

전파 음영지역 해소를 위한 항로표지관리용 하이브리드 통신 시스템에 관한 연구

전중성[†]

(원고접수일 : 2013년 1월 4일, 원고수정일 : 2013년 5월 14일, 심사완료일 : 2013년 5월 15일)

A study on the hybrid communication system to remove the communication shadow area for controller system of navigational aids

Joong Sung JEON[†]

요약: 하이브리드 통신을 지원하는 하이브리드 통신 신호처리 제어보드는 저전력의 8-bit 마이크로컨트롤러인 ATxmega128A1으로 설계하였으며, 마이크로컨트롤러는 하이브리드 통신을 위한 모뎀과 GPS 모듈 등을 직렬 인터페이스하기 위해 8개의 UART 포트가 갖추어져 있으며, CLI(Command Line Interpreter) 프로그램은 각 포트의 인터페이스를 사용자 환경에 맞게 설정할 수 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 VHF, CDMA, TRS 통신의 경로설정 최적화(Path Optimization) 기능을 갖는 하이브리드 통신을 이용하면 개별 통신 방식별로 음영지역이 존재하는 경우에도, 최적의 통신방식을 선택하여 통신을 수행하게 됨으로써, 통신 음영지역의 해소가 가능하다. 또한 통신장치마다 동일한 데이터 프레임을 사용함으로써 데이터의 호환성을 높였다. 실험은 30일 동안 각 부표에서 매 5분마다 데이터를 취득하였으며, 데이터 수신율은 99.4 % 이상을 보였다.

주제어: 원격관리시스템, 하이브리드 통신, CLI, 경로설정 최적화, SMS

Abstract: Mu-communication board supported by multi-communication is designed with Atxmega 128A1 which is a low power energy consuming of 8-bit microcontroller. ATxmega128A1 microcontroller consists of 8 UART(Universal asynchronous receiver/transmitter) ports which can be setting appropriate user interface having command line interpreter(CLI) program with each port, 2 kbytes EEPROM, 128 kbytes flash memory, 8 kbytes SRAM. 8 URAT ports are used for the multi communication modem, GPS module, etc. and EEPROM is used for saving a configuration for program running, and flash memory of 128 kbytes is used for storing a Firm Ware, and 8 kbytes SRAM is used for stack, storing memory of global variables while program running.

If we uses the hybrid communication of path optimization of VHF, TRS and CDMA to remote control AtoN(aid to navigation), it is able to remove the communication shadow area. Even though there is a shadow area for individual communication method, we can select an optimum communication method. The compatibility of data has been enhanced as using of same data frame per communication devices. For the test, 8640 of data has been collected from the each buoy during 30 days in every 5 minutes and the receiving rate of the data has shown more than 99.4 %.

Keywords: Tele-controller System, Hybrid Communication, Command Line Interpreter, Path Optimization, Short Message Service

[†] 교신저자: 152-050 서울특별시 구로구 구로동 235-2 에이스하이엔드타워 701호,
(주)안세기술, E-mail: kmujseon@msn.com, Tel: 02-6220-6195

1. 서론

2006년 국제해사기구(IMO, International Maritime Organization)는 MSC 81차 회의에서 e-Navigation을 제안했고, 항해안전전문위원회(NAV)와 해상통신 및 수색 구조 전문위원회(COMSAR)에 신규의제로 채택했다[1][2]. 2009년 IMO NAV 55차 회의에서는 해상안전정보에 대한 e-Navigation의 개발을 논의하였다[3]. 특히, 해상안전 관련 사고를 분석한 결과에 따르면, 입·출항이 빈번한 연안에서의 사고 비중이 높게 나타난다[4]. 이는 항해 중인 선박에 체계적이고 적절한 안전정보를 제공함으로써 그 위험을 감소할 수 있으며, 신뢰도 높은 표지 정보를 육상과 선박에 제공하기 위한 체계가 대표적인 수단이 될 수 있다.

등대, 등표 및 등부표 등으로 구성된 항로표지정보는 항해안전을 위한 항로표지 시설에서 수집되는 정보로써, 각 시설에 대한 모니터링과 관리 및 넓은 지역에 분포되어 있는 시설의 특성에 따라 해양수산부에서는 항로표지집약관리시스템을 운영하고 있다[5].

현재의 항로표지집약관리 통신 시스템은 집약관리센터에서 각 표지나 등대 등에서 VHF, UHF 망을 통해 수신한 위치 및 상태정보를 모니터링 함으로서, 항로표지 관리업무를 수행한다.

항로표지의 이탈 및 고장 정보는 현재 방식으로 전달하기 어려우며, 전원의 상태나 전류소모를 원격으로 모니터링 하는 부분 또한 문제점이 나타나고 있다[6].

이러한 문제점을 개선하고자, 본 논문에서는 해상교통안전시설의 중요한 역할을 하는 항로표지시설에 하이브리드 통신을 지원하는 원격관리시스템을 개발하여, 무인항로표지시설의 성능 또는 동작 여부를 실시간으로 감시제어하고 고장발생시 신속히 대처 복구할 수 있도록 한다. 또한 그 기능의 정상여부 및 관련정보를 쉽고 빠르게 이용자에게 전달할 수 있도록 하며, 안전한 해상교통 환경을 갖추어 나갈 수 있도록 한다.

2. 하이브리드 통신 신호처리 보드

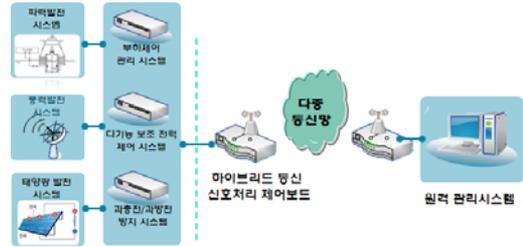


Figure 1 : The blockdiagram of the Tele-controller system of navigational aids using hybrid communication

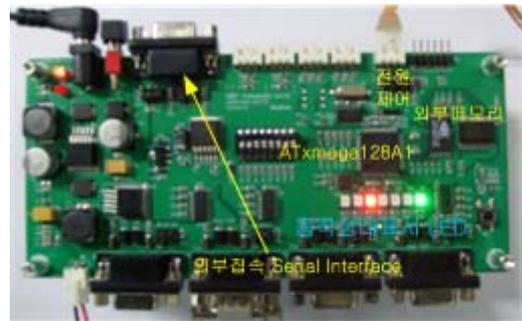


Figure 2 : The photograph of the fabricated signal processing board for hybrid communication

하이브리드 전력생산시스템의 하이브리드 통신을 이용한 신호처리 제어보드는 MPPT(Maximum Power Point Tracking Algorithm)기반의 태양광 발전 시스템[7], Wells 터빈 및 Impulse 터빈을 이용한 파력 발전시스템, 풍력 발전시스템에서 생산된 전압 및 전류 데이터, GPS 수신을 위한 부이(Buoy)의 위치 데이터, 등명기 전원제어 등의 기능을 수행한다. 신호처리 보드는 규정된 프로토콜을 이용, 무선통신 수단인 VHF, CDMA, TRS 통신의 하이브리드 통신을 통하여 전송한다. 원격 관리시스템에서는 하이브리드 전력생산시스템용 Buoy의 전압, 전류, 위치 등의 데이터를 확인하고 제어하는 기능을 제공하며, Figure 1은 항로표지 관리용 하이브리드 통신 시스템의 구성도이다.

회로설계는 신호처리 보드 구동을 위한 펌웨어(Firmware)에서 요구하는 메모리 용량, 외부연결 포트, 전원 전압, 외부 메모리 확장 등을 고려하여

설계하였다. **Figure 2**는 제작된 하이브리드 통신 신호처리 제어보드이다.

2.1 마이크로프로세스

AVR ATxmega128은 시스템 클럭을 발생할 수 있는 방법이 여러 가지가 있으며 이것들을 내부에 분배하는 방법도 매우 다양하다. **Figure 3**은 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.

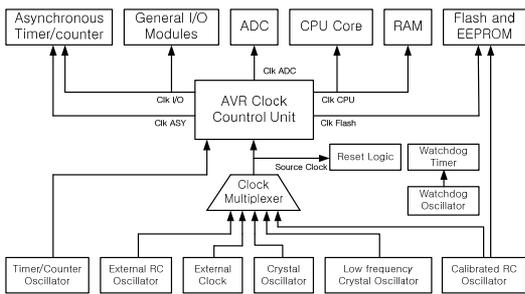


Figure 3 : The diagram of a clock and distribution in ATxmega128A1

하이브리드 통신 신호처리 제어보드는 저전력의 8-bit 마이크로프로세서인 ATxmega128A1을 사용하여 **Figure 4**와 같이 설계하였다[8]. 프로세서는 외부와 직렬 인터페이스를 위한 8개의 UART (Universal Asynchronous Receiver/ Transmitter) 포트가 갖추어져 있다. 프로세스 내부에는 2K 바이트의 프로그램 매개변수 및 프로그램이 동작하는데 필요한 데이터를 저장할 수 있는 EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-only Memory), 128K 바이트의 플래시(Flash) 메모리, 프로그램이 실행되는 8K 바이트의 SRAM(Static Random Access Memory)으로 구성되어 있다.

하이브리드 통신 신호처리 제어보드 설계에 사용된 프로세서는 내부에 플래시 메모리, EEPROM 및 SRAM 등이 내장되어 있기 때문에 별도의 메모리를 연결하지 않아도 프로세서를 동작시킬 수 있

는 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.

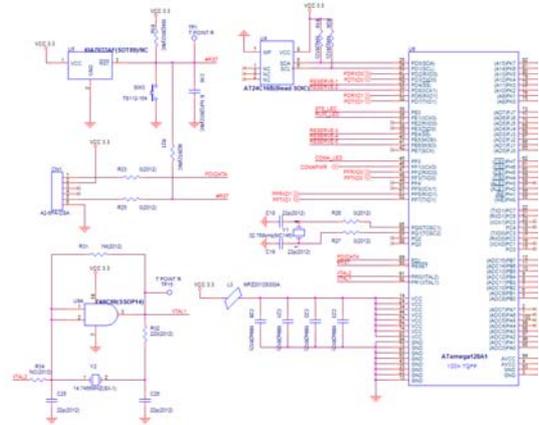


Figure 4 : The design circuits using ATxmega128A1

8-bit 마이크로프로세서인 ATxmega128A1을 사용하여 설계한 회로는 **Figure 4**와 같으며, 콘트롤러 내부에 ADC(Analog to Digital Converter) 기능을 사용하기 위하여 입력 VCC 전원과 AVCC 전원을 설계하였다.

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

2.2 파워 필터링 회로

디지털 회로를 구성할 때 입력 전원의 안정성을 고려하여 프로세서가 안정적으로 동작할 수 있도록 설계해야 한다. 신호처리 보드에 사용되어지는 프로세서는 디지털 입력부분과 아날로그 입력부분, 두 블록으로 구성되어 있다. 이 때, 디지털 회로에서 발생할 수 있는 노이즈(Noise)에 대한 적절한 대책을 강구하여 설계하여야 하며, 프로세서 입

력전원에 대한 디커플링 커패시터(Decoupling Capacitor)와 인덕터(Inductor)로 파워 필터링(Power Filtering) 회로를 구성하여 불필요한 전원 노이즈로 인한 신호의 영향을 제거 하였으며, **Figure 5**에 디커플링 회로를 나타내었다.

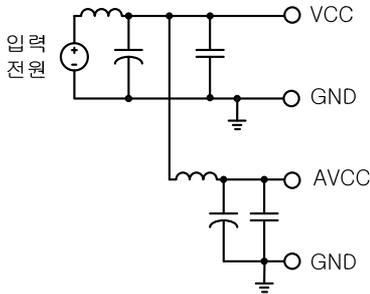


Figure 5 : Decoupling Circuits

2.3 ADC 회로

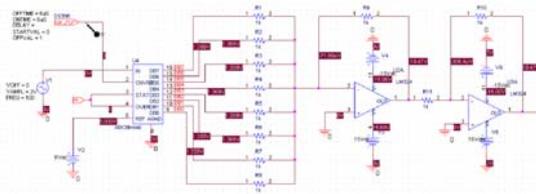


Figure 6 : The circuit of ADC

ADC 회로를 실험하기 위하여 ADC 회로를 OrCAD 프로그램을 이용하여 회로를 작성하였으며, OrCAD 프로그램에 내장된 시뮬레이션 툴을 이용하여 회로의 동작을 시뮬레이션 하였다. 회로 및 시뮬레이션 결과는 각각 **Figure 6**와 **7**에 나타내었다.

위의 회로는 ADC 회로 소자인 U4 입력으로 아날로그 사인파를 직접 입력하는 방식으로 회로를 구성하였다. ADC 회로는 내부 회로를 별도로 구성하지 않고 상용 소자를 이용하여 회로의 출력 결과를 검토하는 방식으로 진행하였다.

입력된 아날로그 사인파가 ADC 회로를 거쳐 8-bit의 디지털 출력값으로 변환되어지는 것을 확인할 수가 있었다.

하이브리드 통신 신호처리 제어보드에 사용된 마이크로컨트롤러 내부에는 10-bit의 출력 결과값을 갖는 ADC 회로가 내장되어 있으며 두 개의 포트에 입력신호를 입력시킬 수 있다.

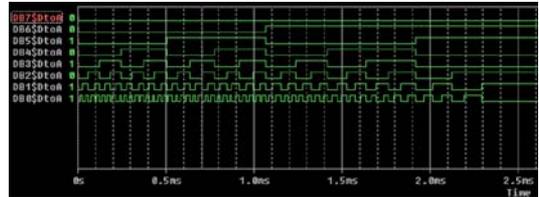


Figure 7 : The results of the simulation

3. 하이브리드 통신 신호처리 보드 프로그램

하이브리드 통신 신호처리 제어보드는 자국의 전압, 전류, 위치 등 다양한 정보를 주기적으로 수집하여 서버로 전송하며, 또한 서버에서는 받은 제어 메시지는 자국의 다양한 장치의 제어를 수행한다. 하이브리드 통신 신호처리 펌웨어 프로그램은 통신 기능 수행을 위해서 통신 제어보드에 탑재되어, 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. ADC(Analog to Digital Converter)를 이용하여 주변 장치의 각종 전압을 측정할 수 있으며, 또한 GPS를 이용하여 현재 위치 및 시간을 측정하는 기능을 가지고 있다.

3.1 하이브리드 통신 신호처리 펌웨어

CDMA, TRS 장치는 번호취득, SMS의 송·수신을 위해서 크게 세 개 부분의 함수를 필요로 한다. 번호취득, SMS를 송·수신하기 위해서는 통신장치마다 다른 명령어가 필요하다. 같은 CDMA, TRS 장치라도 제조사가 다르면 명령어도 달라진다. 이리 부분을 해결하기 위해 각 통신장치마다의 함수들을 묶어 놓고 사용하도록 하였다.

제조사가 다르더라도 구현된 함수 내의 명령어

수정으로 사용이 가능하도록 했다. VHF는 데이터를 전송하기 위한 절차설정을 위한 특별한 명령어는 없으며 데이터를 전송하면 무선으로 데이터를 그대로 Broadcast방식으로 전송한다. 따라서 어떤 노드가 데이터를 전송하면 모든 노드가 수신하게 되는데 각 노드에는 고유의 ID를 가지고 있어 해당 ID를 포함하고 있는 데이터만 취하는 방식으로 통신을 하는 방식이다[9]-[11].

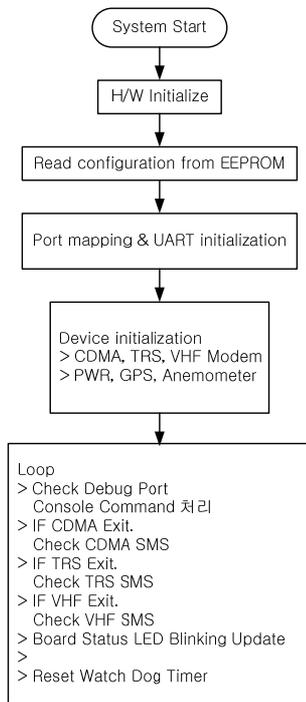


Figure 8 : Initializing Processor

펌웨어는 하이브리드 통신 신호처리 제어보드가 하이브리드 통신 프로세서로 동작할 때 필요한 각 하드웨어 요소별로 구조화 되어있다. 구조화된 주요 구성부분으로서 프로세서 내부시간관리(Timer Manager), 직렬포트관리(Serial Port Manager), 각 무선통신방식(VHF/CDMA/TRS)에 대응하는 장치의 통신 프로세서, GPS 및 온도계측, 발전시스템 등을 기능별로 구조화하였다.

프로그램 구동에 필요한 초기화 과정은 Figure 8 과 같다.

3.2 CLI(Command Line Interpreter)

하이브리드 통신 신호처리 제어보드의 각 포트에 연결된 VHF, CDMA, TRS, GPS, 풍속계의 사용 여부 설정은 종래에는 회로기판 내에 내장된 딥스위치(Dip Switch)에 의해 설정할 수 있었다. 하지만 하이브리드 통신을 구현하기 위해서는 포트설정을 원거리에서 서버를 통하여 설정 가능하여야 하므로 CLI(Command Line Interpreter)를 구현하였다.

CLI 프로그램 동작은 서버에서 동작하며 신호처리 제어보드 프로세서 펌웨어에 서버에서 실행하는 명령어를 해독할 수 있는 명령어 해독기가 내장하였다.

주요 기능은 회로기판에 장착된 직렬포트에 대해 VHF, CDMA, TRS, GPS, 풍속계 설정을 어떠한 포트에도 설정할 수 있으며, 각 포트별 입-출력 설정(I/O Setting)값을 임의로 설정할 수 있도록 구현하였다.

또한, 신호처리 보드에서 CDMA와 TRS는 RSSI(Received Signal Strength Indicator) 값과 노이즈(Noise) 상태를 파악하여 통신경로의 우선순위를 결정하여 이를 원격 운용서버에 알려주어 경로 최적화 기능도 내장하였다.

Figure 9는 하이브리드 통신 신호처리 제어보드의 설정을 위한 메인화면이며, 각 사용자 인터페이스(User Interface)의 설명은 Table 1과 같다.

CLI(Command Line Interpreter) 프로그램에 의해 각 포트의 인터페이스를 사용자 환경에 맞게 설정하여 운용할 수 있으며, 보드에 내장된 직렬포트에 대하여 각각의 운용 상태를 확인할 수 있도록 별도의 모니터링(Monitoring) 화면을 구성하여 그 동작 상태를 확인할 수 있도록 구성하였다.

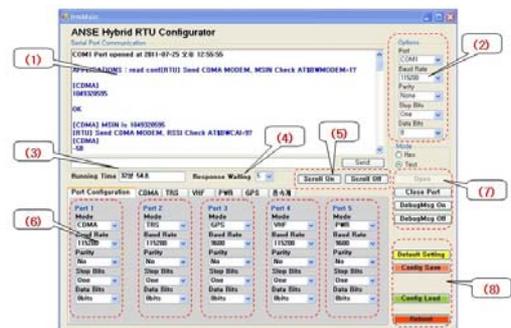


Figure 9 : Configuration of the hybrid communication

Table 1 : UI of the configuration program

	입·출력 화면 (I/O Window)	설명
(1)	Debug Window	Debug Port로 주고받는 입·출력 데이터를 보여주는 창
(2)	Debug Port Config.	Debug Port Parameter Configuration - COM Port 설정 - Baudrate, Databit, Paritybit, Stopbit 설정
(3)	Running Time	보드의 실제 Running Time을 나타냄
(4)	Response Waiting Time	PC 프로그램의 명령에 대하여 보드의 반응을 기다리는 시간 (Default : 6초)
(5)	Scroll On/Off	Debug Window의 스크롤을 중지시키고 재개시키는 버튼
(6)	Serial Port Config.	Serial Port Parameter 설정
(7)	Debug Port Control	Debug Port의 제어 버튼
(8)	Configuration	환경설정 값 제어

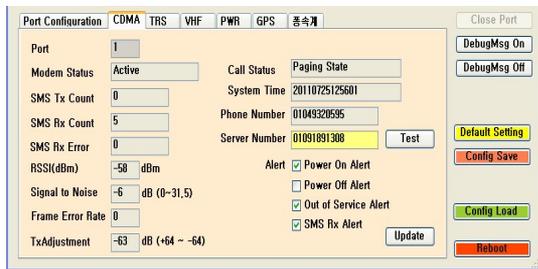


Figure 10 : Monitoring display of CDMA port

Figure 10은 직렬포트에 연결된 CDMA 통신장치와의 인터페이스 동작을 확인할 수 있는 모니터링 화면이다. 연결된 포트 수, 통신장치의 현재 상태, 송·수신 메시지 확인, 수신감도, 시각정보 등을 확인할 수 있다.

3.3 통신 경로설정 최적화 기능

하이브리드 통신 제어보드에 VHF, CDMA, TRS 통신장치를 부착하여 운영할 경우에 보드와 서버와의 데이터 송·수신을 위해 통신경로의 상태를 파악하여 어느 통신장치를 이용하여 전송할 것인지를 결정할 수 있는 경로설정 최적화 기능을 구현하였다. 하이브리드 통신의 경우 비용측면을 고려

하여 먼저 VHF 통신을 수행한 후 통신이 이루어지지 않을 경우 CDMA와 TRS 모뎀의 RSSI와 노이즈 값을 비교하여 우수한 성능의 통신을 먼저 통신이 이루어지도록 구현하였다.

3.4 프로그램 구현

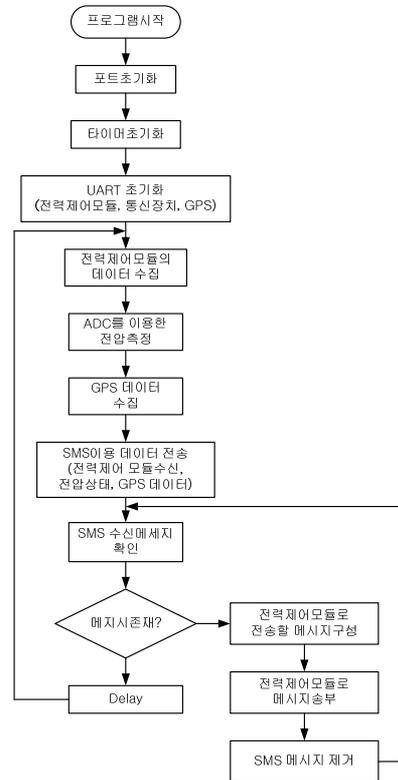


Figure 11 : Flow chart

하이브리드 통신 제어보드의 프로그램 구현은 Figure 11의 신호처리 보드 프로그램 순서도에서 보는 바와 같이 크게 초기화 과정, 데이터 수집 및 전송, SMS 수신 확인 및 처리의 영역으로 구분할 수 있으며, 각 영역별로 프로그램 구현에 대한 세부 내용은 다음과 같다.

3.4.1 시스템 초기화

시스템 초기화 단계에서는 MCU(Micro Controller Unit)의 각종 I/O포트를 초기화 하고, ADC 사용을 위한 레지스터 설정, WatchDog 사용을 위한 설정, 타이머 설정, VHF, CDMA, TRS,

GPS, 전력제어 모듈과의 통신을 위한 UART 설정을 수행 한다. 각 통신 포트의 초기화는 각 모듈의 특성을 참고하여 데이터 비트, Stop Bit, Parity 방식, 통신 속도를 각 특성에 맞게 설정한다. 초기화가 끝나게 되면 데이터 수집 및 전송, SMS 수신 확인 및 처리의 작업을 계속적으로 반복하게 된다.

3.4.2 데이터 수집 및 전송

데이터의 수집은 ADC 데이터, 전력제어모듈로부터 수신된 데이터, GPS 데이터로 크게 세분할 수 있다. 통신모듈의 SMS의 기능을 통하여 데이터를 전송하며, SMS는 1회 데이터 송신 크기가 80 바이트로 제한되어 있다. 이를 고려하여 메시지를 구성하고 이를 전송한다.

데이터의 전송은 통신 모듈의 SMS 기능 중 MO (단문발신), MOACK(단문발신결과) 명령어를 사용하여 수행한다. 데이터 전송의 확인은 서버의 처리 결과에 의한 응답이 아니다. 단문발신결과가 OK이면 전송완료로 인식한다. 즉, 서버가 정상적으로 처리했다는 의미가 아니라 서버쪽의 통신 모듈까지 정상적으로 송신되었다는 의미로 해석해야 한다.

3.4.3 SMS 수신 확인 및 처리

SMS 수신 확인은 MTCNT(수신된 단문갯수 조회), READMT(수신된 단문읽기), DELMT(수신된 단문 삭제)를 이용해서 처리한다. 서버로부터 수신 메시지는 전력제어모듈로 전송되는 제어명령 하나이다. 메시지 수신 후 전력제어 모듈의 통신 프로토콜에 맞게 데이터 형식을 변경시킨 후 전력제어 모듈로 데이터를 송신한다. 전력제어모듈로의 데이터 전송 후 처리결과에 대한 응답은 별도 확인하지 않는다.

4. 특성 측정 및 평가

Figure 12와 같이 한국해양대학교 조도 남동쪽 해상에 하이브리드 전력생산 시스템을 7개의 부표 중 3개의 부표에 하이브리드 통신 신호처리 제어 보드를 설치하였다. 태양광 발전시스템, 파력 발전 시스템, 풍력 발전시스템을 통하여 전력생산 데이터를 하이브리드 통신시스템, 즉, VHF, CDMA, TRS 통신을 통하여 수신하였다.



Figure 12 : The location of hybrid power generation system

Table 2 : The data receiving ratio

No	부표	성공율	측정에 사용된 통신방식
1	A	99.42 %	VHF, CDMA, TRS
2	B	98.58 %	CDMA
3	C	97.95 %	TRS

하이브리드 통신의 SMS 패키지는 프로그램으로 1분마다 송신하게 되어 있으며, 송신시마다 80 바이트 씩 패키지(데이터 프레임)로 전송한다.

실험은 30일 동안 각각 1일에 1,440건, 30일 동안 총 43,300건의 데이터를 취득하였으며, 데이터 수신율은 Table 2와 같다.

부표 A의 경우 경로설정 최적화 기능을 실험하기 위하여 VHF, CDMA, TRS 모뎀을 동시에 설치하여 30일 동안 측정하였으며, 하이브리드 통신방식을 채택한 부표 A에서 VHF 통신 97.06 %, CDMA 통신 2.26 %, TRS 통신 0.1 % 가 사용되었으며, 단일 모뎀을 설치한 부표 B, C 보다는 좋은 측정결과를 나타내었다.

Figure 13은 하이브리드 통신 신호처리 제어보드의 하이브리드 통신을 이용한 모니터링 프로그램을 나타내며, 웹상에서 통신 시각, SMS 패키지 송신 시 전송된 GPS 위치 데이터, 태양전지판 전압 및 전류, 웰스(Wells) 및 임펄스(Impulse) 파력발전 전압 및 전류, 풍력발전 전압 및 전류, 풍력 회전속도, 주축전지 전압 및 전류, 보조축전지 전압 및 전

류 등을 보여준다. 또한 날짜별로 저장된 데이터를 확인할 수 있다.

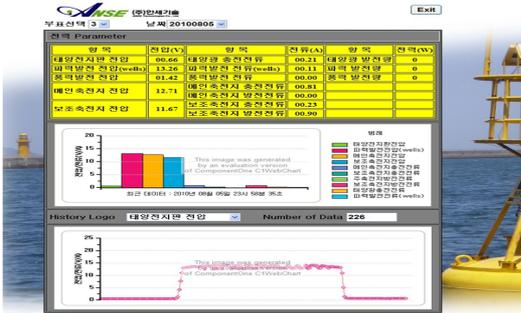


Figure 13 : The monitoring program of the tele-controlling system

5. 결 론

VHF, CDMA, TRS 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 구현하였다.

해양교통시설 관리를 목적으로 하는 운영시스템은 지역별로 AtoN AIS, VHF, UHF, TRS로 다양한 통신 방식을 사용하고 있다.

그러나 하나의 통신방식을 사용한 시스템의 운영을 통해서서는 최적의 통신을 지원하기에 부족하며, 일부는 음영구역이 존재하는 경우가 발생하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위한 방법으로 하이브리드 통신 신호처리 제어보드를 구현하였으며, 이를 최적의 통신방식을 선택하여 통신을 수행하게 하도록 경로설정 최적화(Path Optimization) 기능을 추가하였다. 이러한 하이브리드 통신을 이용하면 개별 통신 방식별로 음영지역이 존재하는 경우에도, 최적의 통신 방식을 사용하므로써 통신 음영지역의 해소가 가능하게 되었다.

참고문헌

- [1] COMAR Subcommittee, Report of the COMSAR subcommittee, International Maritime Organization (IMO) Radio communications and Search and Rescue(COMSAR) 10th, pp. 78-82, England, 2006.
- [2] NAV Subcommittee, Report of the NAV subcommittee, IMO Navigation 52nd, pp. 88-93, England, 2006.
- [3] IMO, "Development of an e-navigation strategy implementation plan (by UK)", IMO NAV 55th 11, England, 2009.
- [4] Joong-Sung Jeon, Seo-Jeong Lee, and Jin-Seok Oh, "A study on the development of the integration management system for the standardized high-tech marine transportation infrastructure", Journal of the Korean Society of Marine Engineering, vol. 34, no. 3, pp. 369-376, 2010, (in Korean).
- [5] Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, "An expert forum report on an operational improvements of integration management system of the aids to navigation", Maritime Traffic Facilities Division, Korea, 2006 (in Korean).
- [6] Joong sung Jeon and Jin-Seok Oh, "A study on the tele-controller system of navigational aids using CDMA communication" Journal of the Korean Society of Marine Engineering, vol. 33, no. 8, pp. 1254-1260, 2009, (in Korean).
- [7] Jin-Seok Oh and Kwan-Jun Jo, "A study on solar-wind hybrid power generation system," Journal of the Korean Society of Marine Engineering, vol. 33, no. 8, pp.1254-1260, 2009, (in Korean).
- [8] Atmel, ATxmega64A1/128A1/192A1/256A1/384A1 Preliminary, 8067M-AVR, 2010.
- [9] Telit Wireless Solution, BCM(BSM)-860S/1860, Programmer's Guide Ver 1.0.6, Telit Wireless

Solution, 2011, (in Korean).

- [10] Motorola, iO270 iDEN OEM Software Developer's Guide, Motorola, 2011.
- [11] How Wireless and Navigation, RM-150 VHF Modem - Product Manual, <http://www.skysweep.com/> Accessed May, 2011.