

해양환경모니터링을 위한 표류부이 개발

유영호† · 강용수* · 이원부**

(원고접수일 : 2009년 1월 29일, 원고수정일 : 2009년 4월 20일, 심사완료일 : 2009년 7월 20일)

Development of a Floating Buoy for Monitoring Ocean Environments

YungHo, YU† · YongSoo, Gang* and WonBoo, Lee**

Abstract : The state changes of ocean covered over 70% of earth surface are one of the greatest factor of weather catastrophe. Recently weather extraordinary events are followed by steep increase of sea water temperature and scientists in various fields are studying and warning the weather changes. In this paper, floating buoy is developed to monitor ocean environments via Orbcomm satellite and a method is proposed to increase measurement accuracy of sea water temperature with common low price temperature sensor. Experimental results are presented to illustrate the usability and effectiveness of the developed system. A web-based real time monitoring system is built to monitor ocean environmental information such as sea and air temperature, salinity according to the position of buoy through the internet for user convenience.

Key words : Floating buoy(표류부이), Web-based real time monitoring system(웹기반실시간 감시시스템), Monitoring ocean environments(해양환경감시), measurement accuracy of sea water temperature (해수온도측정정도)

1. 서 론

1990년 태평양에서 엘니뇨현상에 의해 해양 표층의 난류 이동이 지구 전체 반 정도의 기후를 움직인다는 것이 밝혀진 이래로 70여 개의 관측부이가 태평양 연안 아시아와 미국 사이에 설치되었으며, 1997년부터 대서양 열대해역에 Pirata 부이가 설치되어 해양환경을 관측하기 시작하였다^[1].

2004년 12월 수마트라 섬 서쪽 부근에서 발생한

진도 9.0의 지진으로 인도양 주변국가에 막대한 피해를 일으킨 사건이후로 우리나라에서도 해양환경 모니터링에 관한 관심이 고조되고 있다. 우리나라에서는 평택, 종달암, 제주도, 북여도, 관암 등지에 고정식 기지를 설치하여 Fig. 1과 같이 실시간 해양환경모니터링시스템을 개발하여 해양환경정보를 실시간으로 제공하고 있다^[2]. 그러나 센서 기지는 해안이나 연안 도서에 설치되어 있어 실제 해양에서의 관측이라고는 보기 어렵다. 해양환경관측에

† 교신저자(한국해양대학교 IT공학부, E-mail:yungyu@hhu.ac.kr, Tel:051-410-4345)

* 신동디지털

** 신동디지털 상무이사

관한 연구와 사업은 한중 공동 황해 해양관측연구, 기상청과 국토해양부의 USN기반 기상·해양 통합 관측환경구축사업이 있으며, 기상청은 400톤급 해양기상관측 전용선박을 건조하여 2010년에 취항시킬 계획을 가지고 있다^[3]. 또한 국립기상연구원과 국립수산진흥원에서는 통신해양기상위성 기상자료 처리시스템, 전 지구 해양변화감시시스템구축, 한반도 지진관측환경 및 지진해일 예측연구, 해양기상관측 및 예측 연구, 해수면온도변화 등 다양한 연구를 수행하고 있다^[4, 5].

본 논문에서는 해양환경모니터링을 위한 라그랑지법으로 운용되고 있는 표류부이 시스템(Lagrangian Drifter)을 효과적으로 구성하는 방법 및 최적화된 장치개발에 대하여 연구한다. 해수의 유동을 측정하는 표류부이의 선체는 바람의 영향을 최소화하고 해수의 에너지원에 의하여 이동이 가능하도록 현재까지 다양한 형태의 선체가 개발되어 왔다^[6-8].

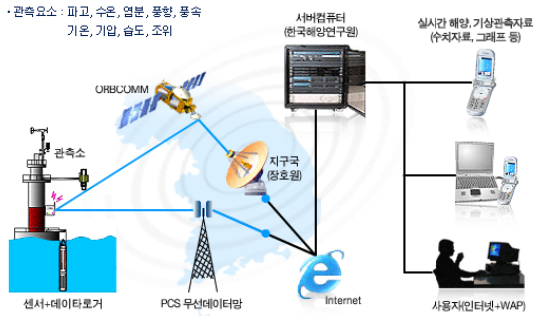


Fig. 1 Current ocean environment monitoring system in Korea

본 논문에서는 표류부이식 실시간 해양환경 모니터링시스템을 개발하기 위하여 해양환경연구 요소 중 가장 기본적으로 조사하고 있는 수온과 염분의 관측에 필요한 시스템을 개발하고, 측정데이터의 정밀도를 향상시키기 위하여 센서이득을 보정하는 방법을 제안한다. 개발된 온도센서는 범용 온도 실험 챔버를 이용하여 외국의 우수한 제품과 비교 계측실험을 수행하고 이를 통하여 제안한 기법의

효율성과 활용성을 입증한다. 또한 표류부이의 항적과 해당위치에서의 다양한 해양환경 측정정보를 위성통신을 통하여 서버의 데이터베이스에 저장하고 사용자는 인터넷을 통하여 원하는 정보를 전자해도 상에서 조회할 수 있는 시스템을 개발하여 실시간으로 해양환경정보를 감시할 수 있는 인터넷 기반 실시간 해양환경모니터링시스템을 구축하고자 한다.

2. 부이선체 및 임베디드시스템 설계

2.1 선체시스템설계

표류부이의 선체는 해상 풍 또는 해류 및 조류에 의해 유동할 수 있도록 제작하고 있으며, 그 운용 환경적 특성에 맞게 기밀이 유지되고 장치를 보호할 수 있는 구조물이어야 한다. 일반적으로 해류 및 조류 측정에 사용되는 표류부이의 선체는 바람의 저항을 최소화 하고 전자 장비를 적재할 수 있는 공간을 확보하는 구조이다. 본 연구에서는 조류에 따라 움직일 수 있도록 Fig. 2와 같이 구의 구조와 Fig.3과 같은 홀리색(Holy Sack)를 설계하여 홀리색의 깊이를 조종함으로써 조류를 선택할 수 있도록 설계하였다.

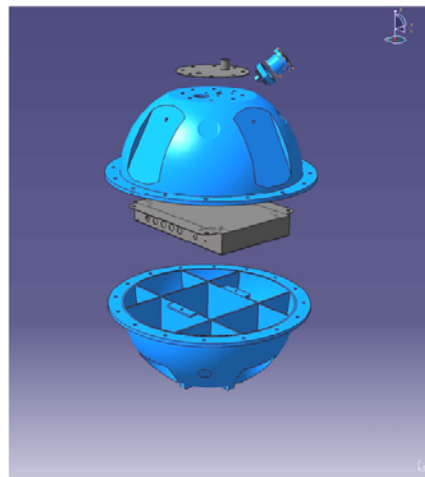


Fig. 2 Assembly drawing of floating buoy

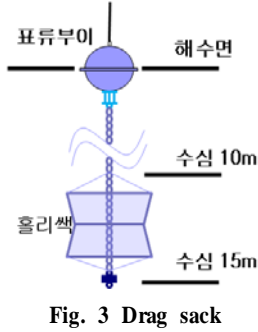


Fig. 3 Drag sack

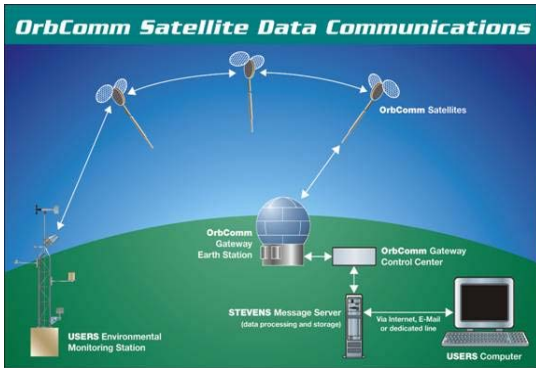


Fig. 4 Orbcomm Satellite Data Communication Network

2.2 해양데이터 수집 전송장치

표류부이의 데이터는 해상에서 생산되어 육상의 운용자에게 자료가 전송되어야 하므로 각각의 운용 환경에 맞는 무선 전송장치를 요구한다. 현재 무선 데이터 전송은 HF, UHF, VHF와 같은 RF Data 전송방식 또는 CDMA 및 W-CDMA와 같은 PCS 통신서비스 방식, Orbcomm, Iridium, GlobalStar, Inmarsat 등의 위성통신서비스를 이용하는 방식 등이 쓰이고 있다⁽⁸⁾. 표류부이는 오일러의 기법을 따른 육상 또는 근거리 해안의 고정식 관측 장치와는 달리 해류의 움직임에 따라 자유롭게 이동하는 장비로, 그 관측목적에 따라 이동 범위가 매우 크므로 전송거리와 지역적인 제약이 있는 RF Data 전송방식이나 PCS와 같은 통신서비스로는 지속적인 데이터의 전송을 기대하기가 매우 어렵다. 본 연구에서 자료전송 매개체로는 지구 전역 통신이 가능한 Orbcomm 위성 데이터통신을 이용하였으며, 단말기는 Orbcomm 위성 데이터통

신모뎀 Modem ST2500 모델을 사용한다. Orbcomm 위성통신망은 Fig. 4와 같이 수집된 데이터는 Orbcomm 위성을 통하여 육상 지구국과 연결되며 사용자는 이메일의 형태로 해당 자료를 편리하게 수신할 수 있다.

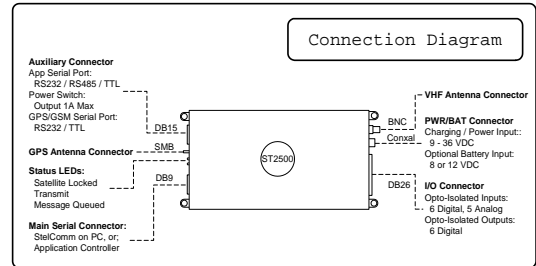


Fig. 5 ST2500 Connection diagram

Fig. 5는 ST2500의 결선도이다. Fig. 5에서 주 통신 포트(Main Serial Connector)는 PC를 통하여 제어 애플리케이션 설정 또는 관련사의 프로그램 등을 다운로드하거나 디버깅을 할 수 있다. 보조연결구(Auxiliary Connector)를 통하여 외부의 직렬 센서 또는 통신장치를 연결하거나 직렬 방식으로 GPS/GSM 등을 연결할 수 있으며, 외부 장치의 전원을 제어할 수도 있다. 데이터를 전송하기 위하여 송신부 외부에는 VHF 안테나를 연결하는 커넥터가 있고 이 외에 Donor 방식의 외부 GPS 안테나를 연결할 수 있는 커넥터가 있다. I/O 커넥터는 5개의 아날로그 입력 및 6개의 디지털 입력 채널, 6개의 디지털 출력 채널이 있어 각종 신호 입출력이 가능하고 높은 해상도를 요구하지 않는다면 준비된 포트만으로도 아날로그와 디지털 입출력 제어가 충분히 가능하다.

2.3 관측센서 및 컨트롤러 설계

해양환경관측의 중요한 센서는 염도측정센서와 온도측정센서이다. 염도측정센서는 Aanderaa사의 Conductivity Sensor 3919A 센서를 사용하였으며, 수온센서는 YSI사의 44203 NTC를 사용할 수 있도록 Fig. 6 과 같이 측정보드를 개발하였다. 측정정도검증을 위하여 정도가 높고 고가인

Vaisala사 HMP-45A 센서를 이용하여 비교 검증하였다. ADC로서 Microchip사의 12bit SPI ADC MCP3202를, 마이크로프로세서는 PIC 16F873A를 사용하였다.



Fig. 6 Water temperature sensor and data acquisition system

3. 온도센서보정과 모니터링시스템

3.1 센서의 특성과 보정

이상적인 선형센서는 선형오차를 포함하지 않고 있다는 가정 아래에 기울기(Gradient)와 오프셋(Offset)의 값만을 가지지만 일반적인 센서는 식 (1)과 같이 굴곡도 A, 기울기 B와 오프셋 C를 가진다.

$$Y = Ax^2 + Bx + C \quad (1)$$

본 연구에서는 저렴한 온도센서를 이용하여 고가의 고정도를 가진 온도센서와 유사한 정도를 가지는 온도계측시스템을 개발하고자 한다. 이를 위하여 저가의 온도센서 YSI사의 44203 NTC, Microchip사의 12bit SPI ADC MCP3202, 마이크로프로세서 PIC 16F873A를 이용하여 Fig. 6과 같은 온도계측시스템을 개발하였다. 개발한 시스템을 표준온도 챔버에 넣고 사용범위 내에서 실험계측을 행하여 식(1)에서 실측데이터 x와 표준온도 y를 입력하면 A, B, C를 구하는 소프트웨어를 개발하였다. Fig. 7은 보정결과 그래프이다.

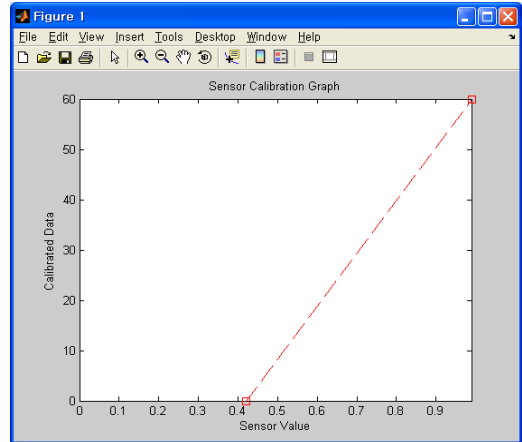


Fig. 7 Calibration result diagram

Table 1 Result of chamber test

측정점(°C)	Y:기준기값(°C)		X:센서값(°C)	
	측정값	오차	측정값	오차
-40	-40.08	0.08	-39.95	-0.05
-35	-35.01	0.01	-34.99	-0.01
-30	-29.96	-0.04	-30.01	0.01
-25	-24.97	-0.03	-25.04	0.04
-20	-20.08	0.08	-20.00	0.00
-15	-15.00	0.00	-15.03	0.03
-10	-10.03	0.03	-9.98	-0.02
-5	-5.03	0.03	-5.06	0.06
0	0.01	0.01	0.00	0.00
5	5.01	0.01	5.03	0.03
10	10.03	0.03	9.99	-0.01
15	15.01	0.01	15.04	0.04
20	19.99	-0.01	20.08	0.08
25	25.00	0.00	25.01	0.01
30	30.02	0.02	29.97	-0.03
35	34.97	-0.03	35.11	0.11
40	40.03	0.03	40.11	0.11
45	45.01	0.01	44.99	-0.01
50	50.00	0.00	50.09	0.09

전체 테스트 시스템은 0.1°C 이내의 정밀도가 있는 기준센서가 장착된 온습도 챔버를 이용하여 -40°C ~ 50°C까지의 구간에 10°C 간격으로 관측하여 중간결과를 생성하였으며, 이 중 -40°C, 20°C, 50°C의 대푯값으로 각각의 Y, X 값을 식 (1)에 입력하여 결과를 얻었다. 이 실험에서의 대푯값

으로 사용된 수치는 관측 포인트에서 챔버의 온도에 계속 값이 안정화 된 이후 기준센서 및 관측센서에서 계속된 수치 20점 중 최대의 수치 및 최소의 수치 각각 5점의 데이터를 버리고 중간값 10 점을 평균한 것을 대푯값으로 정하여 관측한 것이다. 초기에 온도센서 계속오차는 -40℃ 지점에서 0.2℃, 0℃지점에서 0.1℃ 50℃지점에서 -0.3℃의 오차를 보였고, 이 관측 값을 토대로 생성된 A, B, C 값을 Embedded 온도센서 계속시스템에 적용하여 동일한 테스트를 수행한 결과 Table 1 같이 우수한 오차특성을 나타내었다.

3.2 데이터베이스 설계

Orbcomm 위성모뎀은 생산된 자료를 위성을 통하여 관문지구국으로 발송하며, 이 자료는 인터넷을 통하여 E-mail 형태로 발송한다. 수신 계정에 전자메일 형태로 수집된 자료는 데이터베이스에 재사용이 가능한 형태로 저장되어야 하기 때문에 원시자료를 파싱 할 수 있는 수신 시스템이 구축되어야 자료의 접근성이 높아진다. 표류부이로부터 전송된 데이터는 Orbcomm위성을 통하여 장호원 기지국으로 전송되며 장호원 기지국에서 TCP/IP 또는 UDP를 통하여 전자 메일 또는 원천 데이터 형태로 전송된다. Fig. 8은 표류부이로부터 데이터베이스로의 자료 흐름이고 Fig. 10은 데이터베이스의 구조이다.

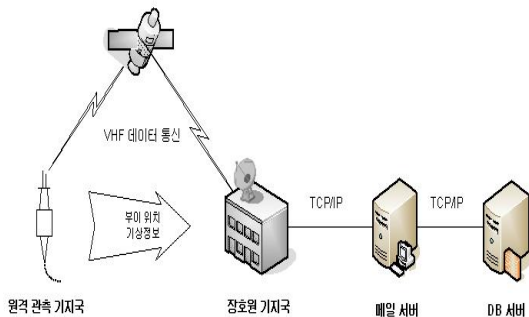


Fig. 8 Data transfer flow diagram

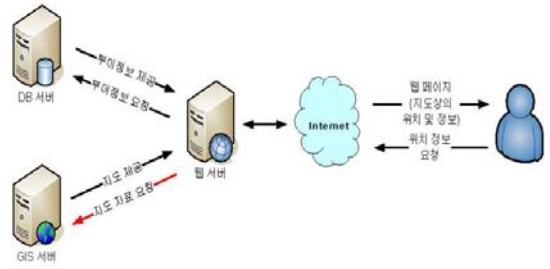


Fig. 9 Web service flow diagram

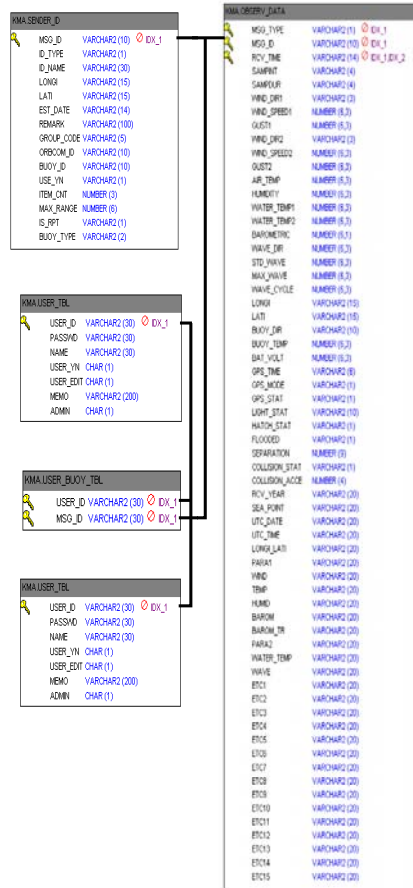


Fig. 10 Buoy database schema

3.3 자료표시 시스템의 설계

데이터베이스 서버에는 위성통신을 통하여 부표 위치 정보 및 각종 자료가 저장되며 GIS(Geographic Information System) 서버에는 전자해도 데이터



Fig. 11 web client user interface

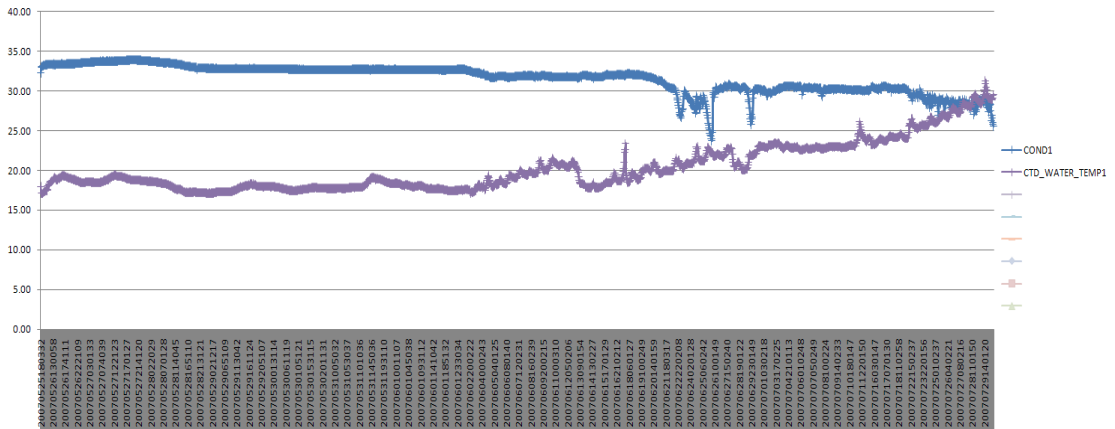


Fig. 12 Time series data (blue: salinity, purple: water temp.)

가 저장된다. 웹 서버에서 사용자 요청에 따라 적절한 정보를 추출하여 이를 사용자에게 제공한다. 전자해도 및 각종 부이 정보 데이터는 웹 전자해도 컴포넌트를 통하여 사용자에게 제공된다. Fig. 9는 사용자의 요청에 의한 시스템의 정보흐름을 도시하였다.

웹 서비스 절차는 인터넷 익스플로러를 통해 정해를 웹 주소를 입력 하여 접속하고, 로그인 절차를 통해 로그인 한 후, 관련 표류 부이의 위치 정보를 가져오는 순서로 전개된다. 그리고 데이터베이스 서버 내부적으로는 전자해도의 ENC

(Electronic Navigation Chart) 정보를 GIS 서버 측에 요청한다. 차트 정보를 수신한 후 전자해도 커널을 통해 화면상에 표출하고 나서 부이의 각종 자료를 서버 측에 요청하여 전자해도 상에 표시한다.

표시되는 화면은 4개로 구성되어 있다. Fig. 11에서 1의 영역은 전자해도 상에 표류부이의 이동경로를 나타낸다. 2의 영역은 메뉴로서 전자해도 설정 및 전자해도 조작, 기타 정보설정을 하는 기능으로 구성되어 있으며, 3의 영역은 부이 리스트로

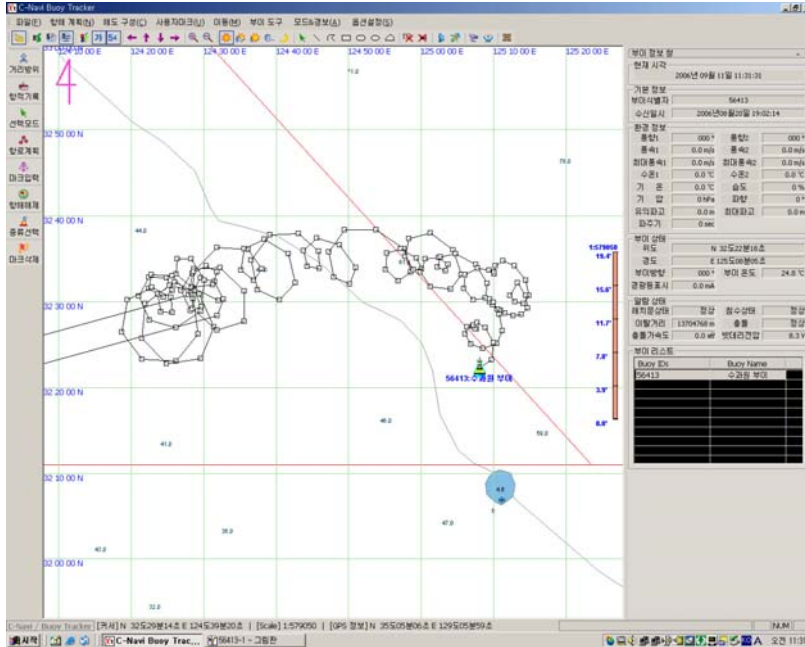


Fig. 13 Trail log for buoy drifting

서 현재 사용자가 사용하는 부이정보와 부이를 선택하는 창이고, 4의 영역은 부이 상세로서 부이의 기본 정보, 상세 정보, 환경 정보 및 항적 정보 등을 탭별로 인덱스 하여 그룹별로 볼 수 있다.

하여 제주도 남단 동중국해(최초투하지점 N: 32.30.039 E: 125.53.048)에 표류부이를 직접 투하하여 시간에 따른 궤적 및 수온 염분 수치를 기록하였다.



Fig. 14 Deployment of buoy at the East China Sea

Fig. 12는 수신된 염분과 수온자료를 시간과 위치에 따라 그린 그림으로서 위치에 따른 염분과 수온의 변화를 연속으로 관찰할 수 있어 위치에 따른 차를 쉽게 비교분석할 수 있다.

Fig. 13은 투하된 표류부이의 이동경로와 해양환경을 모니터링한 화면이며, Fig. 14는 제주도 남단 현장에 투하직후의 표류부이 모습이다.

4. 결 론

본 연구에서는 해양환경모니터링 표류부이 개발을 위하여 임베디드 측정시스템과 온도측정시스템을 개발하였다. 기존의 고정도 염도측정센서를 개발된 임베디드 시스템에 부착하여 해양환경모니터링시스템의 기본 구조를 완성하였다. 시스템의 신뢰성과 정도를 향상하기 위하여 보간법으로 센서의 굴곡도, 기울기 및 오프셋을 실시간으로 구하는 소

3.4 실제 해양환경 투하 시험

공장에서 센서의 정밀도를 체크하는 공장출하 시험을 마친 후 직접 해수에 투하하여 위치 및 수온, 염분도 데이터가 정상적으로 생산됨을 검증하기 위

프트웨어를 Matlab을 이용하여 개발하고 개발한 측정시스템에 활용하여 측정한 결과 우수한 정도를 가지는 해수온도 측정시스템을 개발하였다. 또한 측정한 해양환경을 웹사이트를 통하여 사용자가 쉽고 정보를 활용할 수 있도록 해양환경표시시스템을 개발하였다. 일차적으로 수온측정시스템만 개발하였으나 앞으로 추가적인 연구 및 개발을 통하여 염도측정시스템 및 기타 해양센서를 개발하고 개발된 임베디드 시스템에 통합하면 종합적인 해양환경모니터링 표류부이를 국산화 할 수 있을 것으로 사료된다. 사용된 센서나 프로세서, 데이터취득 장치는 저가임에도 불구하고 해외에서 도입해오는 고정밀 센서와 견주어 보아 크게 차이가 없는 높은 신뢰성과 정도를 얻을 수 있었다.

후 기

본 논문은 한국소프트웨어진흥원의 2009년 임베디드 S/W제품상용화선도프로젝트 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] 안유환, "해양환경 관측 및 개선을 위한 기반기술 연구(III)", KORDI 2002 annual report.
- [2] 이동규, "실시간 해류모니터링 시스템 구축", NORI 2003.11 annual report.
- [3] "해양기상관측선 2010년 띄운다", <http://blog.joins.com/envirepo/9403367>
- [4] 서영상, "위성추적 표류부이를 이용한 동해 표면수온의 주야간 온도차에 대한 중규모 시공간 변동", NFRDI 2001 Korean Journal of Remote Sensing Vol. 17, No. 3, 2001, pp. 219-230.
- [5] 국립기상연구소, http://kormex.metri.re.kr/metri_home/Remote/uIndex.jsp
- [6] www.axystechnologies.com
- [7] www.jamestec.go.jp
- [8] www.tidelandsignal.com

[약어정리]

HF : High Frequency
 UHF: Ultra High Frequency
 VHF: Very High frequency
 RF : Radio Frequency
 CDMA : Code Division Multiple Access
 W-CDMA : Wideband Code Division Multiple Access
 Orbcomm : low Earth orbit communications satellites

저 자 소 개



유영호(劉永昊)

1974년 한국해양대학교 기관공학과 졸업, 1986년 한국해양대학교대학원 제어공학전공(공학석사), 1990년 한국해양대학교 대학원 제어공학전공(공학박사), 1974-1978승선근무(기관장), 1978-1980(한국선급협회 기관검사원), 1991년-현재 한국해양대학교 IT공학부교수, 관심분야 선박표준네트워크, e-Navigation 시스템, 조선기자재 임베디드시스템화



강용수(姜龍洙)

2005년 동서대학교 메카트로닉스공학과 졸업, 2009년 한국해양대학교 해사산업대학원 컴퓨터제어 공학전공(공학석사), 2009년 한국해양대학교 대학원 제어계측공학 박사과정 재학중, 2003-2009(주)신동디지텍 해양기술사업부 근무(과장)



이원부(李元富)

1988년 동명대학교 전자계산학과 졸업, 2009년 동서대학교 메카트로닉스전공(공학석사), 1992-1997 (주)파세코 조선개발실장/본부장, 1998-2009 (주)마린크래프트 대표이사, 2002-2009 (주)신동디지텍 상무이사 2008-2009 (주)씨나비정보기술 대표이사