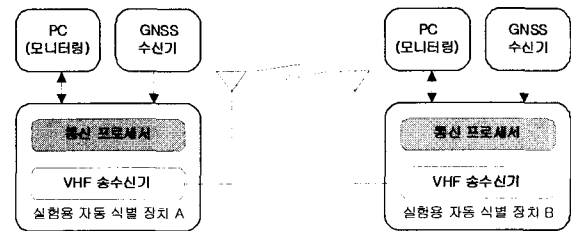


그림 11. 실험 환경  
Fig. 11. Test environment.

<그림 12>는 시험 제작한 자동 식별 장치의 실제 모습을 보여주고 있다. 시험 제작한 자동 식별 장치에서 제안한 시각 동기부는 기능 검증을 위해서 용량이 큰 FPGA를 이용하였지만, 실제 구현한 논리회로는 1600 게이트 미만을 사용하고 있어 작은 용량의 FPGA를 이용해서도 구현 가능하다.

전송 클럭(TXCK1)과 1PPS의 시각 동기 결과를 <그림 13>에 나타내었다. <그림 13>에서 위 파형은 1PPS

를 나타내고, 아래 파형은 전송 클록의 상승 변화 지점을 표시하고 있다. <그림 13>에서 보듯이 1PPS 발생을 전후로 약 600nsec정도의 시각 동기 오차를 나타내고 있다. 이는 AIS 표준에서 제시하는  $\pm 100\mu\text{sec}$ 이내의 시각 동기 오차 사양을 충분히 만족한다.

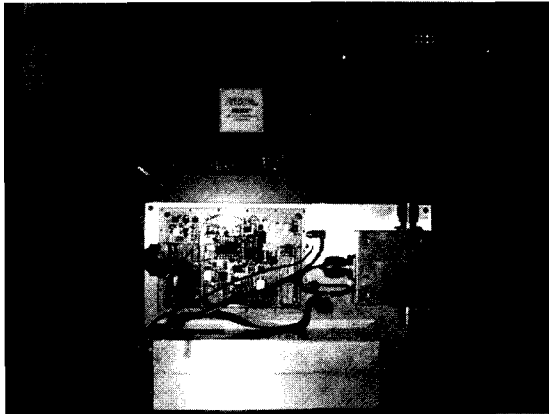


그림 12. 시험 제작한 자동 식별 장치  
Fig. 12. Experimental AIS transponder.

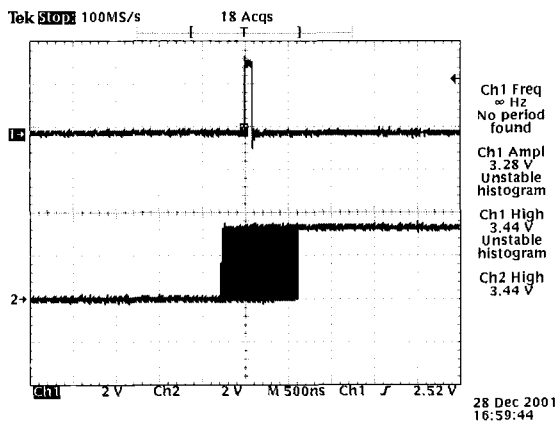


그림 13. 전송 클록과 1PPS 시각 동기 오차  
Fig. 13. Time synchronization error between transmit clock and 1PPS.

<그림 14>는 슬롯 동기 결과를 나타낸 그림이다. 위 그림은 255에서 0까지 계수하는 슬롯 위상 카운터의 최상위 비트 출력을 측정된 파형이다. 측정된 파형의 상승 변화 지점이 슬롯의 시작 시각을 나타내고, 하강 변화 지점이 슬롯의 중간 시각을 나타낸다. 그리고 아래 그림은 1PPS를 측정된 파형이다. 1PPS 신호 파형을 겹쳐서 나타내었고, 슬롯의 시작 시각과 중간 시각에서 1PPS가 발생함을 확인할 수 있다. 앞에서 설명했듯이 1PPS가

작수 초에서는 슬롯의 시작 시각에서 발생하고, 홀수 초에서는 슬롯의 중간 시각에서 발생하는 것을 확인함으로써 슬롯 동기를 확인할 수 있다.

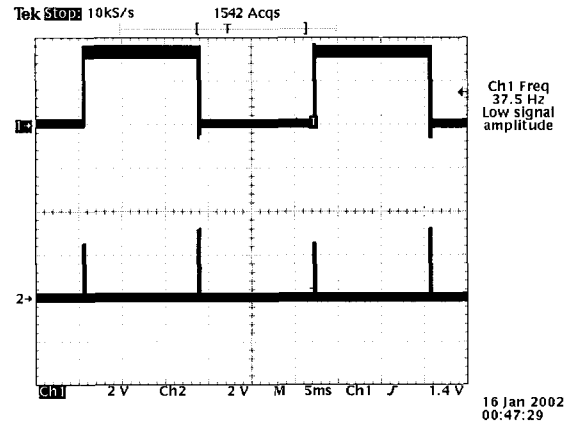


그림 14. 슬롯 위상과 1PPS 발생  
Fig. 14. Slot phase and 1PPS.

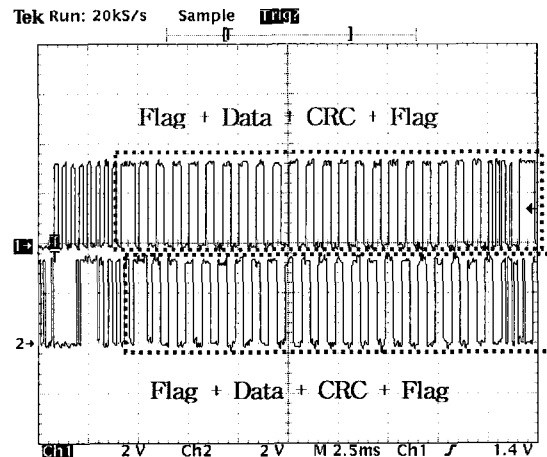


그림 15. 데이터 송수신  
Fig. 15. Data transmit and receive.

<그림 15>는 시험 제작한 자동 식별 장치를 구성하고 슬롯 동기를 이루고 슬롯 계수기가 매분 0을 가리키도록 프레임 동기를 수행한 후 무선 채널을 통한 데이터 송수신 파형을 측정된 것이다. 두 대의 자동 식별 장치 안테나 사이의 거리를 2m로 두었으므로 측정된 파형에 나타난 전송 지연은 신호의 변복조 과정에서 발생한 것으로 볼 수 있다. 또한 메시지 송수신 실험을 2초 간격으로 12시간가량 수행했고, 21,082회의 실험 중에서 193회의 오차가 발생하였는데, 이는 시험 표준에서 제시

하는 10%보다 훨씬 적은 PER(Packet Error Rate) 수치이다.

설계한 자동 식별 장치용 시각 동기부의 신호를 직접 측정하여 IPPS와의 전송 클럭 동기, 슬롯 동기 및 프레임 동기를 검증하였고, 또한 슬롯에 맞추어 메시지 송수신 동작을 확인하였다. 시험 제작한 자동 식별 장치와 상용 자동 식별 장치의 연동을 통하여 제안한 시각 동기 방안의 유효성을 객관적으로 검증하였다.

V. 결 론

본 논문에서는 TDMA 통신을 하는 자동 식별 장치를 위한 새로운 시각 동기 방안과 검증 결과를 제시하였다. 제안한 GPS 수신기의 IPPS 신호를 이용한 자동 식별 장치의 시각 동기 방안이 자동 식별 장치의 기술 표준에서 제시하는 사양을 만족함을 확인하였다. 또한 시험 제작한 자동 식별 장치와 상용자동 식별 장치의 연동 시험을 통하여 호환성을 확인하였다.

TDMA 통신 기술 구현에서 중요한 요소인 시각 동기를 구현함으로써 자동 식별 장치뿐만 아니라 유사한 통신 시스템에 응용이 가능할 것으로 보인다.

다른 자동 식별 장치 신호를 이용한 시각 동기는 자동 식별 장치의 상위 계층 소프트웨어 구현이 필요하므로 상위 계층 소프트웨어 구현을 하고 검증할 것이다.

참 고 문 헌

[1] IMO, IMO Resolution MSC.74(69), Annex 3, Recommendation on Performance Standards for an Universal Shipborne Automatic Identification Systems (AIS), International Maritime Organization, May 1998.

[2] ITU, ITU-R Recommendation M.1371-1, Technical Characteristics for a Universal Shipborne Automatic Identification System Using Time Division Multiple Access in the Maritime Mobile Band, International Telecommunication Union, March 2000.

[3] IEC, IEC 61993-2 Ed.1, Maritime navigation and radiocommunication requirements - Automatic identification systems (AIS) - Part 2: Class A shipborne equipment of the universal automatic identification system (AIS) - Operational and performance requirements, methods of test and required test results, International Electrotechnical Commission, December 2001.

[4] IALA, IALA Guidelines on universal ship-borne automatic identification system (AIS), International Association of Aids to Navigation and Lighthouse Authorities, December 2001.

[5] O. Raeymaeckers, VDL Mode 4 Point-to-point Communication Protocol Evaluation Applied to Airline Operational Communication, MS. Thesis, Department of Aeronautics, Royal Institute of Technology, Sweden, April. 2000.

[6] Ronald Beard, et al., "GPS Common Time Reference Architecture," Proceedings of ION GPS 2000, pp. 895~904, September 2000.

[7] Brendan Giles, et al., "A complete GPS time solution or precision GPS, in 1 1/4 cu in.," Proceedings of ION GPS 2000, pp. 923~932, September 2000.

[8] <http://www.uais.org>

저 자 소 개



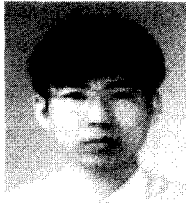
李相禎(正會員)  
 1979년 : 서울대학교 전자공학과 학사. 1981년 : 서울대학교 전자공학과 석사. 1987년 : 서울대학교 제어계측공학과 박사. 1988년~현재 : 충남대학교 전기정보통신공학부 교수.  
 <주관심분야 : 강인 제어, 항법 시스템>



崔逸興(正會員)  
 1997년 : 충남대학교 전자공학과 학사. 1999년 : 충남대학교 전자공학과 석사. 2002년 : 동대학원 박사 수료. 2002년~현재 : (주)네비콤 재직.  
 <주관심분야 : 항법 시스템, GPS 수신기 설계, 항법 오차 추정>

스텝>





吳 相 憲(學生會員)

1999년 : 충남대학교 전자공학과 학사. 2001년 : 동대학원 석사. 2001년 ~현재 : 동대학원 박사과정. <주관심분야 : GPS/INS 통합항법시스템, 추정이론>



朴 贊 植(正會員)

1984년 : 서울대학교 제어계측공학과 학사. 1986년 : 서울대학교 제어계측공학과 석사. 1997년 : 서울대학교 동대학원 박사. 1997년~현재 : 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부 조교수. <주관심분야 : 항법 시스템,

자세 측정, 미지정수 결정 기법>



尹 相 峻(正會員)

1993년 : 충남대학교 전자공학과 학사. 1995년 : 충남대학교 전자공학과 석사. 1998년 : 충남대학교 동대학원 박사 수료. 1998년~현재 : (주)네비콤 재직. <주관심분야 : GPS 시각 동기, 시각동기 및 계측, 항법 시스

템>



黃 東 煥(正會員)

1985년 : 서울대학교 전기공학과 학사. 1987년 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사. 1991년 : 동대학원 박사. 1996년~현재 : 충남대학교 전기정보통신공학부 재직. <주관심분야 : 관성항법시스템, 통합항

법시스템, 공정제어시스템>