

## 하이브리드 통신을 이용한 항로표지의 원격관리 제어시스템에 관한 연구

전중성<sup>†</sup> · 오진석<sup>1</sup>

(원고접수일 : 2011년 6월 15일, 원고수정일 : 2011년 7월 13일, 심사완료일 : 2011년 8월 19일)

### A Study on the Tele-controller System of Navigational Aids Using Hybrid Communication

Joong-Sung Jeon<sup>†</sup> · Jin-Seok Oh<sup>1</sup>

**요 약 :** 다중통신을 지원하는 하이브리드 통신 제어보드는 저전력의 8-bit 마이크로컨트롤러인 ATxmega128A1으로 설계하였으며, 마이크로컨트롤러는 다중통신을 위한 모뎀과 GPS 모듈 등을 시리얼 인터페이스 하기 위한 8개의 UART 포트가 갖추어져 있으며, 내부에 2K 바이트의 프로그램 매개변수와 프로그램이 동작하는데 필요한 데이터를 저장할 수 있는 EEPROM과 128K 바이트의 플래시 메모리 및 프로그램이 실행되는 8K 바이트의 SRAM으로 구성되어 있다.

항로표지의 원격 관리를 CDMA, TRS, RF 등 하이브리드 통신을 이용하면 개별 통신 방식별로 음영지역이 존재하는 경우에도, 최적의 통신방식을 선택하여 통신을 수행하게 됨으로써, 통신 음영지역의 해소 가 가능하다. 또한 통신장치마다 동일한 데이터 프레임을 사용함으로써 데이터의 호환성을 높였다. 실험은 30일 동안 각 부표에서 매 5분마다 데이터를 취득하였으며, 데이터 수신율은 85 % 이상을 보였다.

**주제어 :** 원격관리시스템, 하이브리드 통신, 래치회로

**Abstract:** A fabricated hybrid control board using multi-communication is designed with a low power 8-bit microcontroller, ATxmega128A1. The microcontroller consists of 8 UART (Universal asynchronous receiver/transmitter) ports, 2 kbytes EEPROM, 128 kbytes flash memory, 8 kbytes SRAM. The 8 URAT ports are used for a multi-communication modem, a GPS module, etc. The EEPROM is used for saving a configuration for running programs, and the flash memory of 128 kbytes is used for storing a F/W (Firm Ware), and the 8 kbytes SRAM is used for stack and for storing memory of global variables while running programs.

If we use the multi-communication of CDMA, TRS and RF to remotely control Aid to Navigation, it is able to remove the communication shadow area. Even though there is a shadow area for an individual communication method, we can select an optimal communication method. The compatibility of data has been enhanced as using of same data frame per communication device. For the test, 8640 of data have been collected from each buoy during 30 days in every 5 minutes and the receiving rate of the data has shown more than 85 %.

**Key words:** Tele-controller System, Hybrid Communication, Latch Circuit, Universal Asynchronous Receiver/Transmitter(UART), SMS(Short Message Service)

#### 1. 서 론

급속한 경제성장과 육상교통 체증이 심각해져

해상을 이용한 화물수송이 크게 증가하고 있다. 이  
에 따른 해상교통량의 증가로 매년 해난사고가 빈

<sup>†</sup> 교신저자((주)안세기술, E-mail: jsjeon@ansetech.co.kr Tel: 02)6220-6195)

<sup>1</sup> 한국해양대학교 선박전자기계공학부

번히 발생되고 있으며, 그로 인한 해양환경오염 및 인명안전사고도 심각한 문제가 되고 있다. 특히, 우리나라 연안해역은 매우 긴 해안선과 크고 작은 도서가 많고, 조수간만의 차가 심하며 협수로가 많은 지형으로 구성되어 있어 항상 해난사고의 발생 요인이 산재해 있다. 그 뿐만 아니라, 빈번한 해무(海霧)는 선박의 안전운항에 상당한 장애요인으로 작용하고 있다. 이러한 해상 교통환경의 체계적인 관리를 위해서는 연안해역에 대한 해상교통체계의 전반적인 검토 및 연구가 선행되어야 하는데, 그 중에서도 선박의 안전운항에 길잡이 역할을 하고 있는 항로표지시설의 체계적인 관리가 절실히 필요하다[1-3].

본 논문에서는 해상교통안전시설의 중요한 역할을 하는 항로표지설비에 다중통신을 지원하는 원격관리 시스템(Tele-controller System)을 개발하여, 무인항로표지설비의 성능 또는 동작여부를 실시간으로 감시제어하고 고장발생시 신속히 대처 복구할 수 있도록 한다. 또한 그 기능의 정상여부 및 관련정보를 쉽고 빠르게 이용자에게 전달할 수 있도록 하며, 안전한 해상교통환경을 갖추어 나갈 수 있도록 한다.

해양교통 원격관리시스템은 향후 “e-Navi” 도입시 통합 해양교통시설을 기반으로 수집된 정보를 항해선박에게 효율적으로 제공하며, 해양교통 환경과 해양레저문화 확산에 따른 이용자 증가에 대응하고 향후 국제해사기구(IMO, IALA) “e-Navi”를 지원 할 수 있는 “해양교통시설 기반 유비쿼터스(Ubiquitous) 통합시스템”에 적극 대처 가능하다[4].

## 2. 하이브리드 통신 제어보드

항로표지설비의 하이브리드 통신 제어보드는 MPPT(Maximum Power Point Tracking Algorithm) 기반의 태양광 발전시스템, 파력 발전시스템, 풍력 발전시스템에서 생산된 전압 및 전류 데이터, GPS(Global Positioning System) 수신을 통한 등부표의 위치 데이터를 하이브리드 통신을 통하여 전송한다. 수신된 데이터는 원격 서버에 저장되며, 서버에서는 항로표지설비의 동작 상태를 확인할 수 있는 기능을 제공한다[5].

하이브리드 통신 제어보드의 구성요소로는 제어

보드의 전체기능을 제어하고, CDMA, TRS 및 RF 통신 데이터를 생성하며, GPS 수신을 통한 위치 데이터를 추출하는 하이브리드 통신 제어보드와 CDMA, TRS 및 RF 통신 기능을 담당하는 모뎀, 그리고 제어보드 및 모뎀에 안정적인 전원을 공급하여 주는 +12 V DC-DC 컨버터로 구성되어 있으며, Figure 1은 제작된 제어보드이다.

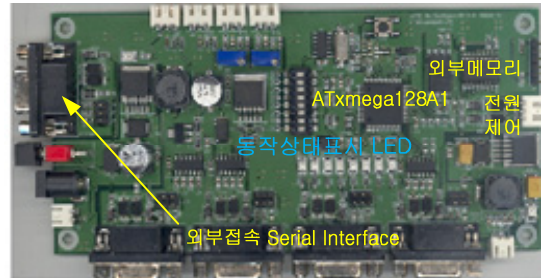


Figure 1: The photograph of the fabricated multi control system for multi-communication

### 2.1 마이크로프로세서

AVR ATxmega128은 시스템 클럭을 발생할 수 있는 방법이 여러 가지가 있으며 이것들을 내부에 분배하는 방법도 매우 다양하다. Figure 2는 클럭 분배도를 나타내었다. 마이크로컨트롤러 내부의 각 부분은 모두 동시에 클럭을 필요로 하지는 않으며, 소비전력을 감소시키기 위하여 각 부분에 별도의 클럭을 공급하고 개별적으로 슬립 모드(Sleep Mode)를 사용하여 이들 클럭의 공급을 차단할 수 있다.

하이브리드 통신 제어보드는 저전력의 8-bit 마이크로프로세서인 ATxmega128A1를 사용하여 Figure 3과 같이 설계하였다[6]. 프로세서는 외부와 시리얼 인터페이스를 위한 8개의 UART(Universal Asynchronous Receiver/ Transmitter) 포트가 갖추어져 있다. 내부에 2K 바이트의 프로그램 매개변수, 프로그램이 동작하는데 필요한 데이터를 저장할 수 있는 EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-only Memory)과 128K 바이트의 플래시(Flash) 메모리 및 프로그램이 실행되는 8K 바이트의 SRAM(Static Random Access Memory)으로 구성되어 있다.

하이브리드 통신 제어보드 설계에 사용된 프로세서는 내부에 플래시 메모리, EEPROM 및 SRAM 등이 내장되어 있기 때문에 별도의 메모리를 연결하지 않아도 프로세서를 동작시킬 수 있는 장점이 있다. 프로그램 수행 및 데이터 저장에 필요한 별도의 메모리가 필요하다면, 외부 메모리를 연결하여 데이터 저장 공간을 확장시킬 수 있다. 향후 확장성 및 유지보수의 용이성을 위하여 외부 메모리를 구성하여 설계하였다.

8-bit 마이크로프로세서인 ATxmega128A1을 사용하여 설계된 회로도에는 Figure 3과 같으며, 컨트롤러 내부의 ADC(Analog to Digital Converter) 기능을 사용하여야 하기 때문에 입력 전원을 VCC 전원과 AVCC 전원을 설계하였다.

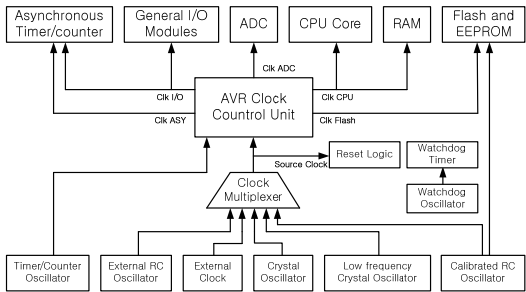


Figure 2: The diagram of a clock and distribution in ATxmega128A1

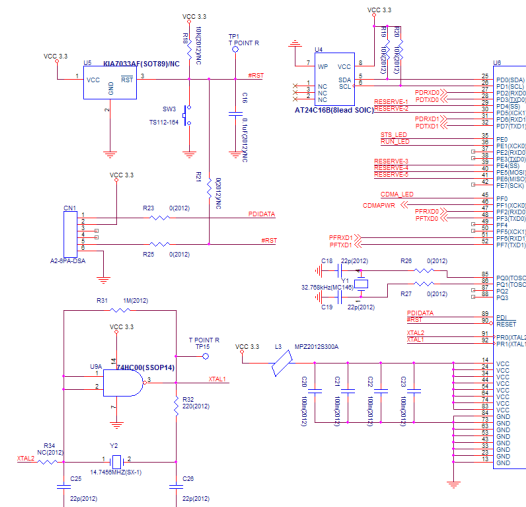


Figure 3: The design circuits using ATxmega128A1

마이크로컨트롤러 실행에 필요한 클럭은 14.7456 MHz의 크리스탈 오실레이터를 XTAL1, XTAL2 핀에 연결하여 클럭 주파수를 공급하여 준다. 이 클럭 주파수는 컨트롤러 내부의 인버터 회로에 연결되어 안정적인 동작을 할 수 있도록 구성되어져 있다.

2.2 Latch 회로

하이브리드 통신 제어보드 설계에 사용된 외부 메모리는 Figure 3의 AT24C16B(Two-wire Serial EEPROM)과 Figure 4의 IS61LV256(Low Voltage CMOS Static SRAM)의 두 가지 종류의 메모리를 사용하였다. 이 중 SRAM을 사용하기 위해서는 프로세서와 메모리 사이에 래치(Latch)회로를 Figure 4와 같이 설계하여 구성하였다. 래치회로는 프로세서가 외부에 신호를 출력하는 시간이 매우 짧으므로 계속해서 출력상태를 유지하기 위해 사용되었다.

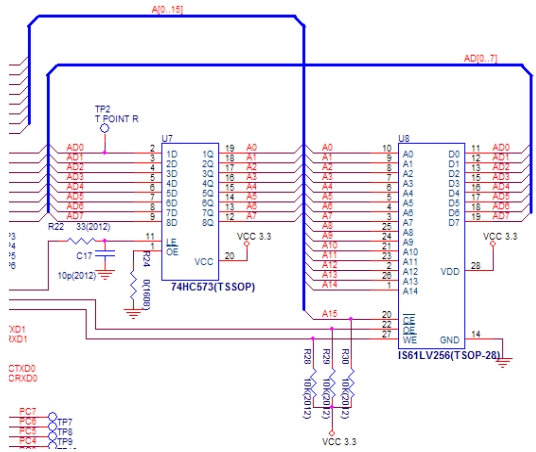


Figure 4: The circuits of the latch

EEPROM은 16k 바이트 용량으로, 시리얼 인터페이스를 사용하여, 전기적으로 내부 데이터를 지우고 읽어 올 수 있다. 시리얼 인터페이스는 SCL(Serial Clock Line), SDL(Serial Data Line)의 두 개의 Line을 이용하는 I<sup>2</sup>C 인터페이스를 이용하였다. 설계 제작된 보드 내의 I<sup>2</sup>C 인터페이스의 타이밍 차트의 측정 데이터는 Figure 5와 같다.

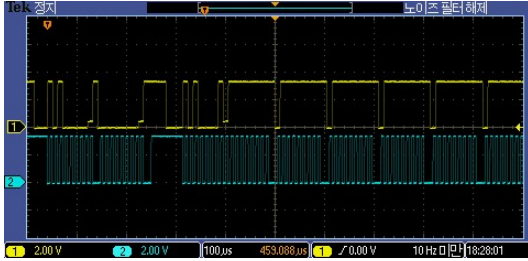


Figure 5: The I<sup>2</sup>C interface data and chart of clock timing

### 3. 하이브리드 통신 제어보드 프로그램

본 프로그램이 탑재되는 하이브리드 통신 제어 보드는 자국의 전압, 전류, 위치 등 다양한 정보를 주기적으로 수집하여 서버로 전송하며 서버에서는 받은 메시지에 의해서 자국의 다양한 장치의 제어를 수행하는 모듈이다. 본 프로그램은 통신 기능 수행을 위해서 통신 모듈에 탑재 되어, SMS(Short Message Service) 통신을 통하여 서버와의 통신을 수행하여 주기적으로 상태정보를 서버로 전송하고, 서버에서는 이를 이력(History)화하여 저장·보관한다. 또한 전력제어모듈과 RS232C 방식의 통신을 통하여 자국 장치의 상태확인 및 제어가 가능하다. ADC를 이용하여 주변 장치의 각종 전압의 측정 기능 및 현재 위치를 GPS를 이용한 현재 위치 및 시간 측정 기능을 가지고 있다.

#### 3.1 하이브리드 통신용 펌웨어

CDMA, TRS 장치는 번호취득, SMS 송·수신과 같이 크게 세 개 부분의 함수가 필요하다. 번호취득, SMS 송신 또는 수신하기 위해서는 통신장치마다 명령어가 필요하다. 같은 CDMA, TRS 장치라도 제조사가 다르면 명령어가 달라진다. 이러한 부분을 해결하기 위해 각 통신장치마다의 함수들을 묶어 놓고 사용하도록 하였다.

제조사가 다르더라도 구현된 함수 내의 명령어에 약간의 수정을 하면 언제든지 사용이 가능하도록 했다. RF MODEM의 데이터 송·수신에는 크게 두 개 부분의 함수가 필요하며, CDMA, TRS처럼 번호취득은 필요 없지만 고유의 ID를 가지고 있어야 한다. 그리고 데이터를 전송하기 위해서는 특별한 명령어는 필요 없다. RF MODEM으로 데이터

를 전송하면 무선으로 데이터를 그대로 전송한다 [7-9].

#### (1) 통신 장치별 함수

Table 1은 통신 장치별 함수 및 세부사항을 나타낸다.

구분	설명
CDMA	CDMA MODEM을 사용하기 위한 함수모음
TRS	TRS MODEM을 사용하기 위한 함수모음
RF	RF MODEM을 사용하기 위한 함수모음

#### (2) CDMA 통신

CDMA 통신을 사용하기 위한 함수는 Table 2와 같다.

Table 2: The function for the CDMA communication

함수명	설명
char get_telno(void)	CDMA MODEM 번호 가져오는 함수
byte get_sms_chk(void)	수신된 SMS 갯수를 확인하는 함수
void get_sms(void)	수신된 SMS가 있으면 메시지를 확인하는 함수
void sms_info(byte * buf)	확인한 메시지에서 데이터 추출 함수
void sms_data_send(byte cmd)	SMS가 송신된 번호로 데이터를 전송하는 함수

#### (3) TRS 통신

TRS 통신을 위한 함수의 설명은 Table 3과 같다.

Table 3: The function for the TRS communication

함수명	설명
void trs_init(void)	TRS MODEM 초기화 함수(ECHO OFF, 번호취득, SMS 자동수신)
byte trs_get_sms_chk(void)	수신된 SMS가 있는지 확인하는 함수
void trs_get_sms(void)	확인한 메시지에서 데이터 추출 함수
void trs_sms_send(byte cmd)	SMS가 송신된 번호로 데이터를 전송하는 함수

(4) RF 통신

RF 통신을 위해 만든 함수는 Table 4와 같다.

**Table 4:** The function for the RF communication

함수명	설명
void rf_status_send(byte cmd)	RF MODEM 데이터 전송 함수
byte get_rf_chk(void)	RF MODEM 데이터 수신 및 데이터 추출 함수

3.2 통신 프로토콜

프로토콜은 정보를 주고받을 때의 통신방법에 대한 규칙과 약속이다. 본 연구에서는 통신장치별 사용방법은 다르지만, 실제 데이터 부분을 데이터 프레임으로 구성하여 어떠한 통신장치와도 호환성을 이루도록 설계하였다[10].

(1) 데이터 프레임

데이터 프레임은 통신망에서 하나의 블록 또는 패킷으로 전송되는 정보의 단위를 말한다. 데이터 프레임은 통신망의 데이터 링크를 위한 프로토콜에 의하여 정의되며, 통신망 연결 지점 간의 통신을 위한 매체상에서만 존재하는 물리적인 표현 방식이다. 데이터 전송을 위한 프레임 구조는 Table 5와 같다.

STX는 데이터 프레임의 시작을 나타내고, HEX로 0x02 값이 지정되어 있다.

ID는 CDMA, TRS 통신장치는 고유의 번호가 있어 관리가 가능하지만, RF 장치는 별도의 번호가 없기 때문에 관리를 하기위해 부여되는 고유의 ID이다. ID는 HEX로 0x00부터 0xFF까지 사용 가능하며, CDMA, TRS 장치는 0x00 값으로 지정되어 있다.

**Table 5:** Transmitted data frame structure

No	구분	Data Size	Data Type	설명
1	STX	1	HEX	프레임의 시작
2	ID	1	HEX	통신장치 ID(RF만 해당)
3	CMD	1	HEX	명령어
4	DATA	가변	HEX	데이터
5	ETX	1	HEX	프레임의 끝

CMD는 관리시스템에서 하이브리드 통신 제어 보드로 데이터의 요청 및 전력생산시스템을 제어

하기 위한 명령이라는 구분과 제어보드에서는 관리시스템으로부터 받은 데이터에 대한 응답 부분을 구분하며 Table 6에 나타내었다.

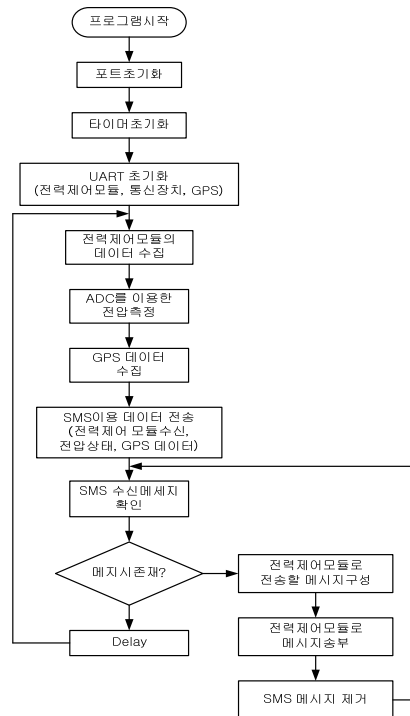
**Table 6:** The command of a CMD

No	CMD	설명
1	0x31	정보전송 요청
2	0x32	전력생산시스템 제어 요청
3	0x41	정보전송 응답
4	0x42	전력생산시스템 제어 요청 응답

데이터로서 전력생산시스템으로부터 나오는 16개의 데이터는 2 bytes HEX로 구성되고 GPS의 위·경도 데이터는 HEX로 각각 6 바이트, 7 바이트로 하고 마지막으로 풍속데이터는 3 바이트 HEX로 순차적으로 구성하였다.

ETX는 데이터 프레임의 끝을 나타내며, HEX로 0x03 값이 지정되어 있다.

3.3 프로그램 구현



**Figure 6:** Flow chart

Figure 6은 제어 프로그램 순서도이며, 우선 프로그램이 시작되면 GPIO(General Purpose Input Output Port), 타이머, UART를 초기화 한다. UART는 전력제어모듈, CDMA, TRS, RF Modem, GPS와의 통신을 위한 것이다. 제어보드의 초기화가 완료되면 데이터 수집 -> 데이터 전송 -> SMS 메시지 확인 및 처리 -> 대기의 절차를 지속적으로 반복하게 된다.

하이브리드 통신 제어보드의 프로그램 구현은 Figure 6의 프로그램 순서도에서 보는 바와 같이 크게 초기화 과정, 데이터 수집 및 전송, SMS 수신 확인 및 처리의 영역으로 구분할 수 있다.

#### 4. 특성 측정 및 평가

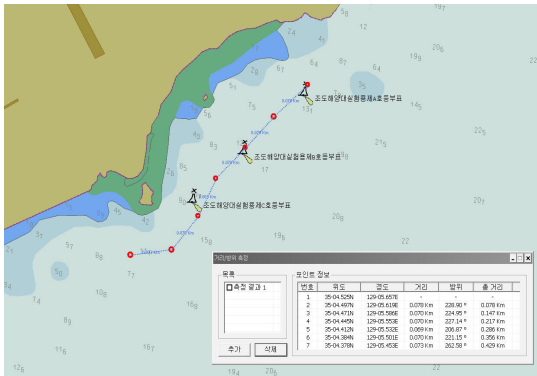


Figure 7: The location of hybrid power generation system

Figure 7과 같이 한국해양대학교 조도 남동쪽 해상에 하이브리드 전력생산 시스템을 6개의 부표에 설치하였으며, 7번 부표는 예비로 사용되었다. 태양광 발전시스템, 파력 발전시스템, 풍력 발전시스템을 통하여 하이브리드 전력생산 데이터를 하이브리드 통신시스템을 통하여 수신하였다.

하이브리드 통신의 SMS 패킷은 프로그램으로 5분마다 송신하게 되어 있으며, 송신시마다 80 바이트 씩 패킷(데이터 프레임)으로 전송한다.

실험은 30일 동안 각각 1일에 288건, 30일 동안 총 8640건의 데이터를 취득하였으며, 데이터 수신율은 Table 7과 같다.

Table 7: The data receiving ratio

No	부표	성공율	측정에 사용된 통신방식
2	B	89.42 %	CDMA
3	C	95.05 %	TRS
4	D	95.98 %	RF
5	E	89.50 %	CDMA
6	F	94.26 %	CDMA
7	G	81.28 %	CDMA

CDMA 통신에서는 하향링크 및 상향 링크로 송·수신되는 각종 채널 신호의 세기가 항상 최적의 크기로 송신되도록 제어하여 과도한 출력에 의한 데이터 용량 저하와 작은 출력에 의한 데이터 품질 저하를 방지하도록 하는 기능이 있다. 데이터 품질은 RSSI (Received Signal Strength Indicator)도 Eb/No(Energy Per Bit to Noise Spectral Density Ratio, Bit Energy; 잡음전력밀도에 대한 비트에너지의 비, 비트당 에너지)도 아니다. 실제로는 통화 채널 프레임이 손상되어 데이터가 끊기는 현상(Frame Error 또는 Block Error)에 의하여 데이터 품질 문제가 발생한다. 이러한 저감 품질을 관리하기 위하여 전체 이동 통신망에서의 프레임 에러는 1% 또는 2% 이하가 되도록 한다. 일반적으로 산발적인 에러가 나는 경우 5% 이상의 FER(Frame Error)이지만, 연속적으로 에러가 나는 경우는 그보다 낮은 FER을 갖는다. 따라서 CDMA의 수신율을 저하는 해상에서 낮은 FER로 인한 것으로 사료된다.

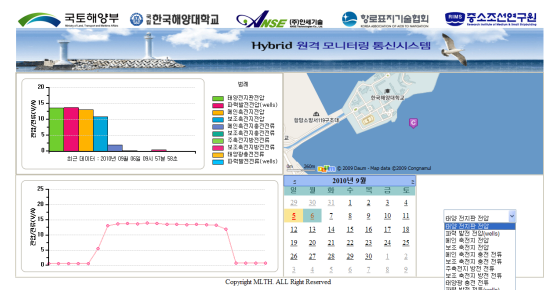


Figure 8: The monitoring program of the tele-controlling system

Figure 8은 하이브리드 통신 제어보드의 다중통



신을 이용한 모니터링 프로그램을 나타내며, 웹상에서 통신 시각, SMS 패킷 송신시 전송된 GPS 위치 데이터, 태양전지판 전압 및 전류, 웰스(Wells) 및 임펄스(Impulse) 파워발전 전압 및 전류, 풍력발전 전압 및 전류, 풍력 회전속도, 주축전지 전압 및 전류, 보조축전지 전압 및 전류 등을 보여준다. 또한 날짜별로 저장된 데이터를 확인할 수 있다.

## 5. 결 론

CDMA, TRS, RF 통신장치를 사용할 때, 데이터 프레임으로 구현을 하지 않으면 통신장치별 또는 새로운 통신장치를 추가할 때마다 새로운 데이터 프레임으로 구성해야 한다.

통신장치 마다 사용방법이 다르지만 동일한 내용의 데이터를 전송하기 때문에 일련의 데이터 프레임이 필요하다. 추후 다른 통신장치를 사용하더라도 데이터를 데이터 프레임으로 구현하게 되면 동일하게 사용이 가능하도록 구성하였다.

해양교통시설 관리를 목적으로 하는 운영시스템은 지역별로 CDMA, TRS, RF 등 다양한 통신 방식을 사용하고 있다. 그러나 하나의 통신방식을 사용한 시스템의 운영을 통해서는 최적의 통신을 지원하기에 부족하며, 일부는 음영구역이 존재하는 경우가 발생하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위한 방법으로 다중통신용 하이브리드 통신 제어보드를 이용한 시스템의 구축이 필요하다. 이러한 하이브리드 통신을 이용하면 개별 통신 방식별로 음영지역이 존재하는 경우에도, 최적의 통신방식을 선택하여 통신을 수행하게 됨으로써, 통신 음영지역의 해소가 가능하다.

모든 하이브리드 통신 제어보드에 다양한 모뎀을 설치할 것이 아니라 전파환경조사를 선행하고, 최적의 통신방식을 설치한 후에 통신 불량 발생 하는 부표를 위주로 하이브리드 통신 제어보드를 적용하면 될 것으로 사료된다.

## 참고문헌

- [1] 정중식, 김선영, "E-Navigation 서비스 제공을 위한 통신망 아키텍처의 설계", 한국해양항만학회지, 제32권, 제1호, pp. 37-45, 2008.
- [2] 항로표지기술협회, <http://www.kaan.or.kr/>, 2010.
- [3] 전중성, 오진석, "CDMA 통신을 이용한 항로표지의 원격관리시스템에 관한 연구," 한국마린엔지니어링학회지, 제33권, 제8호, pp. 369-375, 2009.
- [4] IMO NAV 53/13, Development of e-Navi Strategy, 2007.
- [5] 조관준, 오진석, "태양광 및 풍력 하이브리드 발전 시스템에 관한 연구," 한국마린엔지니어링학회지, 제33권, 제8호, pp. 1254-1260, 2009.
- [6] Atmel, ATxmega64A1/128A1/192A1/256A1/384A1 Preliminary, 8067M-AVR, 2010.
- [7] BCM(BSM)-860S/1860, Programmer's Guide Ver 1.0.6, Telit Wireless Solution, 2010
- [8] Motorola, iO270 iDEN OEM Software Developer's Guide, 2010
- [9] MaxStream Inc, XStream-PKG-R RS-232/485 RF Modem - Product Manual, 2006.
- [10] 전중성, 이서정, "해양교통시설 통합관리시스템을 위한 개방형 운영시스템 구축 방안에 관한 연구," 한국마린엔지니어링학회지, 제34권, 제7호, pp. 1254-1260, 2010.

## 저 자 소 개

### 전중성(田重成)

1961년생. 1997년 한국해양대학교 전자통신공학과(석사). 2000년 한국해양대학교 전자통신공학과(공학박사). 2009년-현재 (주)안세기술통신기술연구소 연구원



### 오진석(吳珍錫)

1960년 3월생. 한국해양대 졸업. 공학박사, 일본 큐슈대학 대학원 졸업(공학박사), 1983년~1986년 영국 ZODIAC 선박회사엔지니어. 1989년~1992년 국방과학연구소 연구원. 1996년~현재 한국해양대 교수. 2001년~2002년 영국 CARDIFF대학 교환 교수, 2002년~2009년 중소기업산학협력단 단장, 2004년~2006년 한국마린엔지니어링학회 기획이사, 2011년~2011년 한국생태환경건축학회 위원장, 2001년~2006년 영국 K.O.Tech. 컨설턴트, 2009년~현재 산학연 ETRS센터 소장, 2009년~2011년 선박전자기계공학부장

