

해양관측 부이를 위한 해양 IoT 표준 플랫폼 개발

Development of a Marine IoT Standard Platform for Ocean
Observation Buoy

2016. 09. 30

한 국 해 양 과 학 기 술 원

제 출 문

한국해양과학기술원장 귀하

본 보고서를 “해양관측 부이를 위한 해양 IoT 표준 플랫폼 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2016. 9. 30

과제책임자 : 김정창

참 여 연 구 원 : 장지호, 김준영, 정성훈

“ : 권혁진, 김시문, 이운현

“ : 강현석

보고서 초록

과제번호	이사부 창의과제 (PE99361)	연구기간	2015. 06. 01 - 2016. 05. 31 (12개월)		
과제명	해양관측 부이를 위한 해양 IoT 표준 플랫폼 개발 (Development of a Marine IoT Standard Platform for Ocean Observation Buoy)				
과제책임자	김정창	참여연구원수	총 : 8 명 내부: 4 명 외부: 4 명	연구비	95,000,000원
연구기관명 및 소속부서명	한국해양대학교 산학협력단				
국제공동연구					
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)				보고서 면수	235
<ul style="list-style-type: none"> ○ 해양관측용 부이를 위한 해양 IoT 표준 플랫폼 제안 ○ 해양 IoT 표준 플랫폼의 핵심 요소기능 구현 및 시제품 제작/시험 ○ 해양관측 부이를 위한 해양 IoT 표준 플랫폼 설계 <ul style="list-style-type: none"> - 부가기능 및 편의성이 향상된 스마트 센서 모듈 및 플랫폼 설계 - 센서 모듈의 다중접속 인터페이스 도출 - 영상 데이터 전송이 가능한 고속통신 및 부이들 간의 Ad-hoc 네트워크 구성 - IoT 플랫폼 통합관리 시스템 설계 ○ 해양관측 부이를 위한 해양 IoT 표준 플랫폼 제작 및 실장시험 <ul style="list-style-type: none"> - 스마트 센서 모듈 및 플랫폼의 동작 확인 - 부이들 간의 Ad-hoc 네트워크 및 LTE 통신 기반의 실시간 통신 확인 - 통합관리 시스템의 동작 확인 ○ 해양 IoT 플랫폼의 요구사항을 도출하고 부이를 비롯한 다양한 해양 IoT 분야에 적용 가능한 표준 플랫폼 설계를 위한 선행 기술 연구 ○ 오픈소스 기술에 기반하여 해양 IoT 플랫폼 요소 기술을 개발하여 다양한 연관 활용기술 개발을 촉진함 ○ 해양 정보 및 기상 관측용 부이의 정보 획득/전송 능력을 확장함으로써 적조경보시스템, 해상 유류유출사고 및 유해위험물질 감시 시스템 등에 활용 가능함 					
색인어 (각 5개 이상)	한 글	해양관측, 부이, IoT, 센서, 통신네트워크			
	영 어	ocean observation, buoy, IoT, sensor, communication network			

요 약 문

I. 제 목

국문: 해양관측 부이를 위한 해양 IoT 표준 플랫폼 개발

영문: Development of a Marine IoT Standard Platform for Ocean Observation Buoy

II. 과제의 목적 및 필요성

우리나라는 3면이 바다로 둘러싸여 있어 해양 기상 및 해양 환경 관측 자료가 매우 중요하다. 그러나, 해양 기상 및 해양 환경 정보의 연속적인 실시간 관측에는 많은 어려움이 따른다. 또한, 선박과의 충돌, 기상악화, 낙뢰, 센서 및 각종 모듈의 노후화 등으로 인하여 유지보수가 필수적이다. 해양관측 부이의 유지보수 및 관리를 용이하게 하기 위하여 ICT 기술을 접목하여 다양한 기능을 수행할 수 있는 첨단 부이의 필요성이 증대되고 있다. 또한, 최근에는 선박과 해양에 존재하는 다양한 센서 장치로부터 정보를 자동으로 받아들이고 시스템의 운영과 유지보수를 최적화하기 위해 해양 IoT의 필요성이 대두되고 있다. 이에, 본 과제에서는 다양한 해양관측 정보를 획득하는데 매우 중요한 역할을 하는 해양관측 부이의 기존 문제점을 개선하고 활용범위를 확대시키기 위하여 해양관측용 부이에 특화된 해양 IoT 표준 플랫폼의 기능을 설계하고, 구성 모듈을 검토하여 표준화된 플랫폼을 제안한다. 또한, 본 과제를 통하여 제안된 해양 IoT 표준 플랫폼의 핵심 요소기능을 구현하고 해양 IoT 표준 플랫폼 시제품을 제작 및 시험하는 것을 목표로 한다.

III. 과제의 내용 및 범위

본 과제에서는 해양관측용 부이를 위한 해양 IoT 표준 플랫폼을 제안하고 핵심 요소기능 구현 및 시제품을 제작/시험하기 위하여 (1) 해양 IoT 서비스 시나리오 및 플랫폼 요구사항 분석, (2) 기존 연구와 차별화되는 HW/SW 플랫폼 설계, (3) IoT 플랫폼 시제품 제작 및 성능 검증을 일련의 단계를 통하여 진행하였다. 먼저, 해양관

측 부이용 통합 IoT 플랫폼을 설계하기 위하여 스마트 센서 플랫폼 설계, 통신네트워크 모듈 설계, IoT 플랫폼 통합관리 및 제어 시스템 설계를 주요 내용으로 한다. 이를 위하여, 부가기능 및 편의성이 향상된 스마트 센서 모듈 및 플랫폼과 센서 모듈의 다중접속 인터페이스를 설계한다. 또한, 실시간 영상 데이터 전송이 가능한 고속통신 모듈을 설계하고 해양관측 부이들 간의 Ad-hoc 네트워크를 구성한다. 뿐만 아니라, 개발된 요소 기술들을 적용한 IoT 플랫폼의 통합관리 시스템을 설계한다. 또 다른 연구내용으로, 해양관측용 부이에 탑재 가능한 IoT 플랫폼 시제품을 제작하고 시험한다. 이를 위하여, 개별 구성 모듈과 통합관리 시스템을 구현하고 플랫폼 구성 모듈들을 최적 결합함으로써 스마트 센서 모듈 및 플랫폼의 동작 성능을 확보한다. 또한, 해상에서 개발된 부이용 IoT 플랫폼 시스템의 동작을 시험한다.

IV. 과제결과

본 연구과제에서는 선행연구 조사 및 분석과 부이 관련 전문가 기술 세미나를 통하여 해양 IoT 서비스 시나리오 및 플랫폼 요구사항을 분석하고 해양 특성화 요구사항에 따른 활용방안을 도출하였다. 이를 바탕으로 본 연구에서는 (1) 부이의 유지/보수를 용이하게 할 수 있는 스마트 센서 모듈 개발, (2) 다양한 센서의 통합관리 및 단일 인터페이스 체계 구축, (3) 통신방식의 한계 극복, (4) IoT 플랫폼 통합관리 및 제어 시스템 설계를 통하여 차별화된 해양 IoT 플랫폼 기술을 개발하였다. 특히, 해양 관측 센서를 개발하고 모듈로 제작하였으며 센서 다중 접속 프로토콜을 개발하여 부이의 게이트웨이에 적용하였다. 또한, LTE 기반의 고속통신을 지원할 수 있는 통신 네트워크 플랫폼을 설계하고 해양관측 부이들 간의 Ad-hoc 네트워크 구성 방안을 도출하였다. 뿐만 아니라, 자세위치제어가 가능한 해양관측용 부이를 설계 및 개발하였다.

V. 과제결과의 활용계획

본 과제결과는 해상 기후·관측용 부이의 정보 획득/전송 능력 확장으로 적조경보시스템, 해상 유류유출사고 감시 시스템, 해상 유해위험물질 감시시스템 등 다양한 분야로 응용이 가능하다. 특히, 본 과제의 센서 모듈개발 결과 중에서 액체센서 모듈 설계 기술과 부이용 다중 홉 통신 기술을 적용하여 부이를 이용한 해상 유해위험물질 감시시스템 개발에 활용할 계획이다. 또한, 해양관측용 부이뿐만 아니라 해양 IoT가 적용되는 다양한 분야에서 개발된 구성요소들이 적용 가능하며 다양한 해양 IoT 분야에 적용하기 위한 추가 연구에 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 특히, 개발된

해양 IoT 표준 플랫폼 요소 설계 기술은 오픈소스 기술로 개발되었으므로 해양관측용 첨단 부이를 위한 IoT 시스템 설계 시 표준모델로 활용 가능하며 다양한 연관 활용기술 개발을 촉진할 수 있을 것으로 기대된다. 뿐만 아니라, 개발된 IoT 플랫폼 요소기술을 이용하여 다양한 해양 서비스 분야에서 IoT 기술의 적용을 촉진하는데 활용될 수 있을 것이다.

SUMMARY 및 KEY WORDS

In this project, we propose key functions of a marine internet of things (IoT) standard platform for ocean observation Buoys in order to unify different interfaces of existing sensor modules and increase the connectivity of the sensor network. Also, we implement a prototype of the proposed Buoy system using several sensor modules and perform sea trial test to verify the operation.

In this project, in order to propose key functions of a marine IoT standard platform for ocean observation Buoy, we developed 1)smart sensor modules and software/hardware platforms, 2)multiple-access interfaces for various sensor modules, 3)a high-speed wireless communication platform for transferring multimedia data in real time, 4)an ad-hoc network for ocean observation Buoys, 5)efficient management and control systems for the proposed IoT platform, and 6)unified management and monitoring systems for the proposed IoT platform.

Also, we developed a prototype for the proposed system and verified the operation of the developed 1)smart sensor modules and software/hardware platforms, 2)high-speed wireless communication platform for transferring multimedia data in real time, 3)an ad-hoc network for ocean observation Buoys, and 4)unified control and monitoring systems for the proposed IoT platform.

The proposed system and developed technologies can be used for 1) a reference model of marine IoT systems for ocean observation Buoys with a flexible connectivity, 2) promoting various kinds of marine IoT technologies, 3) developing observation systems of oil spill, hazardous and noxious substances (HNS), and red tide on the sea by utilizing sensor measurement and wireless network technologies, and 4) promoting the development of related technologies based on open source technologies.

KEY WORDS

국문: 해양관측, 부이, IoT, 센서, 다중 접속, 다중 홉 통신

영문: ocean observation, Buoy, IoT, sensor, multiple-access, multi-hop communication

C O N T E N T S

1. Introduction	11
1.1 Purpose and Necessity	11
1.2 Scope	12
2. Domestic and Overseas State of the Art	13
2.1 Domestic and Overseas State of the Art	13
2.1.1 Domestic State of the Art	13
2.1.2 Overseas State of the Art	28
2.2 Originality of This Project	30
3. Project Contents and Outcomes	32
3.1 Project Contents	32
3.2 Strategy and Methodology	33
3.2.1 Strategy	33
3.2.2 Methodology	35
3.3 Research Outcomes	36
3.3.1 Technical Trends of Ocean Observation Buoys	36
3.3.2 Design of Smart Sensor Platforms	54
3.3.3 Design of Communication Network Modules	79
3.3.4 Design of an Integrated Management and Control System	113
3.3.5 Implementation of a Prototype	123
3.3.6 Performance Evaluation	134
4. Achievement of Project Objectives and Contributions	169
4.1 Project Objectives	169
4.2 Achievement of Project Objectives and Contributions	169
4.2.1 Achievement of Project Objectives	169
4.2.2 Contributions	174
5. Usage Plans	175
6. Conclusions	176

7. References	177
8. Appendix	179
8.1 Program Source Codes	179
8.2 Outcomes – Papers and Patents	210

목 차

제 1 장 서론	11
제 1 절 과제의 목적 및 필요성	11
제 2 절 과제의 범위	12
제 2 장 국내외 기술개발 현황	13
제 1 절 국내외 연구동향	13
1. 국내동향	13
2. 국외동향	28
제 2 절 본 과제의 독창성	30
제 3 장 과제수행 내용 및 결과	32
제 1 절 연구내용	32
제 2 절 추진전략 및 접근방법	33
1. 과제 추진전략	33
2. 과제 접근방법	35
제 3 절 과제 결과	36
1. 해양 관측용 부이 기술 동향 조사	36
2. 스마트 센서 플랫폼 설계	54
3. 통신네트워크 모듈 설계	79
4. IoT 플랫폼 통합관리 및 제어 시스템 설계	113
5. IoT 플랫폼 시제품 제작	123
6. 시제품 성능 시험	134
제 4 장 과제목표 달성도 및 대외기여도	169
제 1 절 과제목표	169
제 2 절 목표 달성도 및 대외기여도	169
1. 목표 달성도	169
2. 대외기여도	174
제 5 장 과제결과의 활용계획	175
제 6 장 결론	176

제 7 장 참고문헌	177
제 8 장 부록	179
제 1 절 프로그램소스 코드	179
제 2 절 실적 증빙 자료	210

제 1 장 서론

제 1 절 과제의 목적 및 필요성

우리나라는 3면이 바다로 둘러싸여 있어 해양 기상 및 해양 환경 관측 자료가 매우 중요하다. 해양 기상관측 자료를 확보하기 위하여 해역별, 요소별로 해양기상부이, 파고부이, 등표기상관측장비, 연안방재관측장비, 항만기상관측장비, 기상관측선(기상1호), 해양기상 기지 등을 운영하고 있다. 우리나라는 경제발전과 더불어 해상을 이용한 물동량이 매우 크게 증가하여 우리나라 수출입 물동량의 98%가 항만을 이용하여 이루어지고 있는 실정이다. 항만에 정박 및 묘박하고 있는 선박이나 기상 악화 시에 피항지를 선정하고자 하는 선박을 위하여 상세한 항만 기상 정보의 필요성도 증대하고 있다. 또한, 수산 및 양식업 등 해양산업 확대에 의한 해상수송로의 안전성 확보도 매우 중요하다. 경제 발전에 따라 해양레저 관련 산업도 점차 활성화되고 있어 다양한 해양 기상 서비스가 요구되고 있다. 최근에는 관측 공백지역의 해소와 해역별 맞춤형 관측망 구축을 위해 표류형 국산 부이도 개발되어 운용되고 있다.(출처: 기상청, 기상기술정책 2012년 12월)

그러나, 해양 기상 및 해양 환경 정보의 연속 실시간 관측에는 많은 어려움이 따른다. 또한, 선박과의 충돌, 기상악화, 낙뢰, 센서 및 각종 모듈의 노후화 등으로 인하여 유지보수가 필수적이나 부이의 회수 및 수리에 상당히 긴 시간을 필요로 한다. 이로 인하여, 수리 및 재설치가 완료되기까지 부이가 본래의 임무를 수행하지 못하므로 필요한 해양관측 정보를 수집하지 못하게 된다. 따라서, 해양관측 부이의 유지보수 및 관리를 용이하게 하기 위하여 ICT 기술을 접목하여 다양한 기능을 수행할 수 있는 첨단 부이의 필요성이 증대되고 있다. 최근, 선박과 해양에 존재하는 다양한 센서 장치들로부터 정보를 자동으로 받아들이고 시스템의 운영과 유지보수를 최적화하기 위해 해양 IoT의 필요성이 대두되고 있다. 기존 관측시스템과 연계하고 첨단 IT 통신 기능을 결합하여 실시간으로 자료를 제공 및 관리하는 통신·해양 융합연구의 필요성이 증대되고 있다. 해양 정보를 실시간 모니터링(해저 모래퇴적물 이동 및 침전, 용존산소, 부영양화 등)하고 수집된 데이터를 분석하여 해양과학기술 개발, 재해예방 및 환경보전, 항해 및 군사 등 다양한 분야 적용할 수 있을 것이다. 이에, IoT 기술을 융합하여 해양관측 부이를 첨단화할 필요가 있다. 이를 위하여, 해양관측용 부이에 특화된 해양 IoT 플랫폼의 요구사항을 도출함으로써 표준 플랫폼을 설계하기 위한 기반 기술을 확보하는 것이 중요하다. 현재, 해양 IoT 플랫폼에 대한 표준은 존재하지 않는 상황이므로 핵심 구성요소인 센서/통신 모듈에 대한 설계 가이드라인과 통합관리 시스템의 구축이 필요하다. 또한, 기존의 다양한 구성 모듈들의 단순한 결합이 아닌 인터페이스의 단일화 및 통합관리가 가능한 단일 해양 IoT 플랫폼 설계 기술의 개발도 필요할 것이다.

따라서, 본 과제에서는 육상에 비해 늦은 해양 분야의 ICT 융합기술을 개발하는 것을 목적

으로 한다. 이를 위하여 본 과제에서는 다양한 해양관측 정보를 획득하는데 있어서 매우 중요한 역할을 하는 해양관측 부이의 기존의 문제점을 개선하고 활용범위를 넓히기 위하여 해양관측용 부이에 특화된 해양 IoT 표준 플랫폼의 기능을 설계하고, 구성 모듈을 검토하여 실용화 가능한 수준으로 표준화된 플랫폼을 제안하는 것으로 목표로 한다. 또한, 본 연구를 통하여 제안된 해양 IoT 표준 플랫폼의 핵심 요소기능을 구현하고, 해양관측용 부이에 탑재가 가능하도록 해양 IoT 표준 플랫폼 시제품을 제작 및 시험하는 것을 목표로 한다.

제 2 절 과제의 범위

위와 같은 목표를 달성하기 위하여 본 과제에서는 1) 스마트 센서 모듈 및 플랫폼 개발, 2) 고속통신 모듈 개발, 3) IoT 플랫폼 통합관리 및 제어 시스템 설계와 같이 3 가지 분야로 나누어 연구를 진행하였다.

먼저, 부이의 손쉬운 설치 및 유지 보수를 통하여 부이 운영의 유연성을 향상시키고 비용 절감이 가능하도록 센서 모듈의 교체가 용이한 단일 인터페이스가 요구된다. 이를 위하여 스마트 해양관측 센서 모듈의 다중접속 인터페이스 설계가 필요하다. 또한, 플러그인 가능한 표준 센서 모듈을 위한 하드웨어 및 소프트웨어 플랫폼의 설계가 필요하다. 이러한 요구사항을 충족할 수 있도록 스마트 센서 모듈 및 플랫폼을 개발한다.

다음으로, 센서 측정 데이터 및 영상 정보의 고속 전송이 필요하다. 부이 시스템의 동작 상태 정보와 부이의 제어를 위한 제어 신호의 전송이 필요하다. 최근 해상 초고속 통신체계(LTE) 구축으로 해상 고속 전송이 가능해짐에 따라 LTE 지원이 가능한 통신 플랫폼의 설계가 필요하다. 부이의 표류 시 육상과의 직접 통신이 불가능할 경우 부이들 간의 Ad-hoc 네트워크를 구성하여 해양관측 자료의 끊김 없는 전송이 필요하다. 이러한 요구사항을 충족할 수 있도록 고속통신 모듈을 개발한다.

마지막으로, IoT 플랫폼 통합관리 및 제어 시스템을 설계한다. 부이는 해상에서 오랜 기간 동안 임무를 수행해야 하므로 전원의 효율적인 관리가 필수적이므로 효율적인 전원관리 기능이 필요하다. 또한, 플랫폼 구성 모듈들의 동작상태 모니터링 및 자가진단 등이 가능한 통합관리 시스템의 개발이 필요하다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1 절 국내외 연구동향

1. 국내동향

가. 현황 및 문제점

우리나라 연안에서 해상교통안전, 항만개발, 해양관광 등 해양산업 활동의 지원과 태풍 해일 등에 의한 해양재해 저감 대책 수립에 활용되는 해양관측자료가 선진국에 비해 부족한 실정이다. 특히 관측소, 등표, 해양관측부이 등의 관측 장비는 육상과 다른 환경 하에서 사용함으로써 정밀 측정에 애로가 많고, 새롭게 개발되는 다양한 신형 측정 장치를 수용할 수 있는 기술력이 확보되어 있지 않다. 현재 육상관측에 사용되는 측정 장치들은 클라우드, 빅데이터, IoT 등을 기반으로 하여 고속의 다양한 정보처리가 가능하므로 이러한 첨단기술들을 해상분야에 적용할 수 있는 기술연구가 시급하다.

나. 해양관측기술 발전 동향

기술의 발전과 더불어 해양관측 및 해양예보 기술도 무인관측 장비 및 인공위성을 이용한 정보제공에 힘입어 광역 관측이 가능해졌으며, 인터넷을 통한 자료제공 및 정보교환으로 시간적, 지리적 제한이 없어지고 있다. 해양관측은 선박에 관측 장비를 장착하는 형태를 벗어나 부표, 부이 등 관측시설 외에 위성도 활용되고 있으며, 관측에 머물지 않고 미래 변화 예측까지 포함하여, 조류, 해류, 파랑, 수온 등의 해양예측 및 지진해일예보 등의 생산 보급과 사회, 경제, 생태계 등에 영향을 미치는 해양의 환경변화 등 신속한 탐지와 예측 분야에 활용이 가능하다. 최근 지구온난화, 자연재해 등의 급증으로 인류 생존이 위협받는 등 전 지구적 문제가 심화됨에 따라 이를 해결하기 위해 전 세계가 협력하는 통합지구인 전지구관측시스템(GEOSS) 구축이 논의가 진행 중이다. 해양관측기술은 각 국가들 간 해양영토 확장을 위한 수단으로 인식되고 있고, 해양관측 분야를 국가적 차원의 장기적 대형 사업으로 지원하고 있어, 이에 따른 해양관측기술 변화에 대응이 필요하다.

다. 국내 실시간 해양관측기술 현황

실시간 국가해양관측망 구축의 경우 국가해양관측망 구축 기본계획의 실시간 해양관측계획(국토해양부, 2001)의 단계적 추진에 따라, 현재 등표, 해양관측기지, 부이 등 해상구조물을 이용한 실시간 해양관측소가 91곳에 구축되어 운영 중에 있다. 또한 1980년대 초반부터 해양환경

분야에 국외 해양위성을 활용한 연구가 시작되었으며, 국립수산물과학원, 한국해양과학기술원 그리고 대학을 중심으로 조금씩 활용연구가 진행되어 왔으며, 기상청, 국립해양조사원 등에서 활용 중에 있다. 국립수산물과학원에서는 정선관측소에서 수집한 수온, 염분, 용존산소, 수소이온농도(pH), 영양염 등의 자료를 인터넷을 통해 제공하고 있으며, 실시간연안정보시스템과 어장정보시스템을 운영하고 있다. 이어도 해양과학기지에서는 수온, 염분, 파고, 기상자료, 환경자료가 실시간으로 수집되어 인터넷으로 정보제공이 서비스되고 있고, 국립해양조사원은 검조소에 설치된 관측시스템에서 조위, 수온, 염분 기상정보를 텍스트 또는 그래프 형태로 제공하고 있다. 한국해양과학기술원에서는 등표, 해양잔교, 타워 등에 설치된 실시간 해양관측시스템에서 수온, 염분, 파고, 기상자료를 실시간으로 관측 및 제공하고 있으며, 그 외 해양경찰청, 기상청, 환경부 등이 해양관측 업무를 수행하고 있다.

라. 국내 주요 해양관측기술 현황 및 부이 개발 동향

(1) 국립해양조사원 현황

해양관측과 관련한 주된 업무를 담당하는 기관으로 조위관측소, 해양관측소, 해수유통관측소, 종합해양과학기지를 비롯해 해양관측부이가 총 18개 운영 중이며, 웹 홈페이지를 통해 실시간 서비스하고 있다. 해양관측은 해양관측소에 설치된 실시간 관측시스템에서 조위, 수온, 염분, 기상자료 등을 텍스트와 그래프 형태로 실시간 연안정보서비스를 운영하고 있다. 해양관측 활동으로 조석관측, 조류관측, 해류관측, 정점관측, 종합관측, 해양관측부이를 활용한 관측(외해 파고, 해일, 표층흐름) 등을 수행하고 있으며, 주로 제공되는 정보는 측정일시, 측정위치, 파고, 수온, 염분, 기온, 기압, 풍향, 풍속, 유향, 유속 등이 있다. 국립해양조사원의 실시간 해양관측소에 운영 중인 해양관측부이의 현황은 <그림 2-1> 및 <표 2-1>과 같다.



<그림 2-1> 국립해양조사원, 실시간 해양관측소 현황 (2015.5.)

<표 2-1> 국립해양조사원의 해양관측부이(KOGA 부이) 현황

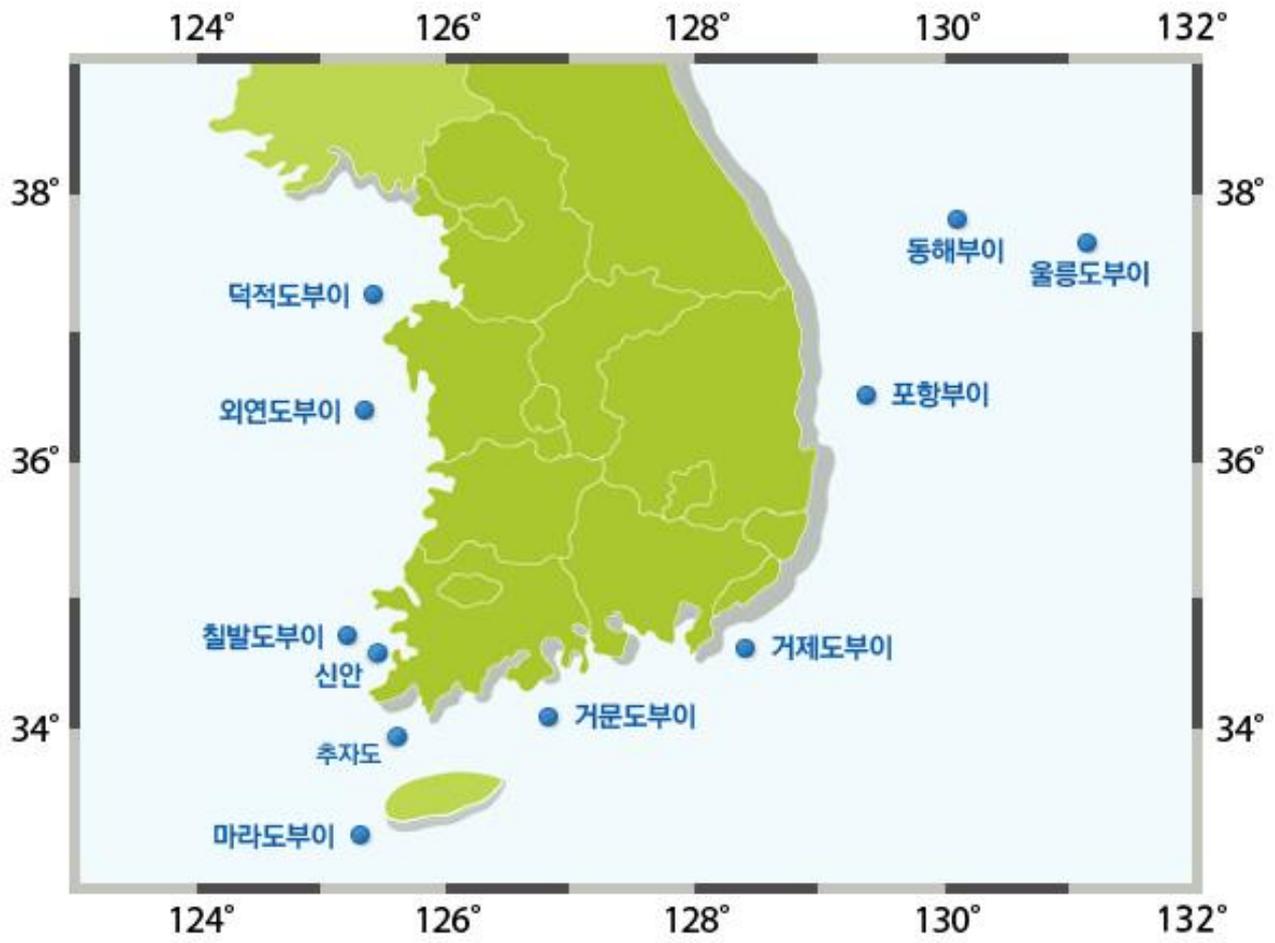
부이명칭	위 치	설치 위치	수심	설치일자	주요제원					비 고
					등질	모양	직경	재질	색상	
KOGA S02	부산항 남방 약 20 km	34-55-59.3N., 129-08-15.6E.	96m	9.4(화)	F1(5)Y 20S	원뿔	높이 4.5m (5.2 m)	폴리 에틸 렌	황색	수중관측시 스템 포함
KOGA S03	육지도 남방 약 45 km	34-13-25.8N., 128-25-02.7E.	84m	9.6(목)						"
KOGA S04	추자도 동남방 약 25 km	33-49-18.0N., 126-35-21.5E.	86m	9.7(금)						수중관측시 스템 제외
KOGA S05	가거도 동방 약 25 km	34-06-39.0E., 125-22-52.1E.	90m	9.23(목)						"

(2) 국립수산과학원 현황

국립수산과학원은 해양자료센터(KODC) 운영을 통해 해양과학정보를 수집, 관리, 배포하고 있으며, 어장환경, 기후변화 관측 등으로 해양환경관리를 위해 해양환경 조사 및 해양변동 특성에 대한 연구를 수행하고 있다. 해양관측정보는 수온 위성영상, 해어황예보, 적조 속보, 패류 독소속보, 방사능 모니터링, 해파리 속보, 이상해황 등을 실시간으로 제공하고 있다. 연안 양식 어장 밀집해역과 이상해황에 의한 어업재해가 빈발한 해역에 실시간 어장환경정보(수온, 염분, 용존산소 등) 자동관측시스템을 구축하여 어업활동에 필요한 과학적 어장환경정보를 실시간 적시에 웹, SMS, 메일링 서비스 등을 통해 제공 중이다.

(3) 기상청 현황

기상청의 해양기상관측은 관측 기반국 내 해양기상 관측정보를 제공하는 것으로 관측 데이터인 파고, 파향, 파주기, 해수면온도, 풍향, 풍속, 기온, 습도, 기압 등을 수집하며, 오브콤, 글로벌스타 등의 위성통신을 사용하고 있다. 기상청에서 운용중인 해양관측부이는 총 11개로 <그림2-2>와 같이 배치되어 있다.



<그림 2-2> 기상청 해양기상관측 부이 위치

<표 2-2> 기상청 해양기상관측 부이 현황

명칭	덕적도 부이	칠발도 부이	거문도 부이	거제도 부이	동해 부이	포항 부이	마라도 부이	외연도 부이
운영관서	인천기상대 (032-761-9969)	목포기상대 (061-274-3086)	여수기상대 (061-664-7365)	통영기상대 (055-645-7137)	동해기상대 (033-535-1993)	포항기상대 (054-241-0367)	서귀포기상대 (064-763-0361)	보령기상대 (041-932-0365)
형식	원반형 3m (Discus Buoy)				NOMAD 6m 배 모양 6×3m			
위치/좌표	덕적도 서쪽15km (서해중부) N 37° 14' 33" E 126° 01' 20"	칠발도 북서쪽2.0km (서해남부) N 34° 47' 36" E 125° 46' 37"	거문도 동쪽14.0km (남해서부) N 34° 00' 03" E 127° 27' 57"	거제도 동쪽16.0km (남해동부) N 34° 46' 00" E 128° 54' 00"	동해시 동쪽 70.0km (동해중부) N 37° 32' 39" E 130° 00' 00"	포항 월포 동쪽 35.0km (동해남부) N 36° 21' 00" E 129° 47' 00"	모슬포 남서쪽 25.0km (제주도 남쪽) N 33° 05' 00" E 126° 02' 00"	보령시 서쪽 70km N 36° 15' 00" E 125° 45' 00"
수심	30m	33m	80m	84m	1,518m	310m	106m	45m
통신방법	Orbcomm, Globalstar				Orbcomm			
주요 제원	직경	3.4m			6m × 3m			
	깊이	1.0m			1.8m			
	높이	5m			7m			
	중량	1,678kg			6,300kg			
	부력	3,800kg			-			
	재질	알루미늄			알루미늄			
관측 요소	기상	풍향, 풍속, 기온, 습도, 기압						
	해양	파고, 파향, 파주기, 해수면온도						

<출처: 기상청 해양기상관측 부이 위치, 2013>

(4) 한국해양과학기술원 현황

한국해양과학기술원은 이어도 종합해양과학기지, 가거초 해양과학기지 등을 보유하고 있으며, 기상 및 해양, 대기환경 등 30여종 이상의 첨단 관측장비를 이용하여 기후변화, 태풍연구 등을 수행하고 있다. 해양과 기상정보는 실시간 인터넷으로 어업, 해상교통, 해양레저 등 해양 산업을 지원하고, 해양 및 기상예보의 정확성 향상을 통해 재해로 인한 피해 저감에 기여하고 있다. 주된 관측사업은 연안 해양특성 분석 및 예측연구, 운용해양시스템, 연안재해예측, 방재 기술, 조력, 조류 에너지 실용화, 해양관측시스템 개발 및 구축 중에 있다.

(5) 대표적 부이 시스템 현황

(가) NOMAD형 해양관측 부이 시스템

NOMAD Buoy는 원래 북해, 북대서양, 북태평양 등의 극한 환경에 계류를 목적으로 미국의 Woodshole 해양 연구소에서 개발하여 NDBC에서 사용하여 왔으며, 그 안정성과 신뢰도가 장기간 계류를 통하여 증명되어 온 부이 구조이다. NOMAD Buoy는 침수 등을 감안하여 안정적으로 운용하기 위한 4개의 독립된 격실 구조를 가지고 있으며, 모든 구조물이 Marine Grade 재질로 제작되어 부식에 강한 특성을 지닌다. 기존의 NOMAD Buoy에 오토닉스사에서 개발한 컨트롤러를 장착하여 보다 안정적인 부이로 업그레이드 하였다.



<그림 2-3> NORMAD Buoy

NOMAD Buoy의 주요 제원은 다음과 같다.

<표 2-3> NOMAD Buoy의 주요 제원

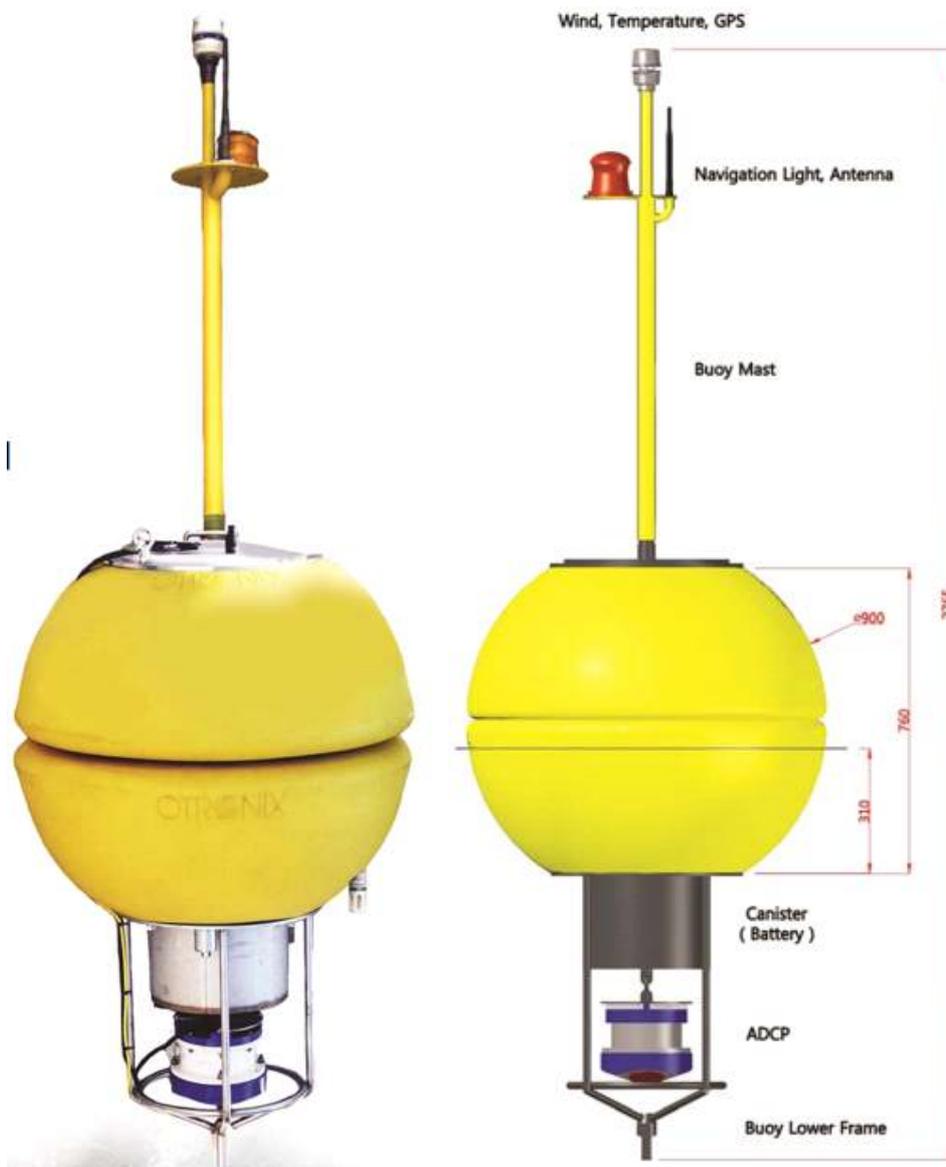
Hull	재질	5086 Marine Grade Aluminum
	사이즈	길이 : 6M, 넓이 : 3.1M, 부양력 : 6295Kg
프레임	Marine Grade Aluminum	
파워 시스템	배터리	12V 120Ah
	태양 전지판	54W Solar Panel 4개
	충 · 방전 조절기	배터리 전압에 따른 자동 충 · 방전 조절 가능
충돌 방지시스템	Radar reflector	선박의 레이더에서 부이를 실제크기보다 더 큰 물체로 인식
	등명기	야간에 부이 위치 표시를 위해 장착
Navigation 장비	DPGS	부이의 현재 위치를 측정
	HS8000	부이가 바라보고 있는 방향을 측정
기상 센서	풍향 · 풍속계, 온 · 습도계, 기압계, 파고계	
해양 센서	해류계, 염분 · 수온 · 수심 측정계, 해수면 염분 · 수온 · 수심 측정계	
통신 장비	기간 통신망 단말기 (CDMA), 위성 통신 단말기 (Orbcomm), 무선 모뎀 통신기 (Free Wave)	
Mooring 장비	설치 환경에 맞도록 별도 디자인 및 설계	
Buoy 무게 및 사이즈	무게 : 6145Kg, 높이 6.5M, 넓이 : 3.1M (Buoy Hull 넓이)	

<표 2-4> NOMAD Buoy의 주요 기상관측센서

기상 관측 센서	Wind	Direction	풍향 측정 0 ~ 360° 의 측정 범위를 1° 단위로 측정 정밀도: ±3°
		Speed	풍속 측정 0 ~ 60m/s의 측정범위를 0.025m/s 단위로 측정 정밀도: ±0.3m/s
	Compass		Buoy가 바라보고 있는 방향을 측정하여 풍향의 보정
	Relation Humidity		습도 측정 0.8 ~ 100% 의 측정 범위를 0.1% 단위로 측정 정밀도: ±1%
	Air Temperature		온도 측정 -39.2 ~ +60° 의 측정 범위를 0.01° 단위로 측정 정밀도: ±0.2°
	Barometric Pressure		기압 측정 800 ~ 1060hPa 의 측정 범위를 0.1hPa 단위로 측정 정밀도: ±0.3hPa
	Tiny Wave		전자식 가속도계를 이용하여 FFT 및 Zero Cross 방법으로 파고 및 파주기를 측정
	Precision Infrared Radiometer		지구의 복사에너지를 열로 변환하여 장파복사 에너지를 측정
	Precision Spectral Pyranometer		지구 표면에 입사되는 단파 복사에너지를 측정하는 센서이며, 수평으로 설치 시 전천 일사량을 측정
	Present Weather and Visibility Sensor		시정 센서, 기상 및 강우량 측정 10m ~ 20Km 의 측정 범위를 1m 단위로 측정
	Tipping Bucket Rain Gauge		강우량 센서 0 ~ 50mm 의 측정범위를 0.2mm/hr 단위로 측정 정밀도: ±2mm/hr

(나) 다목적 0.9m 관측부이

다목적 0.9m 관측부이는 직경 0.9m, 총중량 120kg으로 작은 선박, 최소의 인원으로 쉽게 계류 및 회수할 수 있도록 설계하였으며, 각 요소는 분해조립이 가능해 운송이 용이하다. CDMA, VHF 및 Iridium 등 다양한 통신방식을 지원하여 원격모니터링 및 양방향 통신이 가능토록 설계된 Aqua-Comm 다목적 컨트롤러를 탑재하였다. 고정밀 관측 장비인 Teledume RDI ADCP 및 SBE MicroCAT 탑재가 가능토록 고리식 짐볼, CT센서 마운트 프레임 기본적으로 탑재되어 있다.



<그림 2-4> 다목적 0.9m 관측부이

(다) 2.3m 연안환경 관측용 부이 시스템

<그림 2-4>는 오토닉스사의 2.3m 연안환경 관측용 부이 시스템을 나타낸다. 오토닉스사의 2.3m 개발, 운영하고 있는 2.3m Buoy는 Buoy의 설치 위치의 기상 및 해양 정보를 관측하여, 사용자에게 관측 자료를 위성 및 기간 통신망 등을 통하여 실시간으로 전송한다. 자체 쌍방 처리 성능이 뛰어난 로거 및 컨트롤러를 탑재하고 있고, 1 intelligent I/O 포트와 RDI ADCP & Sea Bird IM 포트를 가지고 있고, SD & Compact Flash card를 지원한다. 또한 Cast-away 모드로 작동하여 환경적 재해 시에도 작동하고 독립된 GPS에 전원공급을 하여 위성 원격 통신을 지원하고 지속적인 위치 추적 알림기능이 탑재되어 있다.



<그림 2-5> OTRONIX Buoy

(라) 기타 관측부이

이 외에도 아래와 같이 다양한 형태의 부이들이 해양 정보 및 기상 관측을 위하여 운용되고 있다.

해양조사원에서 운용 중인 부이	기상청 해양기상관측용 부이	
 <p data-bbox="220 958 564 1041">울릉도북동 해양관측부이 (2012년 11월 관측 개시)</p>	 <p data-bbox="663 958 992 1041">3m 원반형 부이(거문도, 거제도, 덕적도, 칠발도)</p>	 <p data-bbox="1043 958 1423 1041">6m NOMAD 부이(동해, 포항, 마라도, 외연도)</p>

(6) 선행연구 분석

(가) 주요 연구논문

타 연구 분야에 비해 해양관측부이에 대한 연구논문이나 특허출원이 많지 않은 편이며, 기 연구된 내용 또한 10년 이상 된 자료가 대부분이다. 해양관측부이에 대한 기존 연구논문의 내용을 요약하면 다음과 같다.

- 서남해안 4개의 해양관측부이에서 계측된 해상기상 및 파랑자료를 수집하여 태풍 무이파 내습전후의 해상상태를 분석 [1]
- 황해중부해역에서의 대형 해양관측부이의 운용에 관한 연구를 수행 [2]
- WAVEWATCH-III 모델과 해양기상관측부이 자료를 이용하여 파랑인자 분석에 대한 연구가 수행되었다 [3].
- 기상청의 칠발도 부이 등을 이용하여 파랑모델과 부이의 유의파고 비교 연구이다 [4].
- 동해시 부근에 해양기상관측 부이를 계류하여 2003년 태풍 ‘매미’가 한반도를 통과할 때 발생한 해수물성과 수괴의 급격한 변화를 관측함 [5].
- 위성자료로는 획득할 수 없는 기온과 비습을 부이에서 생산된 자료를 통해 얻는 새로운 방법을 제안하는 등 해양관측부이를 활용한 다양한 연구를 수행하였다 [6].

- 중국과 공동으로 황해 중부 해역에 ‘황해중부부이’로 명명된 대형부이를 계류하여 어로 활동이 활발한 계류 해역에서의 부이 파손과 분실의 위험을 최소화하고, 안정적이고 지속적인 관측을 수행하였다 [7].
- 종합관측부이 개발과 실시간 관측기술을 연구하였다 [8].
- 연근해용 소형 기상관측 부이 개발을 연구하였다 [9].

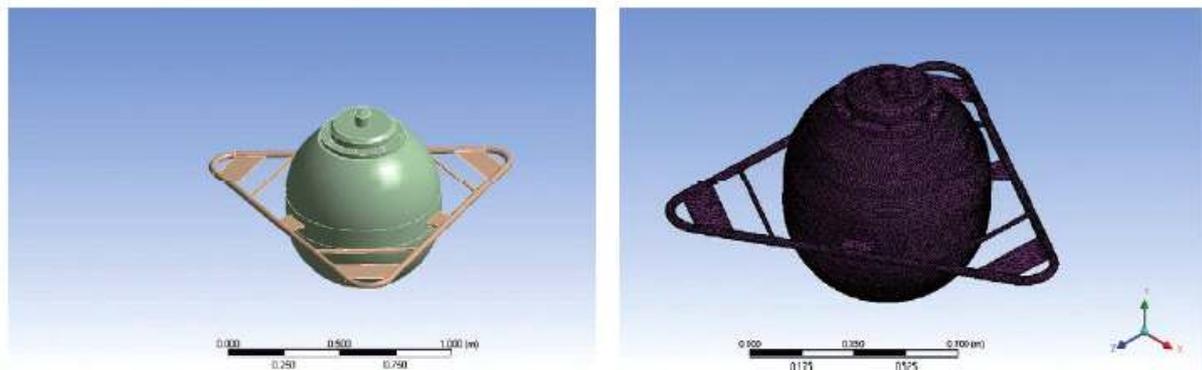
(나) 주요 연구개발

① USN 기반 부이식 파랑 관측시스템 개발 (2009~2011/해양수산부)

(주)오션이엔지에서 수행한 연구개발과제로 1) 파고 및 파향 알고리즘 개발 및 구현, 2) 파랑관측 센서 개발 및 인터페이스 구현, 3) USN기반의 파랑관측장치 통합보드 설계 및 개발과 4) 실시간 통합형 파랑관측 및 모니터링 인터페이스 구현 및 5) 파랑 관측 시스템 구축사업이다. 주된 연구내용은 파랑 탐지기술의 기반 구축을 통한 해양기상 관측망 활용과 해양 기상 관측과 파고 관측 시스템개발 개발에 있어 외산 장비에 비해 소비전력을 낮추고, 실시간 0.25s 이하의 파고를 관측할 수 있는 기술 연구이다. 주요 개발성으로 해상 관측 부이에 대한 구조해석과 독도 파랑관측부이 설치를 위한 저가의 고효율성, 고정확성을 가지는 관측 장비를 순수 국내기술로 설계 구현하였다.



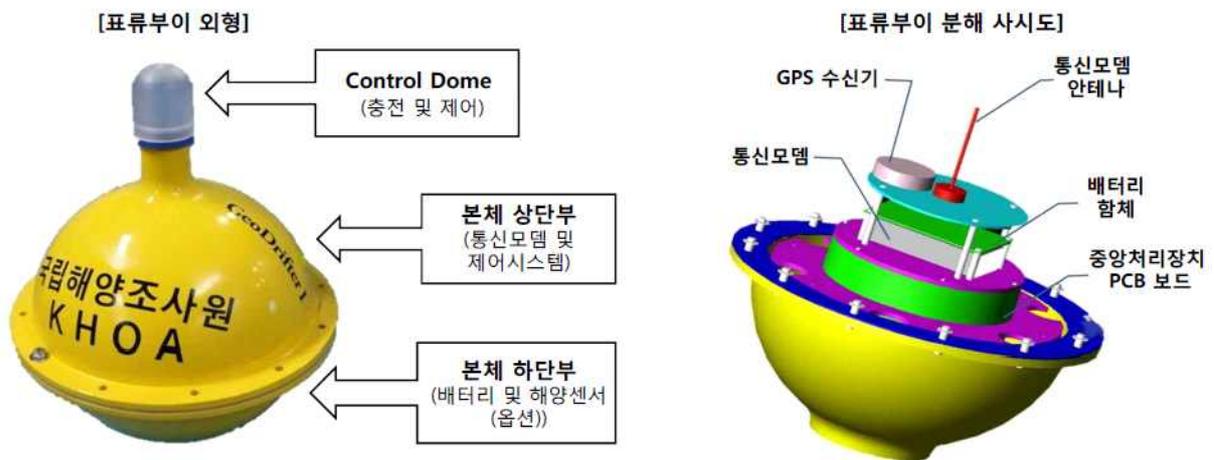
<그림 2-6> 관측자료 처리 과정



<그림 2-7> 표류형 관측부이의 3D 모델링

② 저비용으로 운영 가능한 해양관측용 표류부이(2004, 특허, 인하대학교)

인하대학교에서 보유하고 있는 특허기술로, 국내에 설치된 대부분의 부이가 미국이나 캐나다에서 수입된 장비인 것을 국산화하기 위해 2007년부터 2009년까지 국내 시제품을 개발하여 신안 앞바다, 보령 외연도에 보급하였다. 주된 연구내용은 1) 배터리를 하부 중심에 고정, 외부 충격 및 영향력 최소화, 2) CDMA, VHF 통신기술을 적용한 광대역 관측(30초마다 표류부이 위치정보 송수신), 3) 상부 커버의 제어용 보드를 제작하여 조작, 충전, 제어가 가능하다. 연구 성과는 파도나 선박에 의한 충돌로 고정 위치에서 종종 이탈하는 경우에 대비한 고정성이 강한 기술력 확보, 외산의 사용 및 유지보수 비용이 많이 드는 점을 국산화를 통해 개선하였다.



<그림 2-8> 인하대에서 개발한 저비용 해양관측용 표류부이

③ 디지털필터에 의한 차세대 부이식 파향과고계 개발 (2004~2006/해양수산부)

(주)에이에이티에서 연구개발한 과제로 부이식 파향과고계의 하드웨어적인 요소를 디지털 필터를 이용한 소프트웨어로 처리하여 직경 12Cm, 높이 15Cm 이하의 소형이면서 기존 제품의 60%이하 가격 경쟁력 있는 제품으로 해양파고관측을 용이하게 하였다. 주된 연구내용은 1) 액체Gimbal형 가속계센서 시제품, 2) 회전시험장치, 3) SD 메모리 소프트웨어 인터페이스 분석, 4) 자료전송장치, 5) 대용량 Data Logger, 6) VTI사 3축 가속계 IC를 위한 인터페이스 등이 있다. 연구성과는 해당 장치를 활용하여 서해안미세퇴적물 연구과제와 수중소음측정 연구과제에 응용하였다.

④ 해양관측시스템 개발 및 해양과학기지 활용연구 (2003~2010 / 해양수산부)

한국해양과학기술원(해양연구원)에서 연구한 내용으로 실시간 해양관측소 확대 구축 및 국가해양관측망 구축 기본계획 수립과 국지연안정보 생산체계 수립 및 시스템 운용을 통한 해양과학기지 활용연구에 있다. 주된 연구내용은 1) 실시간 해양관측소 확대 구축 및 운영 계획 수립, 2) 잔교, 등표 및 등대 등 기존 해양시설물을 활용한 실시간 해양관측소 구축 및 운영 등이 있다. 연구성과는 실시간 해양관측소 구축 및 운영으로 연안 등표, 잔교, 등대를 활용한 실시간 해양관측소 구축에 기여하였으며, NEAR-GOOS 실시간 해양정보제공시스템 개편에 영향을 끼쳤다.

(다) 해양 IoT 연구동향

최근 ICT 분야의 핫 이슈인 IoT(Internet of Things) 을 해양 분야 비즈니스에 활용하기 위한 키워드로 IoMT(Internet of Maritime Things) 또는 해양산업인터넷(Maritime Industrial Internet)에 대한 접근이 이뤄지고 있다[10] [11] [12]. 또한 IALA 및 CSSA의 e-navigation 구조에서 사람-기계 간 인터페이스가 정의되고 있고, 선박과 해양에 존재하는 다양한 센서 장치들로부터 정보를 자동으로 받아들여, 선박의 운영과 유지보수를 최적화하기 위해 적용되었다. 이로 인해 선박의 장비들을 보다 효과적으로 운용함으로써 배들을 효율적으로 관리하도록 할 수 있다. 또한 선박의 속도와 전체 연료 소비량을 최소화함으로써 비용을 절감시킬 수 있다. 엔진, 제너레이터, 기어 그리고 냉장고 장비들로부터 수집된 정보들을 통하여 연료 소비량을 최소화하고, 시장에 최적화된 상태로 채취물 보관을 가능하게 하였다. 조선소들은 좀 더 진화된 스마트 선박 건조를 위해 선내/외 유무선 통신 인프라 기반에 선박 기자재와 센서 기술이 접목하려고 하고 있고 해양 분야에도 자연재해/재난 예방 및 사후처리 등을 위해 각종 센서 장비들의 개발이 이뤄지고 있다. 선박 IoT 기자재와 해양 센서 장비로부터 수집된 대량의 데이터를 안전/경제운항을 위한 해양 빅데이터 기술로의 연계에 관해서도 관심이 높은 상황이다.

2. 국외동향

가. 주요국의 해양관측 연구 현황

세계 주요 국가들은 체계적인 해양자료 취득을 목표로 국가별 특성에 맞는 해양관측시스템을 구축을 위한 다양한 사업 프로젝트를 수행하고 있다.

<표 2-5> 해외 주요 해양관측기술 연구 현황

국가	프로젝트	사업 규모	사업 내용
미국	OOI	2008년부터 총 5천억원 투자	- 케이블망을 이용한 심해 연구 - 계류부이, AUV 등을 이용한 해양환경관측
캐나다	VENUS	2006년부터 세 곳의 관측거점, 두 곳의 연안 관측점 구축	- 해양관측자료를 수집하여 케이블을 통해 유선망을 이용한 전송기술 - 해저 환경 및 기후 연구
	NEPTUNE Canada	약 1,000억원 투자	- 800 Km에 달하는 케이블망으로 6개의 해저 고정 관측 거점 연결, 해양환경 및 해저지질 특성 관측 - 케이블망의 통신속도 10Gb/sec
유럽	ESONET	130~220밀리언 유로 투자	- 10개 권역의 해양환경 관측망 구축 - 5000Km의 케이블망 구성
호주	IMOS	2011년까지 4,400원 투자	- 각 해역별로 5개 구역의 사업을 통해 해양관측을 위한 11개 분야로 구성하여 연구

나. 주요국별 해양관측기술 및 개발 동향

(1) 미국

미국은 해양예보를 가장 조직적으로 수행하고 있는 국가 중 하나이며, 국립해양대기청(NOAA), 해군연구소(NRL) 등에서 조석, 해류, 파랑, 수온 등 해양예보를 활발히 진행 중이다. 해일관측을 위해 2007년까지 태평양해역에 총 39개의 지진해일관측시스템(DART)을 설치하였으며, 하버드 해양예보시스템(HOPS)은 4개의 예측모델과 관측자료 입력모델 및 결과분석시스템으로 구성된다. 미국국립과학재단(NSF)은 해양관측망 개발사업(OOI)에 2007년부터 6년간 총 3억 9,500만 달러를, 이후 8년간 시설 유지·운영에 총 2억 4,000만 달러를 투자하였다. 해양관

측망 구성은 수백 개의 센서와 관측 부이, 로봇을 설치하여, 통신케이블과 위성을 통해 수집되는 각종 자료를 육상 컴퓨터에 통합하여 정보를 제공하고 있다 [13]. 주된 연구는 다음과 같다.

- 케이블망을 이용하여 지판을 가로지르는 지구와 심해 프로세스 연구
- 계류, 부이, 자율형 잠수정(AUV) 등을 이용한 연안환경의 건강과 안전 등 관측- 표류계, 부표, 부이 어레이, 계류 및 기타 쌍방향 통신 시스템을 이용한 영양염 순환, 대기-해양 반응, 해류 연구 등

(2) 일본

일본 해상보안청 해양정보부가 조석, 조류, 해류 등의 예측자료를 매주 발간하여 수치모델링을 이용한 일본 주변의 해황과 기후변화 등을 예보하고 있고, 해양관측기술 중 조류예보시스템 개발로 현재 조류현상, 기상상황의 실시간 온라인 관측시스템을 기초로 금후의 조류현황 변화를 산출하는 예측시스템과 예측결과를 송신하는 조류현황 정보시스템 등을 통합하였다. 해양관측사업 중 북극해항로 연구에 있어 국제북극해항로계획(INSROP)과 1993년부터 1998년(2단계)까지 빙해항행기술, 환경영향평가, 북극항로의 지리정보시스템(INSROP GIS)을 완성하여 국제항로 개척에 활용하고 있다. 또한 현재 각 부처가 개별적으로 해양조사를 시행하고 정보를 공유하고 있지 않아 이용 및 자료의 활용도가 떨어져, 일본 종합해양정책본부가 해양정보를 일원화하고 데이터베이스도 구축하는 중에 있다.

(3) 캐나다

달하우시 해양예보시스템(DALCOAST)을 달하우시대학과 해안경비대, 국립과학환경연구센터 등이 공동으로 개발하여 캐나다 동부 연안을 대상으로 48시간 예보 운영하고 있고, 이 시스템의 해양예보 요소는 폭풍해일, 연안의 총해면고도 및 연안해류이며, 24시간 48시간의 예보자료를 제공하고 있다.

(4) 유럽

유럽 10개국이 공동으로 EU-MAST 프로젝트를 통해 개발한 지중해예보시스템(MOFS) 운영으로 대기예측모델 결과가 해양의 해수면의 예측자료로 입력되고 인공위성으로 관측된 해양자료 및 실시간 해양관측부이 정보를 FTP를 통해 예보를 제공하고 있다. 이 시스템의 해양예보정보는 해표면 수온 및 염분, 바람 응력, 열유량, 수심별 수온, 염분, 해류자료 및 밀도 혼합층 두께, 염분 혼합층 두께, 수괴형성률, 지불타르 및 기타 해협 수송량 등이며, 인터넷으로 제공하고 있다.

(5) 중국

국립해양국(SOA) 산하 국립해양환경예보센터(NMEFC)가 파도, 폭풍해일, 조석, 조류, 수온, 해빙 등에 대한 예보를 시행중이다. 그리고 표층수온에 대한 예보는 EOF 등에 사용하며, 매월 상, 중, 하순에 예보하고 있다. 중국은 해양관측사업으로 중국근해 해양종합조사 및 평가 프로젝트를 2004년부터 6년간 약 2,500억원 예산으로 중국 연근해를 입체적으로 조사하고 있다. 또한 기후변화관측망 구성을 위해 중국 국가해양국(SOA)에서 해양기후상호작용, 기후변동실험실 등을 설립하여 중국 근해 및 인접해양의 관측, 예측기능을 향상시켰다. 향후 발해, 남지나해, 동인도해양도 관측부이 등을 설치하여 중국의 기후변화관측망을 완성할 계획을 수립 중에 있다. 중국의 국가해양정보센터는 해양 정보의 질적 관리체계를 수립, 조석, 조류 분석 및 예보, 해평면의 예측, 세계자료센터(WDC) 해양학센터 관리 등을 수행하고 있다.

제 2 절 본 과제의 독창성

ICT기술은 통합 플랫폼 제공에 의한 생태계 조성이라는 방식으로 진화하고 있음에도 불구하고 현행 해양관측용 부이 시스템은 case-by-case 방식으로 기술의 발전 속도가 느린 편이며 표준화된 통합 플랫폼의 부재로 인하여 다양한 응용기술 개발에도 제한이 있다. 이를 위하여 본 연구는 기존 연구 대비 다음과 같은 차별성을 추구하였다.

가. 부이의 유지/보수를 용이하게 할 수 있는 스마트 센서 모듈 개발

부이의 유지/보수를 용이하게 하기 위하여 시스템 모듈의 데이터 선처리, 플러그인 기능 동작상태 모니터링, 자가진단 등 다양한 부가기능 및 편의성을 향상시킬 수 있는 스마트 센서 모듈을 개발하였다.

나. 다양한 센서의 통합관리 및 단일 인터페이스 체계 구축

컨트롤러의 일반 I/O 포트를 이용할 경우 임의의 센서를 지원하기 위한 범용 연결성이 떨어진다. 그리고, 센서 모듈의 교체가 용이하도록 단일 인터페이스의 플러그인 기능이 요구된다. (손쉬운 설치 유지보수, 부이 운영의 유연성을 제공함으로써 비용 절감이 가능함) 이러한 단일 인터페이스를 위하여 센서 모듈의 다중접속 인터페이스를 설계하였다.

다. 통신방식의 한계 극복

기존 연구에서는 LTE 방식과 부이들 간의 네트워크 구성을 지원하지 않는다. 또한, 센서

모듈의 교체가 용이하도록 단일 인터페이스의 플러그인 기능이 요구된다. (손쉬운 설치 유지보수, 부이 운영의 유연성을 제공함으로써 비용 절감이 가능함) 이러한 단일 인터페이스를 위하여 센서 모듈의 다중접속 인터페이스를 설계하였다.

라. IoT 플랫폼 통합관리 및 제어 시스템 설계

부이는 해상에서 오랜 기간 동안 임무를 수행해야 하므로 전원의 효율적인 관리가 필수적이므로 효율적인 전원관리 기능이 필요하다. 또한, 플랫폼 구성 모듈들의 동작상태 모니터링 및 자가진단 등이 가능한 통합관리 시스템을 개발하였다.

제 3 장 과제수행 내용 및 결과

제 1 절 연구 내용

본 연구과제에서는 해양 IoT 서비스 시나리오 및 플랫폼 요구사항 분석, 기존 연구와 차별화되는 HW/SW 플랫폼 설계, IoT 플랫폼 시제품 제작 및 성능 검증을 일련의 단계를 통하여 진행하였다. 특히, 선행연구 조사 및 분석과 부이 관련 전문가 기술 세미나를 통하여 해양 IoT 서비스 시나리오 및 플랫폼 요구사항을 분석하고 해양 특성화 요구사항에 따른 활용방안을 도출하였다. 이를 바탕으로 스마트 센서 플랫폼 설계, 통신네트워크 모듈 설계, IoT 플랫폼 통합 관리 및 제어 시스템 설계, IoT 플랫폼 시제품 제작, 시제품 성능 시험 연구를 수행하여 기존 시스템의 한계를 극복할 수 있는 기반 기술을 확보하고자 하였다. 아래에는 기존 연구와 차별되는 본 연구과제의 주요 연구 내용 및 추진 전략을 나타낸다.

세부연구목표	연구내용	연구범위
해양관측 부이용 통합 IoT 플랫폼 설계	○ 스마트 센서 플랫폼 설계	<ul style="list-style-type: none"> - 기존 센서에 비해 부가기능 및 편의성이 향상된 스마트 해양관측 센서 모듈 설계 - 스마트 해양관측 센서 모듈의 다중접속 인터페이스 설계 - 스마트 해양관측 센서 모듈 구동을 위한 S/W 플랫폼 설계
	○ 통신네트워크 모듈 설계	<ul style="list-style-type: none"> - 실시간 영상 데이터 전송이 가능한 고속통신 모듈 설계 - 해양관측 부이들 간의 Ad-hoc 네트워크 구성 연구
	○ IoT 플랫폼 통합관리 및 제어 시스템 설계	<ul style="list-style-type: none"> - 플랫폼 구성 모듈들의 통합 인터페이스 방식 설계 - 플랫폼 구성 모듈들의 동작상태 모니터링 및 자가진단 등 통합관리 기능 설계 - 효율적 전원관리 방안 연구
해양관측용 부이에 탑재 가능한 IoT 플랫폼 시제품 제작 및 실장 시험	○ IoT 플랫폼 시제품 제작	<ul style="list-style-type: none"> - 개별 구성 모듈 및 통합관리 시스템의 구현 - 플랫폼 구성 모듈들의 최적 결합 연구
	○ 시제품 성능 시험	<ul style="list-style-type: none"> - 스마트 센서 플랫폼 동작 시험 - 통신네트워크 모듈 동작 시험 - IoT 플랫폼 전체 동작 시험

제 2 절 추진전략 및 접근방법

1. 과제 추진전략

본 연구에서는 요소기술 선택과 통합을 통한 표준형 IoT 플랫폼 제안을 위하여 다음과 같이 3 단계의 기술개발 전략을 수립하여 연구를 수행하였다. <그림 3-1>은 해양관측 부이를 위한 해양 IoT 표준 플랫폼 기술개발 전략을 나타낸다.



<그림 3-1> 해양관측 부이를 위한 해양 IoT 표준 플랫폼 기술개발 전략

가. 해양 IoT 서비스 시나리오 및 플랫폼 요구사항 분석 (STEP 1)

본 과제에서는 표준기반/개방형 오픈소스 플랫폼을 대상으로 하며 디바이스/통신/서비스 관련 해양 특성화 요구사항을 도출하였다.

나. 해양관측 스마트 센서 플랫폼 설계 (STEP 2-1)

기존 센서에 부가기능 및 편의성이 향상된 스마트 센서 모듈 설계, 다양한 해양관측 센서의 특성 및 I/O 인터페이스 분석, 도출된 해양 특성화 요구사항, 센서 특성 및 I/O 인터페이스 분

석 결과를 바탕으로 데이터 선처리, 플러그인 기능, 자가진단, 동작상태 모니터링 등을 지원할 수 있는 센서 구동 S/W 플랫폼 설계, NMEA2000(National Marine Electronics Association 2000), CAN(Controller Area Network) 등 기존의 프로토콜을 분석하여 다양한 센서 모듈 간 다중접속 연결을 지원하는 프로토콜 및 인터페이스를 설계, 다양한 센서 모듈들의 IoT 플랫폼 통합관리 시스템 접속을 지원하는 인터페이스 설계를 하였다.

다. 통신네트워크 모듈 설계 (STEP 2-2)

실시간 화상 데이터 전송이 가능한 LTE 통신망 활용하였고 부이들 간의 Ad-hoc 네트워크 구성을 통한 데이터 전달의 효율성을 증대하였다.

라. IoT 플랫폼 통합관리 시스템 설계 (STEP 2-3)

IoT 플랫폼 구성모듈과 메인 시스템 간 단일화된 통합 인터페이스, 통합 인터페이스를 바탕으로 구성 모듈들의 최적 결합, IoT 플랫폼 동작상태 모니터링 및 자가진단이 가능한 통합 관리 기능 구현, 효율적인 전원관리 방안을 도출하였다.

마. IoT 플랫폼 시제품 제작 및 성능 검증 (STEP 3)

개별 구성 모듈을 구현 및 동작 시험, IoT 플랫폼 통합관리 시스템 구현 및 IoT 플랫폼 전체 동작 시험을 하였다.

2. 과제 접근방법

목표	과제수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
스마트 센서 플랫폼 설계	<ul style="list-style-type: none"> - 기존 결과의 분석을 통하여 기존 방식과 호환이 가능한 새로운 다중 센서 접속 인터페이스 설계 - 오픈소스 형태의 HW 및 SW 적용 	<ul style="list-style-type: none"> - 데이터 선처리, 플러그인 기능, 동작상태 모니터링 지원이 가능한 모듈 설계 - 다양한 해양관측 센서의 특성 및 I/O 인터페이스 분석 - 센서 모듈의 다중 인터페이스 도출을 위한 기존 인터페이스 프로토콜의 분석 - 센서 모듈의 다중접속을 위한 CAN 기반의 인터페이스 및 프로토콜 도출 - 센서 모듈 다중접속 인터페이스 프로토콜 및 구동 S/W 구현
통신네트워크 모듈 설계	<ul style="list-style-type: none"> - 기존 통신 방식의 한계를 극복할 수 있는 향상된 통신 방식 적용 - 오픈소스 형태의 HW 및 SW 적용 	<ul style="list-style-type: none"> - LTE 기반의 고속통신을 지원할 수 있는 통신 네트워크 플랫폼 설계 - 고성능 카메라모듈을 이용한 영상 기록 및 촬영 영상 전송 - LTE 기반의 통신네트워크 모듈을 통하여 다양한 센서로부터 받은 데이터를 원격지 모니터링 시스템으로 전송하는 알고리즘 설계 - 해양관측 부이들 간의 Ad-hoc 네트워크 구성 연구
IoT 플랫폼 통합관리 및 제어 시스템 설계	<ul style="list-style-type: none"> - 기존 결과의 분석을 통하여 기존 방식과 호환이 가능한 통합 인터페이스 방식 및 통합 게이트웨이 설계 - 오픈소스 형태의 HW 및 SW 적용 	<ul style="list-style-type: none"> - 센서 모듈과 게이트웨이 간 통신을 위한 CAN 기반의 센서 데이터 패킷 정의 - IoT 플랫폼 동작상태 모니터링 및 통합 게이트웨이 설계 - 자가진단 기능을 위한 센서 인식기능 설계 - 전력소모 효율을 고려하여 각 센서로부터 필요한 데이터들만 추출 및 압축하여 전송할 수 있는 전송방식 설계
IoT 플랫폼 시제품 제작	<ul style="list-style-type: none"> - 개별 구성 모듈 구현 및 최적 결합 연구 - 오픈소스 형태의 HW 및 SW 적용 	<ul style="list-style-type: none"> - 센서 및 통신을 위한 개별 구성 모듈 구현 - 수밀 가공을 위한 설계 - 원격 모니터링을 위한 데이터베이스 구축 및 모니터링 화면 구성
시제품 성능 시험	<ul style="list-style-type: none"> - 실험역 필드 테스트 진행 	<ul style="list-style-type: none"> - 개별 구성요소의 성능 확보를 위한 시험 수행 - 커넥터 및 센서 부분의 수밀 실험 수행 - 해양 관측용 부이 몸체의 설계 및 제작 - 해양관측용 부이의 자세위치제어 성능을 확인하기 위한 실험역 실험 - IoT 플랫폼을 탑재한 해양관측용 부이의 실험역 실험 - 부이간 통신을 위한 실험역 실험

제 3 절 과제 결과

1. 해양 관측용 부이 기술 동향 조사

본 연구과제에서는 2차례의 전문가 초청 기술 세미나를 통하여 해양 IoT 서비스 시나리오 및 플랫폼 요구사항을 분석하였고 해양 특성화 요구사항에 따른 활용방안을 도출했다. 특히, 해양 특성화 요구사항에 따른 활용방안으로서 Buoy를 활용한 HNS 원격탐지기술을 2차 세미나에서 관련 전문가와 논의하였고 향후 본 연구과제의 결과와 연관된 후속 연구 과제 도출을 논의 중이다. 1차 및 2차 전문가 초청 기술 세미나의 개요를 본 최종결과보고서에 소개한다. 특히, 2차 전문가 초청 기술 세미나의 경우 현재 후속 연구 과제 도출을 위한 내용이 포함되어 있으므로 구체적인 내용은 생략하도록 한다.

가. 1차 전문가 초청 기술 세미나

(1) 전문가 초청 기술 세미나

- 일시: 2015년 7월 9일(목) 15:00~
- 초청 전문가: (주)오션이엔지, (주)지오시스템리서치

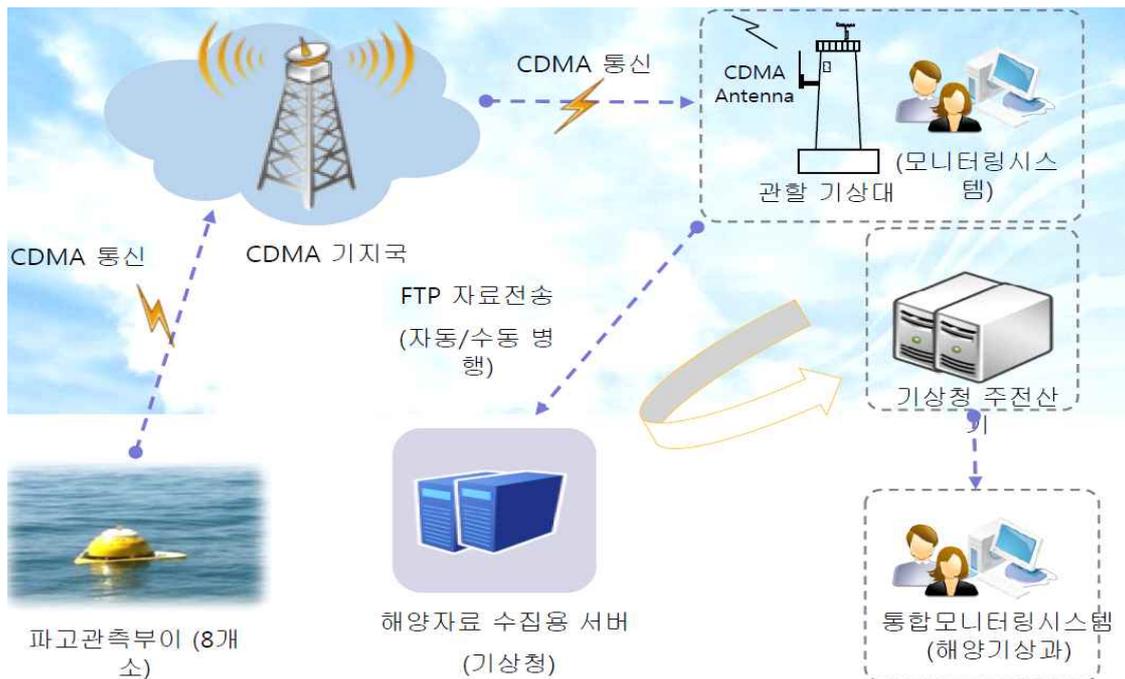
(2) 해양기상관측부이 국산화 개발 (오션이엔지 주제발표)

기후변화예측, 기후변화적응, 기상예보 등 관련하여, 해양에서의 해양기상 및 해양수질 관측 항목이 큰 비중을 차지하고 있으며, 공공기관의 해양기상관측부의 이용범위가 늘어나고 있다. 따라서, 해양기상 관측망 설치를 통해서 해양의 상태를 실시간 파악할 수 있으며, 해당 기관의 해상재해, 해상기상예보 및 특보 등에 활용하는데 기여 할 수 있다.

항 목	규격	단위	수량
파고부이 구조물	지름700mm, 재질SUS316	조	1
파고센서	파고 0~20m, 파주기3~18s	조	1
수온센서	-2°C~ +40°C	조	1
CDMA	최대 153.6kbps, 지연 0.1초	조	1
무선통신	양방향 통신	조	1
GPS	오차범위 10m이내	조	1
데이터로거	자료 저장 및 전송	조	1
배터리 팩	6개월 용	조	1
계류장치	SUS wire외 샤클, 스위블 등	조	1
운영프로그램	문자와 그래픽 표현	식	1
운영PC	Windows 7, RAM 2GB	조	1
예비품	파고센서 외 7종	조	1

<그림 3-2> 해양기상관측부이의 국산화 제원표

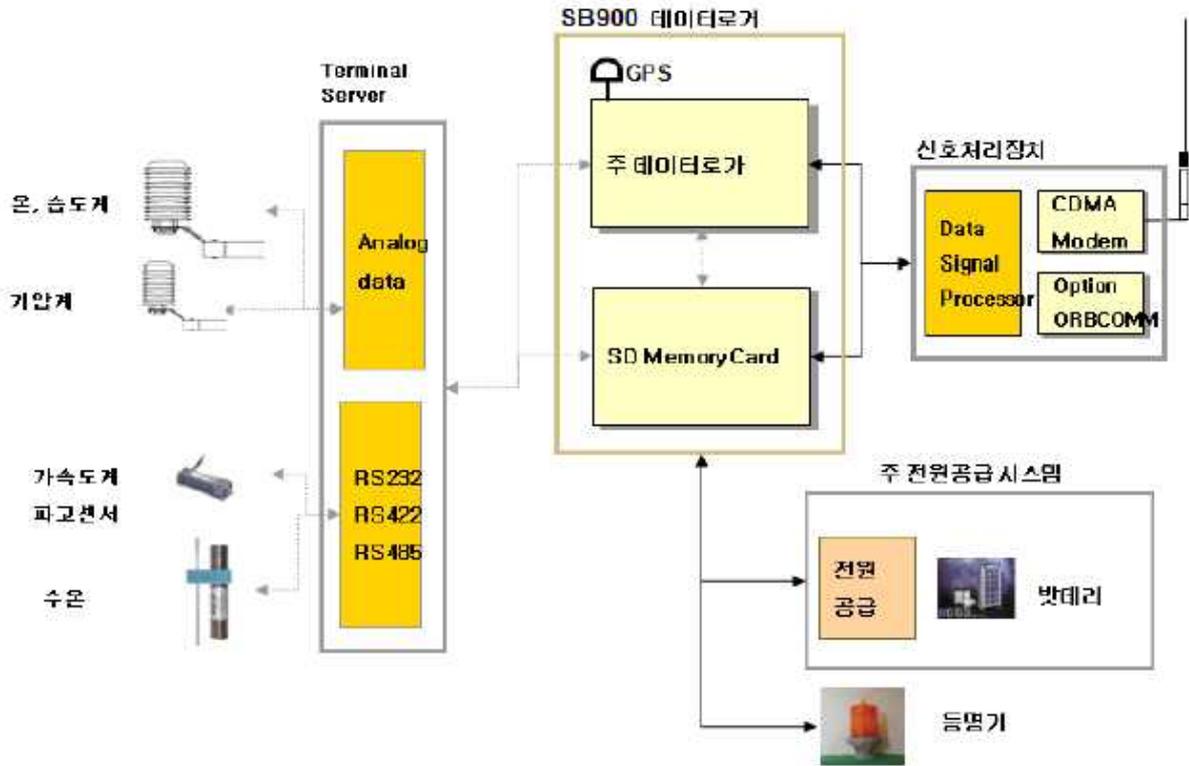
해양기상부이시스템의 구성은 크게 표체부분, 자료모니터링부분, 통신부분, 계류부분으로 구성되며 통신체계는 주 통신장치로 CDMA방식을 이용하며, 인마셋 위성통신 가능하다. 시스템의 설치 형태는 계류식 파고부이시스템이다.



<그림 3-3> 해양관측부이 통신시스템의 구성도

(가) 해양관측부이시스템의 개발 요구사항

부이는 기온과 강한 바람, 심한 온도변화에 내구성이 필요하다 표재 SUS 316A 부식이 없다 모든 시스템을 장착하였을 때에도 안정적인 자세를 유지하도록 설계한다. 해역특성에 적절한 관측시스템 및 정보제공 시스템 설계한다.



<그림 3-4> 해양관측부이시스템 내부 구성도

(나) 파랑부이 안전성 실험

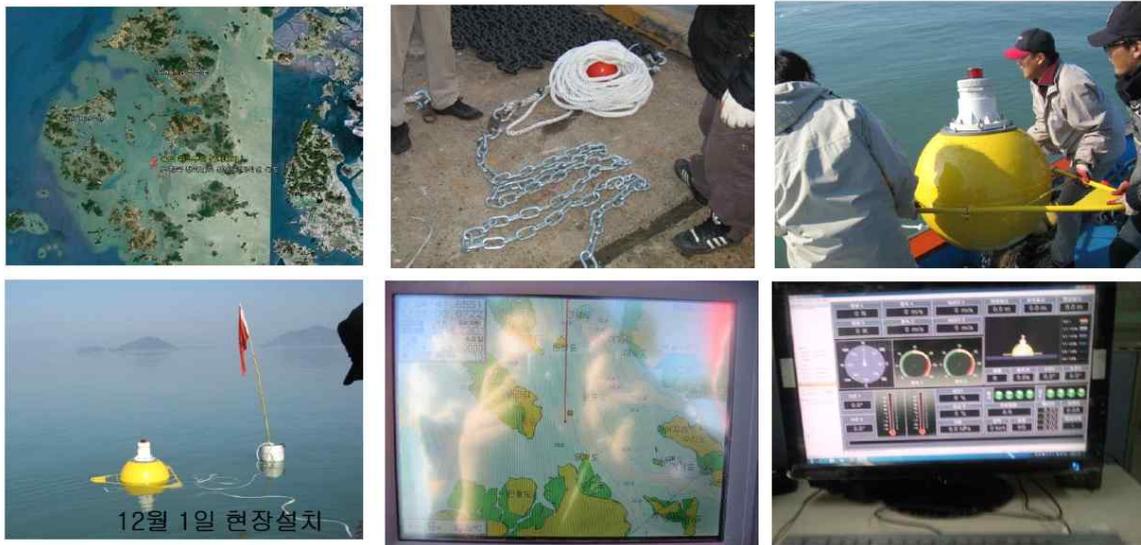
해양관측부이시스템 안전성 평가 모델링 및 수조 실험을 진행하였다.



<그림 3-5> 부이모델링(좌), 부이장비 수조 실험(우)

(다) 계류형 부이의 구성 (스틸 마고부이 계류도)

지점명	기존설치위치	수심	현장 출항지
옥도 22447	위도 : 34°41.6551N 경도 : 126°03.6722E	15m	신안



<그림 3-6> 해양관측부이 현장 설치 (오션이엔지)

(라) 향후 스마트 부이 개발 계획

시장 확대 전략으로 저렴하고 유지보수가 용이한 스마트 부이 개발을 한다. 빅데이터 사업과 연계한 수질환경 사물 인터넷을 이용한 관계 앱을 개발한다.

항목	기존 부이	스마트 부이	스마트부이 장점
길이	1.4m	40cm	작고 유지보수용이
센서	파고, 수온	기상, 파고, 수질	다양한 센서장착
설치	해양	내수면, 해양	모든장소에 설치가능
무게	80Kg	20kg	1인이 설치 용이
통신	CDMA, 인마셋	근거리 RF (440MHz) 5km	통신비 1/50절감
전력	건전지교체 (90개, 6개월)	솔라셀 (반영구)	저전력 설계
판매가	4천만원	천만원	원가 50%절감
유지비	1500만원/년	백만원/년	설치 및 회수가 용이

<그림 3-7> 기존부이와 스마트부이 비교

(3) 실시간 해양기상관측시스템 구축 및 운용관리 (지오시스템리서치)

(가) 해양관측의 개요

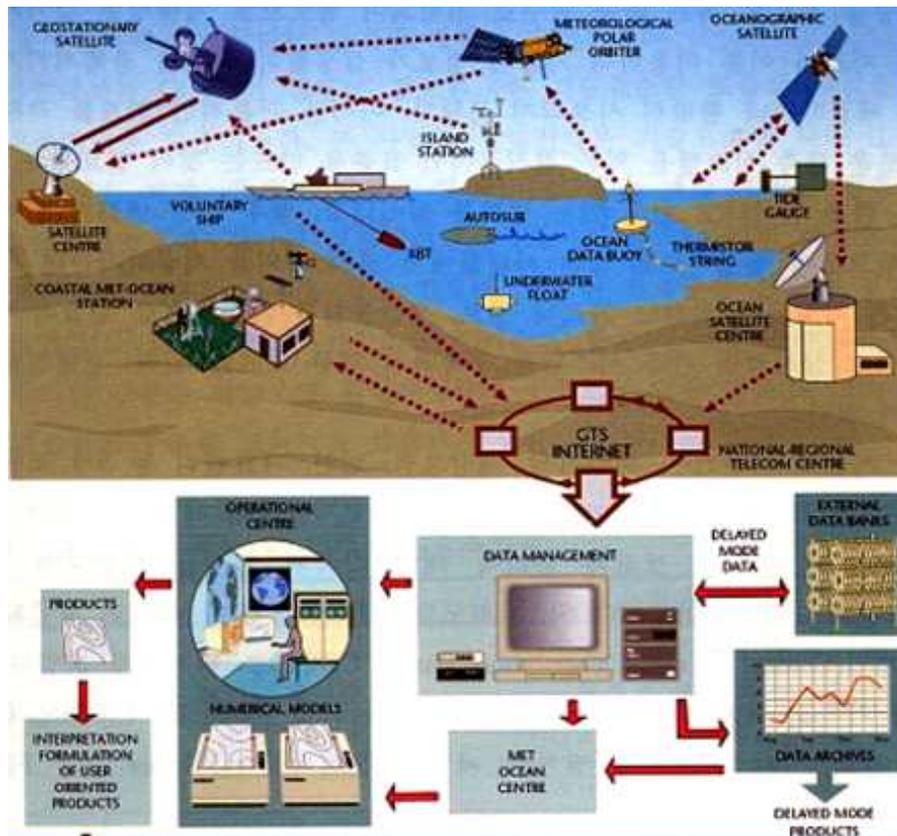
연구활동 목적으로 해양생태계 보존 및 관리, 기후변화 예측, 자연현상 규명을 한다. 자원활용 목적으로 해양자원 관리/개발, 해양자원 평가, 환경영향평가를 진행한다.

(나) 해양관측 방법

수층탐사, 저층탐사, 지구물리탐사의 현장관측을 한다. Mooring System, 부이/부표, 해양의 고정관측을 실시한다. 원격탐사, 해양관측 위성의 위성관측을 한다.

(다) 실시간 해양관측시스템 구축 목적

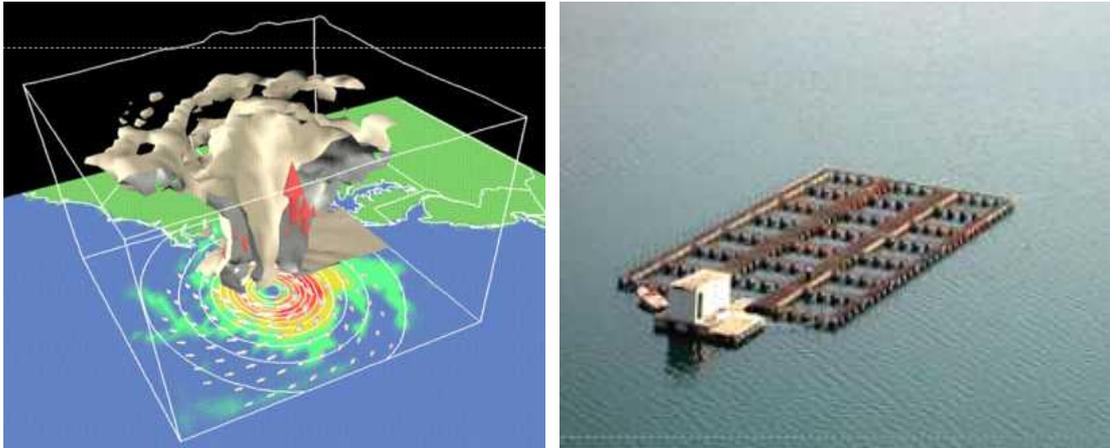
해양 환경연구 기술의 방향 : 장기적, 체계적, 비용 효과적, 상시 감시가 가능한 해양환경 관측망 이용을 하면 해양환경 변화의 추세추적 및 변화예측이 가능하다. 국내외 다양한 해양/기상 모니터링시스템 구축 활용으로, 국내 해양환경종합관측망, 미국의 NOAA PORTS Program, 일본의 오키나와 관측시스템, 유럽의 SeaWatch Europe등이 있다.



<그림 3-8> 실시간 해양관측시스템의 구성도

(라) 해양환경모니터링 목적

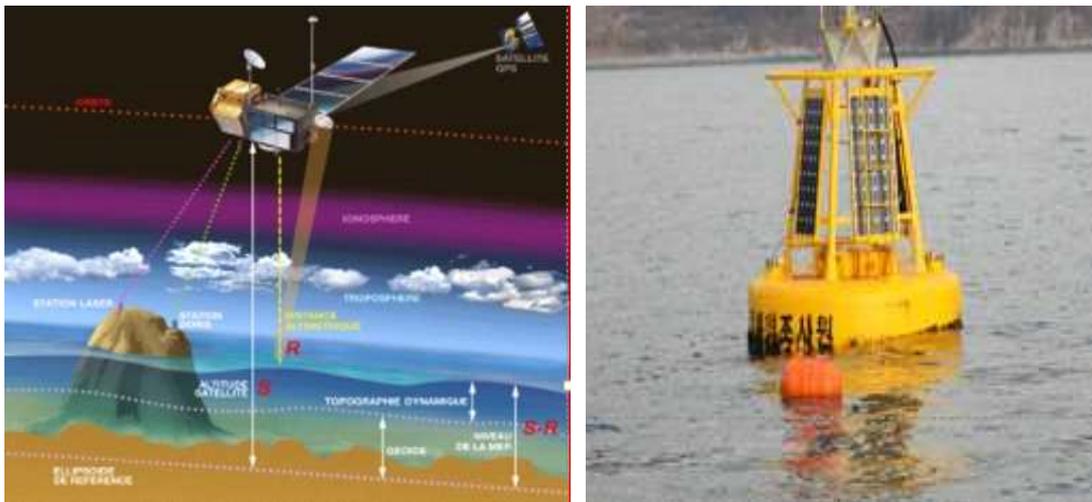
해양 기상 및 해양 환경 관측연안류 및 해빈류 관측, 적조 예측 및 해양사고 관련 관측, 연안 해역 어장 환경 감시해양기후 예측, 연안재해 및 예측 자료로 사용, 해양개발 관리 전략 자료로 사용하기 위함이다.



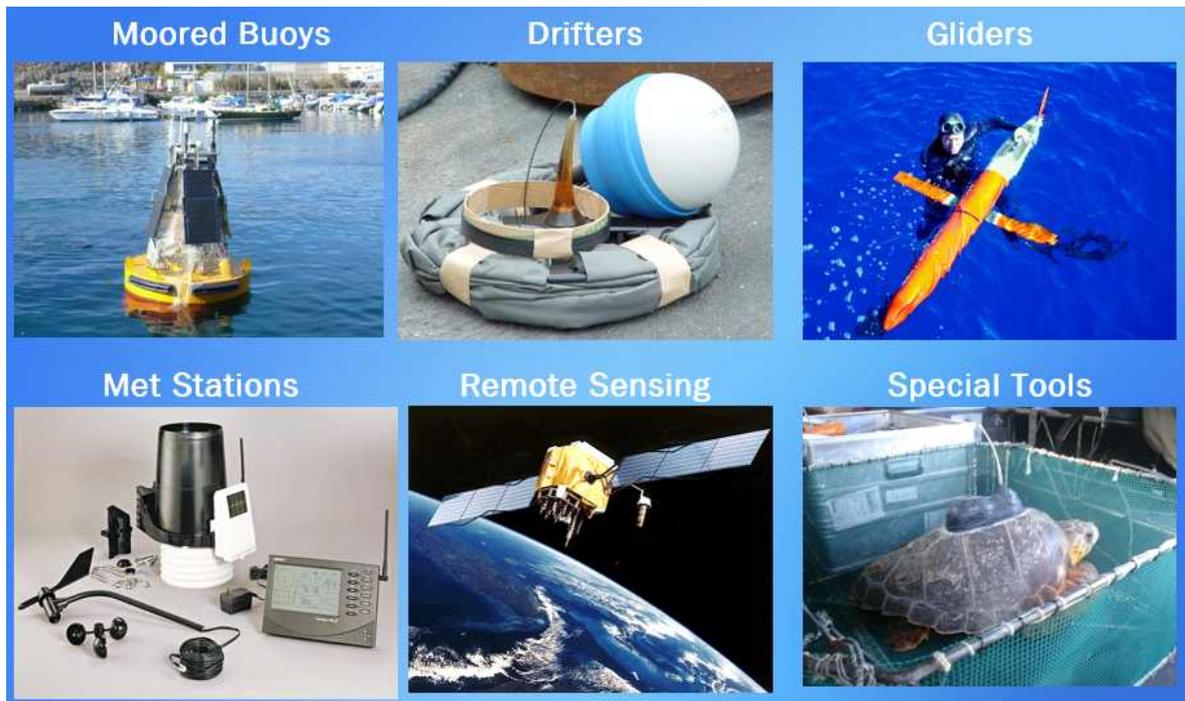
<그림 3-9> 해양환경모니터링 모델링(좌) 및 설치 현장(우)

(마) 해양환경모니터링 방법의 종류

인력/선박 조사 및 관측법, 실시간 모니터링 시스템, 연안관측시스템, 부이관측시스템, 무인 이동형 관측시스템, 생물 모니터링 시스템, 인공위성 모니터링 시스템



<그림 3-10> 해양환경모니터링 구성도(좌), 설치 부이(우)



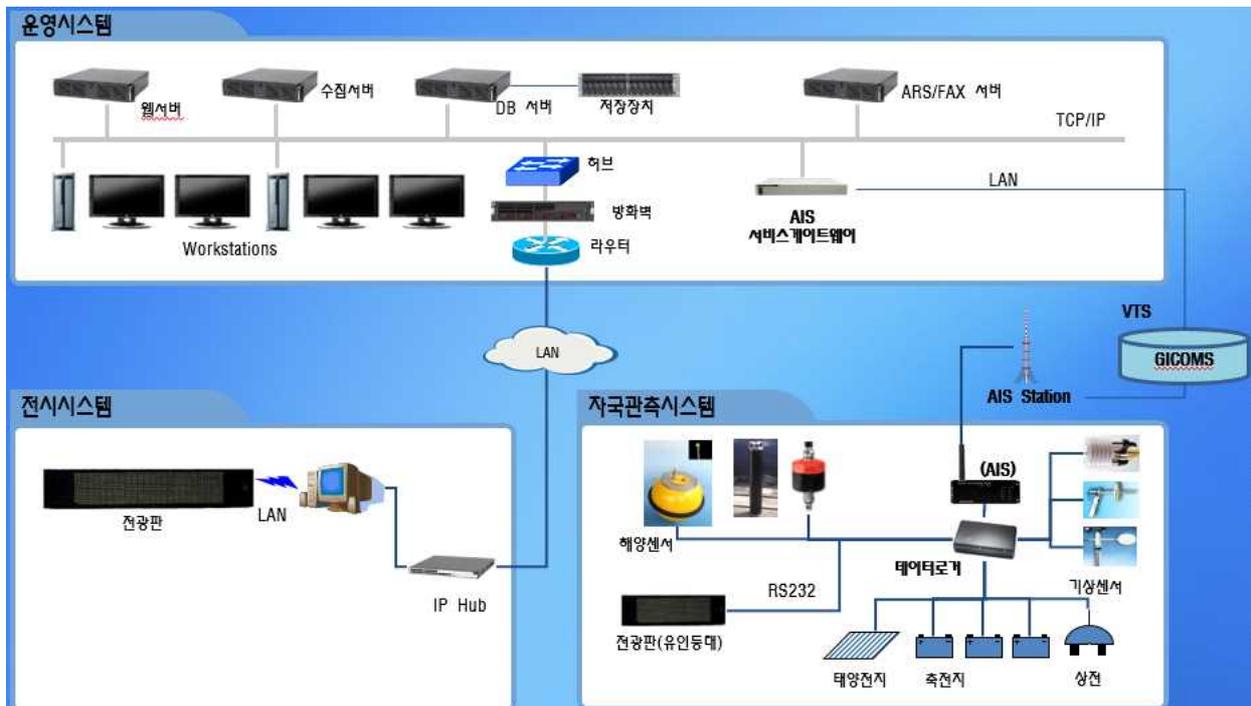
<그림 3-11> 해양환경 모니터링 주요 부이 시스템

(바) 해양기상신호표지시스템

연안 통항선박에게 안전항해에 필요한 정보를 제공함으로써 해양교통 안전을 확보한다. 연안 레저 활동 및 지역 주민에게 연안 해양기상정보 제공을 한다. 관계기관 (해조원, 기상청 등)에 관측정보 제공한다.

구축 현황 및 계획(안)					
권역	기상	해양	권역	기상	해양
목포/진도권	13	2	부산/마산권	12	6
인천권	14	4	울산/포항권	4	2
대산권	3	2	동해권	4	-
여수권	4	3	기타권	11	-

<그림 3-12> 국내 구축현황 및 계획(안)



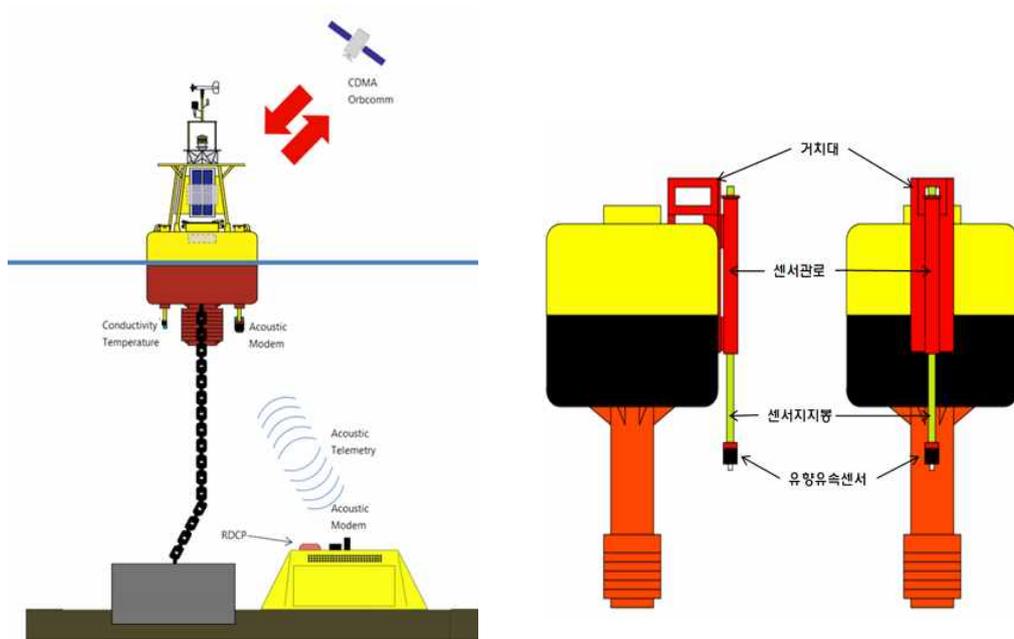
<그림 3-13> 운영 시스템의 네트워크 구성도

(사) 해수유동모니터링시스템

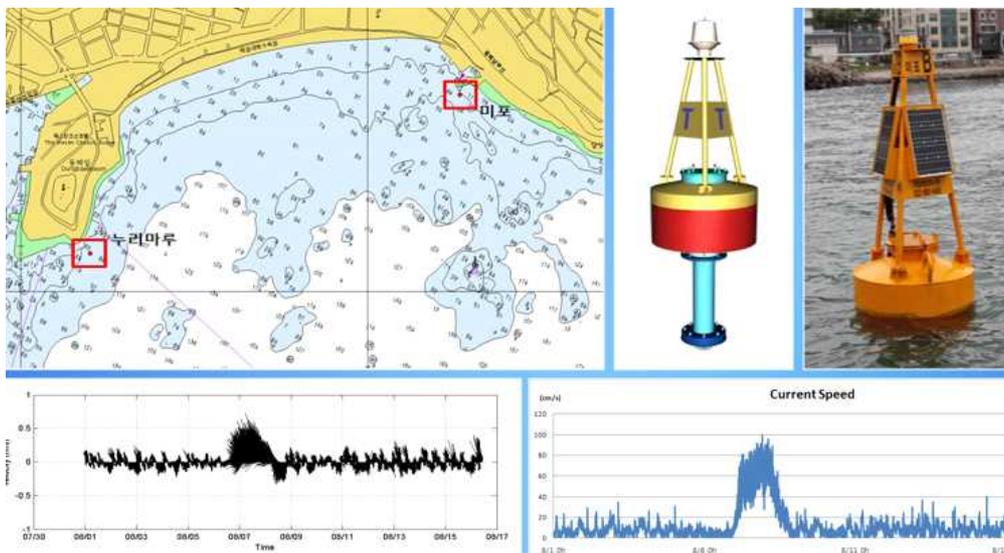
항만부근 해역 해수유동 관측 (HF-Radar + Buoy Monitoring), 입출항 선박 해상 교통안전 확보하고 관계기관 (기상청, 해양항만청, 항만공사 등) 정보를 제공한다.

구분	여수권역	울산신항	인천 아라뱃길
기상	기온/습도, 풍향/풍속, 기압	기온/습도, 풍향/풍속, 기압 (1개소)	-
예양	실시간 증별 해수유동	표층 해수유동 (2개소) 증별 해수유동 (1개소)	표층 해수유동 (2개소) 증별 해수유동 (1개소)
비고	HF-Radar: 여수 및 부 산신항	울산항만공사	

<그림 3-14> 국내 추진현황



<그림 3-15> 관측시스템 개요도



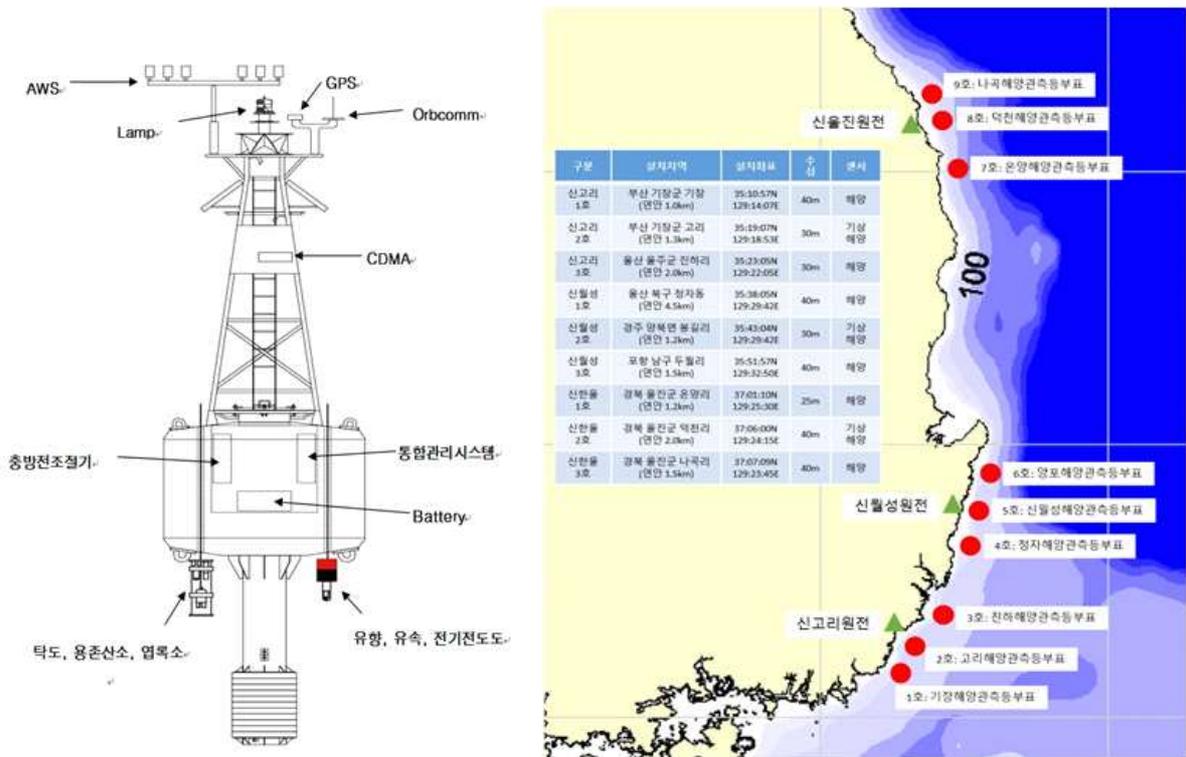
<그림 3-16> 해운대 해수욕장 운영 시스템

(아) 한수원 해양환경모니터링시스템

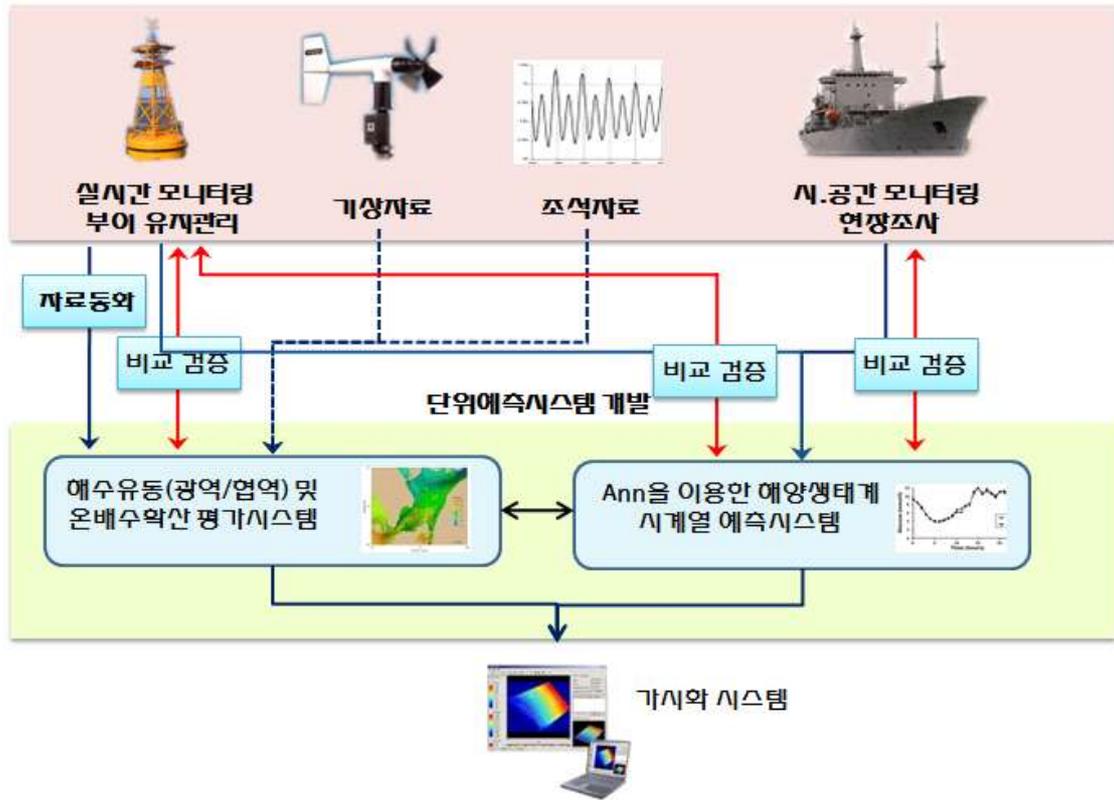
고리 및 월성 원전주변 해역의 물리적 유동 특성, 주요 수질 환경 요소의 특성을 실시간으로 모니터링한다. 단기적 중장기적 해양환경의 변화 추세와 중장기적 변화추세 예측을 위한 자료 제공 및 시스템 구축을 한다. 장기적으로는 원전이 주변 동해연안 해양환경 및 생태계에 미치는 영향을 정량적으로 평가 및 관리한다.

구분	주요 내용
1차 년도	해양환경변화 실시간 모니터링용 관측 부표 6기 현장구축
2차 년도	3차원 해수유동 및 온배수확산 평가모델 및 해양생태계 예측모델 개발
3차 년도	중압 대응시스템 구축

<그림 3-17> 추진 현황



<그림 3-18> 관측시스템(좌) 운영 현황(우)



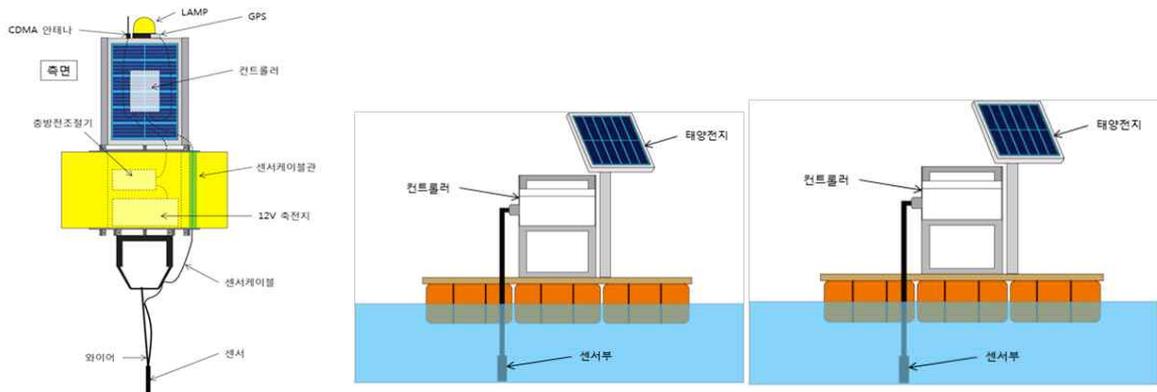
<그림 3-19> 해양환경 예측 및 평가 시스템

(자) 국립수산과학원 어장환경정보시스템

서남해역 주요양식장 수온 관측, 양식장에 따라 용존산소 및 염분관측, 동해 관측부이 활용 수온 관측, 표/중/저층 수온 관측, 전광판 및 웹페이지 정보 제공을 한다.

<표 3-1> 어장환경정보시스템의 구성

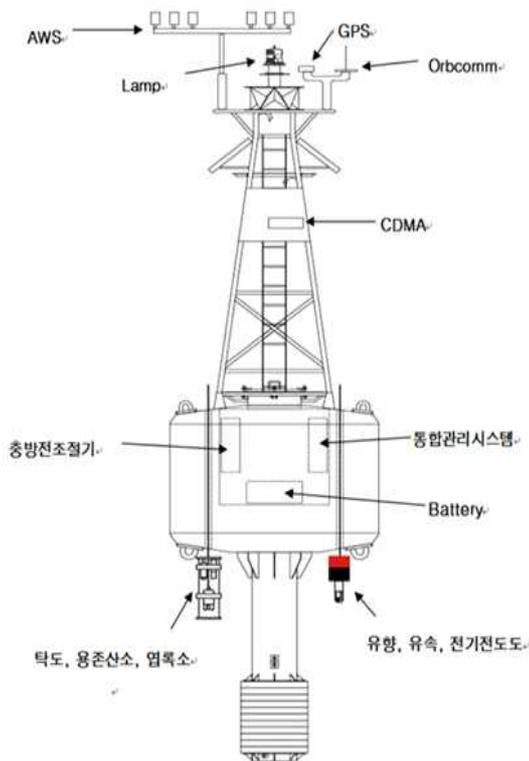
구분	관측항목	수량
양식장	수온/염분, 용존산소	22
관측부이	수온, 표/중/저층	5
적조부이	수온/염분/용존산소/클로로필/유향/유속/기상 등	1
합 계		28



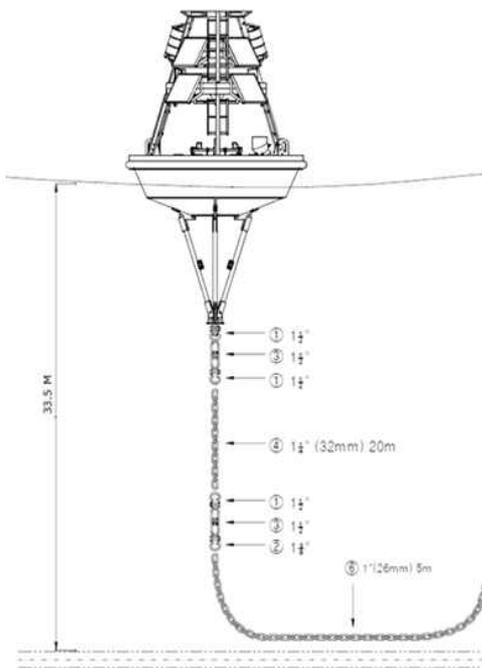
<그림 3-20> 관측시스템의 구성



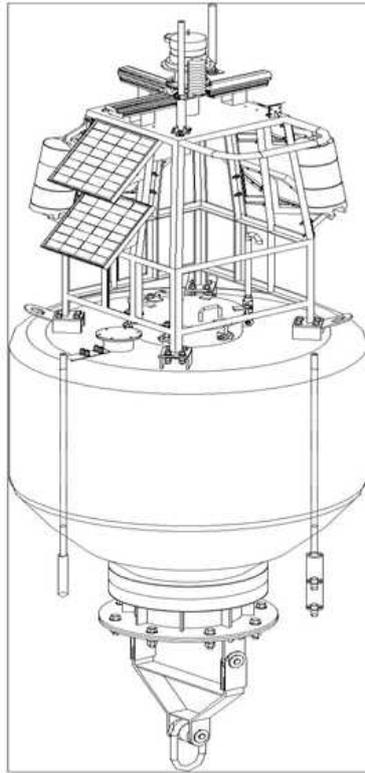
<그림 3-21> 실시간 적조관측부이의 구성(좌) 및 설치현장(우)



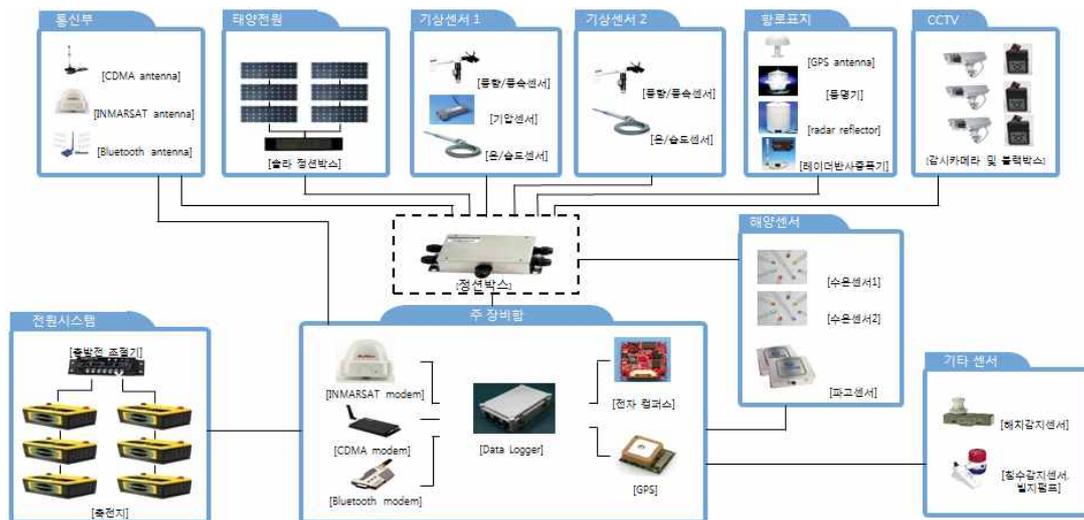
<그림 3-22> KIOST 제주 해양환경관측부이



<그림 3-23> 3M Discus 해양기상부이 구성도(좌), 설치현장(우)



<그림 3-24> 2M Discus 해양기상부이 구성도(좌), 설치현장(우)



<그림 3-25> 해양기상부이 시스템 구성도

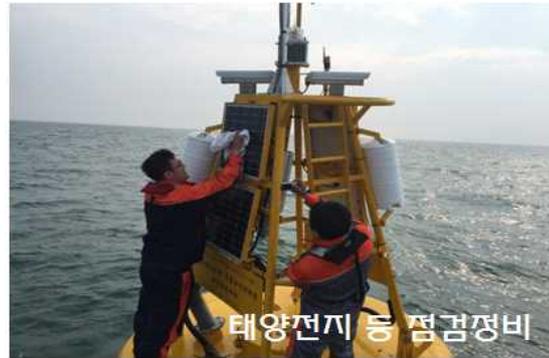
(차) 관측부이 관리 관련 규정

<표 3-2>는 관측부이의 관리 관련 규정을 나타낸다.

<표 3-2> 관련 규정

구분	주요내용	관련규정	비고
위탁관리 신고	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 항로표지시설 위탁관리를 위한 관할 해수청 신고 ○ 항로표지시설 현황조서 ○ 위탁관리업체(인원) 현황 ○ 계약관계 등 확인 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 항로표지법 시행규칙 14조 	유지관리 시행 시
정기점검	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 항로표지시설 정기점검 ○ 표체 및 위치 상태 ○ 등명기 및 전원 상태 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 항로표지시설 관리지침 10조 	매월
관리실태 점검	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 항로표지시설 관리실태 점검 ○ 정기점검 실태 점검 ○ 예비품 보관 상태 등 점검 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 항로표지법 20조 	년 2회
인양점검	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 항로표지시설 전수 인양 점검 ○ 표체 수리정비 및 도색 ○ 계류장비 및 전원장비 교체 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 항로표지시설 관리지침 12조 ▪ 항로표지업무용선박 관리운영 규정 15조 	2년 주기
항로표지 용품검사	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 등명기 등 항로표지용품 검사 ○ 등명기 및 충방전기 기능검사 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 항로표지법 시행규칙 28조 	3년주기

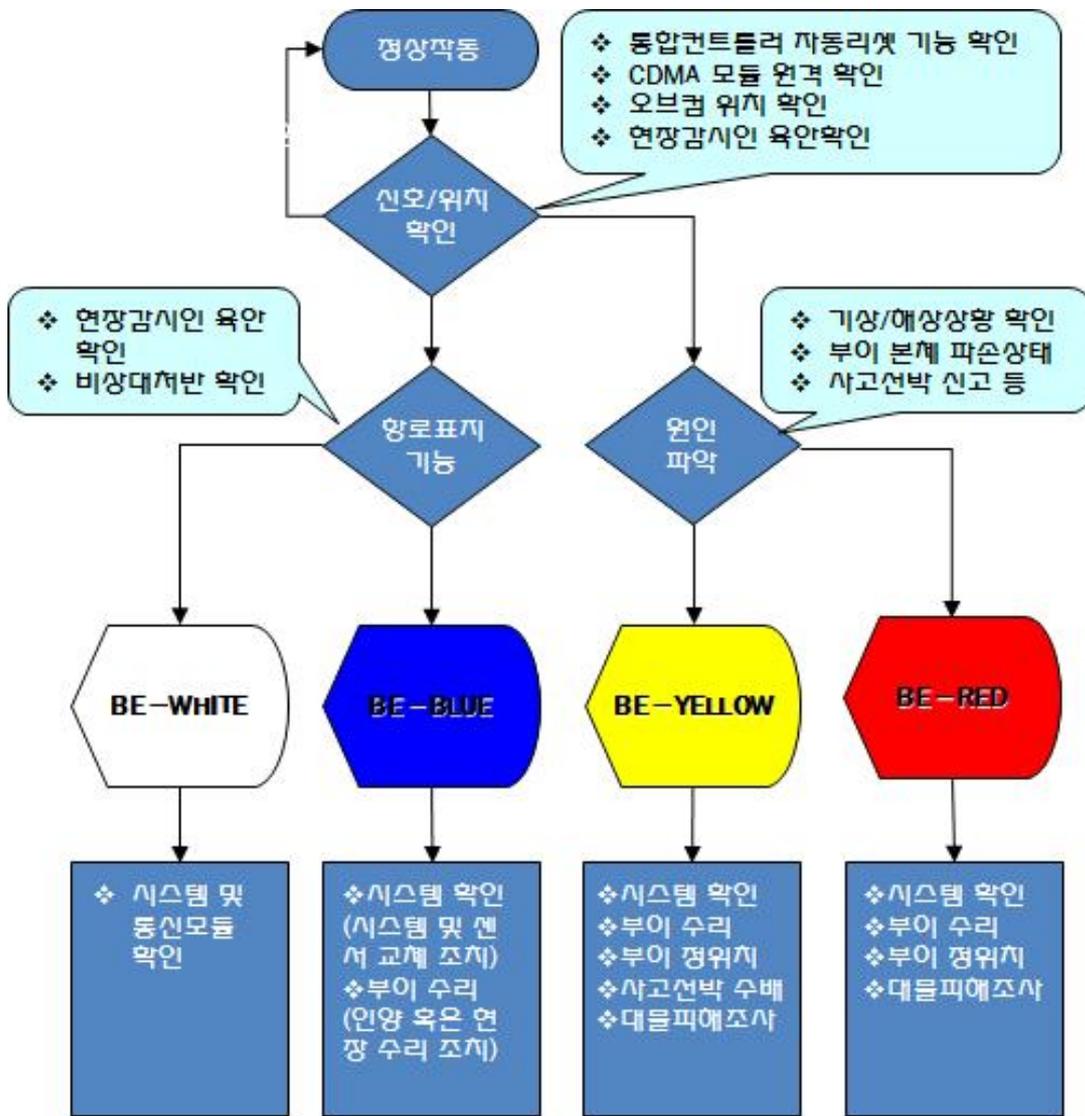
(카) 관측부이 정기 점검



<그림 3-26> 정기점검

(타) 관측부이 비상상황 대응 방안

불가항력(천재지변, 제3의 외력 등)에 의한 사고 발생시 15일 이내에 발주자에 통보하고 상호 협의하여 조치한다. 자료송수신에 이상발생시 7일 이내 정상복구 (단, 해상기상 악화 시 발주처와 협의하여 기간연장)한다. CDMA 및 시스템 이상 발생, 항로표지 기능 정지, 외력에 의한 부이 외부 손상, 외력에 의한 부이 위치 이탈 등 비상상황에 따른 업무처리 및 사후대처 능력을 배양하고 년 1회 모의훈련을 통한 비상대응 방안 향상한다. 부이 설치 현장에 현장 감시인 위촉 운영한다.



<그림 3-27> 비상상황 발생 시 대응도

나. 2차 전문가 초청 기술 세미나

(1) 전문가 초청 기술 세미나

- 일시: 2016년 4월 14일(목) 13:00 ~ 17:00
- 초청 전문가: 선박해양플랜트연구소

(2) Buoy를 활용한 HNS (Hazardous and Noxious Substances) 원격탐지기술 개요¹⁾

(가) 사고발생 전 (허브부이 단독)

일반 해양관측 임무 수행 후 주요 해양관측 부이를 ‘허브 부이화’ 한다.

(나) 사고발생 후 (단말부이 투입)

사고지점 근방 및 유해위험도 확인사고지점 근방에서 HNS확산 모니터링 후 데이터 집중/예측/대응 체계를 활용하고 단말부이 (소모성)를 활용한 높은 공간분해능을 확보한다.

2. 스마트 센서 플랫폼 설계

가. 스마트 해양관측 센서 모듈 설계 기술 확보

해양관측을 위한 센서를 직접 설계하고 측정 데이터를 전송할 수 있도록 모듈화하였다. 기존 센서에 비해 부가기능 및 편의성이 향상된 스마트 해양관측 센서 모듈을 설계하였다. 본 연구에서는 산화물 재료를 이용하여 해상 위험유해물질의 농도 뿐만 아니라 pH를 측정하여 위험유해물질의 종류를 단정할 수 있는 기능의 센서를 제작하고, 이를 아두이노를 이용하여 센서 모듈화하여 구동할 수 있음을 확인하였다.

나. 다양한 해양관측 센서의 특성 및 I/O 인터페이스 분석

해양관측을 위하여 사용될 수 있는 다양한 센서들에 대해서 조사한다. 특히, 본 연구과제에서는 스마트 해양관측 센서 모듈의 통합된 다중접속 인터페이스를 설계하고자 하므로 센서들의 기능뿐만 아니라 다양한 I/O 인터페이스 방식을 고려할 수 있도록 분석하였다.

1) 본 기술 세미나는 본 연구에서 개발한 부이 시스템 설계 기술을 활용한 후속 과제 도출을 위하여 부이 시스템의 적용 방안에 대한 것으로서 해당 기관의 수행 중인 과제의 보안 사항이므로 본 결과보고서에 구체적인 내용은 기술하지 않았다.

(가) 해양 관측용 센서 조사

<표 3-3> CTD (Conductivity, Temperature and Depth) Sensor

Manufacturer	Interface	Protocol	Note
SBE	RS-232	NMEA 0183	RS-232 serial output for use with AUV/ROV logging CTD data
AADI	CAN(Internal) RS-422(External, opt)	CAN bus Protocol (Internal) XML(External)	Smart sensor topology based on a reliable CAN bus interface (AiCaP) Real-time XML Output on RS-422(opt)
Idronaut	RS-232C, Telemetry	Proprietary	Acquired data is output using the standard RS232C interface or the telemetry option available for on-line full ocean depth real-time data transmission Proprietary byte-oriented, binary and plain message protocol
AML	RS-232/485	Proprietary	Output formats can be modified

<표 3-4> Air Temperature Sensor

Manufacturer	Interface	Protocol	Note
AADI	AADI VR-22	-	Output - Aanderaa half-bridge (VR-22) Electrical Connection - Watertight Plug 2828
Envirodata	+5V square wave frequency (pulse)	0 to 40Hz for -20 to 60°C	+5 Volt square wave frequency (pulse) proportional to the temperature 0 to 40Hz for -20 to 60°C Frequency = °C/2 + 10
SBE	Voltage	+6 to -6V for -3 to 30°C	Connector - 6-pin Impulse AG 306 (1/2-20 thread) or MCBH-6MAL Output Signal - +6 to -6V for -3 to 30°C nominal at 0 frequency Output increases in proportion to frequency, beginning at 0.1Hz and ending at 200Hz

<表 3-5> Wave & Tide Sensor

Manufacturer	Interface	Protocol	Note
RBR	RS-232/485	Matlab, Excel or text files	Wave data exports to Matlab, Excel or text files make post processing with your own algorithms simple
AADI	CAN(Internal) RS-422(External, opt)	CAN bus Protocol (Internal) XML(External)	Smart sensor topology based on a reliable CAN bus interface (AiCaP) Real-time XML Output on RS-422(opt)
Datawell	RS-232	Datawell hexadecimal format	The data format of the Wave unit is compatible with the format as sent out by a DWR-MkIII and can be used with the W@ves21 software package. Alternatively, the data can be received, interpreted and forwarded by an embedded system.
SBE	RS-232 RS-422/485(opt)	Proprietary	RS-232 (opt RS485) serial interface

<表 3-6> Barometric Pressure Sensor

Manufacturer	Interface	Protocol	Note
AADI	AADI VR-22	-	Output - Aanderaa half-bridge (VR-22)
Envirodata	+5V Voltage pulse	15.25 to 19.75 Hz for 750 to 1050hPa	Cable type - 3 core shielded The BP10 Series Barometric Pressure Sensors and designed to measure atmospheric pressure in the range 750 to 1050 hecto Pascals
Airmar	CAN/RS485	NMEA0183/ NMEA2000	Unique to the sensor is its ability to output both NMEA0183 and NMEA2000 simultaneously to various devices on-board

<표 3-7> Relative Humidity Sensor

Manufacturer	Interface	Protocol	Note
AADI	AADI SR-10	-	Output - Aanderaa digital SR-10
Texas Instruments	WLCSP (DSBGA) 8 Pin (I2C)	Proprietary	Relative Humidity (RH) Operating Range 0 to 100%
Envirodata	+5V Voltage pulse	-	Cable type - 3 core shielded Atmospheric relative humidity sensor is coupled to a 14 bit analogue to digital converter and processed digitally This results in a linear output change as a function of relative humidity

<표 3-8> Wind Direction & Speed Sensor

Manufacturer	Interface	Protocol	Note
AADI (Direction)	AADI SR-10	-	Output - Aanderaa digital SR-10 Electrical Connection - Sensor Cable 2842
AADI (Speed)	AADI SR-10	-	Output Signals - Average wind speed SR-10 - Wind gust SR-10 Electrical Connection - Watertight Plug 2828L
Gill Instruments	RS232/422/485	Gill formats NMEA0183	-
Airmar	CAN/RS485	NMEA0183/ NMEA2000	Unique to the sensor is its ability to output both NMEA0183 and NMEA2000 simultaneously to various devices on-board

위에서 조사된 센서들 중에서 본 연구과제에 적용하기 위해 선택한 해양 관측용 센서는 다음과 같다. 센서 선정에 있어서 1차 전문가 기술 세미나에서 도출된 요구사항을 반영하였다. 또한, 해양 관측 센서들은 해상 혹은 수중에서 동작하는 고가의 고정밀 센서이고 대부분 해외 주문이 필요하므로 연구비 및 과제 기간을 고려하였다.

(나) 다양한 I/O 인터페이스를 포함하면서 필수적인 최소의 센서

<표 3-9> CT (Conductivity and Temperature) Sensor

Manufacturer	Part No.	Commodity / Specifications	
AADI	4319A	Depth Rating	300m
		Conductivity Resolution	0.0002 S/m
		Conductivity Accuracy	±0.005 S/m
		Temperature Resolution	0.01 °C
		Temperature Accuracy	±0.1 °C
		Interface	AiCaP CANbus or RS-232 Output

<표 3-10> Weather Sensor

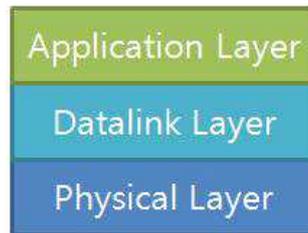
Manufacturer	Part No.	Commodity / Specifications	
AIRMAR	WX200	Measurement data	Wind speed and direction
			Barometric pressure
			Air temperature
			Relative Humidity (Calculated dew point & heat index)
			Calculated wind chill temperature
			3-axis accelerometer for pitch and roll
			3-axis rate gyros provide rate-of-turn
		Ultrasonic wind	up to 90 MPH/78 KTS (40m/s)
		3-axis solid-state compass with dynamic stabilization	Better than 1° static compass accuracy Best-in-class 2° dynamic compass accuracy
		GPS (COG/SOG/Position)	10 Hz
		IP waterproof rating	IPX6
Output options	RS422/CAN BUS RS232/CAN BUS		
Optional heater and upper ring			

다. 센서 모듈의 다중인터페이스 도출을 위한 기존 인터페이스 프로토콜의 분석

본 연구에서는 기존의 센서 모듈 간 다중 접속할 수 있는 인터페이스 설계 및 프로토콜 통합 플랫폼 제작하기 위해, 실제 선박 및 해양관측 부위에 주로 사용되는 NMEA0183, NMEA2000, CAN, UART 등 기존의 프로토콜을 분석하였고 분석 결과를 제안하는 시스템의 센서 모듈 간 다중접속 인터페이스 설계에 활용하였다.

(1) NMEA0183

NMEA는 National Marine Electronics Association의 약자로, 해양 관련 장비의 인터페이스 프로토콜의 표준으로 사용되고 있다. NMEA라고 불리는 NMEA0183은 시간, 위치, 방위 등의 정보를 전송하기 위한 규격이다. NMEA0183의 데이터들은 주로 자이로컴퍼스, GPS, 나침반, 관성항법장치(INS)에 사용되고, ASCII와 직렬 방식의 통신(시리얼 통신)을 사용한다. NMEA 프로토콜은 물리계층, 데이터링크 계층, 응용계층으로 구성되어 있다.



<그림 3-28> NMEA0183 Protocol 구성

물리계층(physical Layer)은 RS-232, RS-422 등의 전기적인 전송 규격을 뜻한다. 데이터 링크 계층(Data link Layer)은 보레이트(Baud Rate), 데이터비트, 패리티비트, 스톱비드 등을 정해놓는다. 응용계층(Application Layer)은 데이터를 전송하는 의미에 대한 규약이고, 문장의 시작은 '\$' 으로 시작한다. 구분의 종류는 GP로 시작하고 데이터의 구분은 ','(콤마)로 한다. *로 끝난다. \$와 * 사이에는 모든 데이터를 exclusive or 연산을 하여 체크섬(checksum)을 만들어 추가한 후 마지막으로 <CR> 과 <LF>를 붙인다. 본 연구에서 사용하는 GPS모듈은 NMEA0183 프로토콜 방식을 이용하며, 센서 모듈에서 시리얼모니터링을 통해 다음과 같은 NMEA0183 sentence를 모니터링할 수 있다.

<예>

```
$GPGGA,123519,4087.038,N,01131.324,E,1,08,0.9,545.4,M,46.9,M, ,*42
```

<표 3-11> \$GPGGA 의 각 필드 설명

필드	예제	설명
Sentenc ID	GGA	Global Positioning System Fix Data
UTC	123519	hhmmss.sss
Latitude	4807.038	ddmm.mmmm
N/S Indicator	N	N=North, S= South
Longitude	01131.324	dddmm.mmmm
E/W Indicator	E	E=East, W=West
Position Fix	1	0=Invalid 1=Valid SPS. 2= Valid DGPS.3 = Valid PPS
Satellites Used	08	Satellites being used(0-12)
HDOP	0.9	Horizontal dilution of preision
Altitude	5454	Altitude in meters according to WGS-84 ellipsoid
Altitude Unit	M	M=Meters
Geoid Seperation	46.9	Geoid seperation in meters according to WGS-84 ellipsoid
Seperation Units	M	M= Meters
DGPS Age	(empty field)	Age of DGPS data in seconds
DGPS Station ID	(empty field)	
Checksum	*42	
Terminator	<CR>/<LF>	

위의 예는 GGA에 대한 예이며, 이에 대한 각 필드의 설명은 위에서 <표 3-11> 과 같다. \$다음 5자리는 그 문장이 어떤 데이터 값을 가지고 있는지 나타낸다. 5자리 중 앞의 두 자리는 디바이스 ID(Talker ID)이며, 나머지 3자리는 Sentence ID(Sentence Name)이다. Device ID는 장치를 구분하는 데이터이고, Sentence ID는 문장을 구분하는 데이터이다. GGA는 현재 자신의 위치 데이터와 시각 등의 데이터를 필드로 가지고 있다. 본 연구에서는 해양관측 부이시스템에서 부이의 위치를 실시간으로 관측하기 위해 AKMU2P모듈을 적용한 AKBU2 고정밀 66채널 GPS보드를 사용하였다. AKMU2P모듈은 UART (TTL) 인터페이스를 사용하며 데이터

메시지 포맷은 NMEA0183 메시지 형태로 센서 모듈로 전송되고, 센서 모듈에서 NMEA0183의 메시지를 CAN 형식으로 변환한다. 부이의 위치를 파악하기 위해 \$GPGGA에서 출력되는 값 중에서 필요한 위도(Latitude)와 경도(Longitude)값을 센서 모듈에서 파싱(parsing) 하여 CAN-Bus로 전송하는 과정을 거친다.

(2) NMEA2000과 CAN

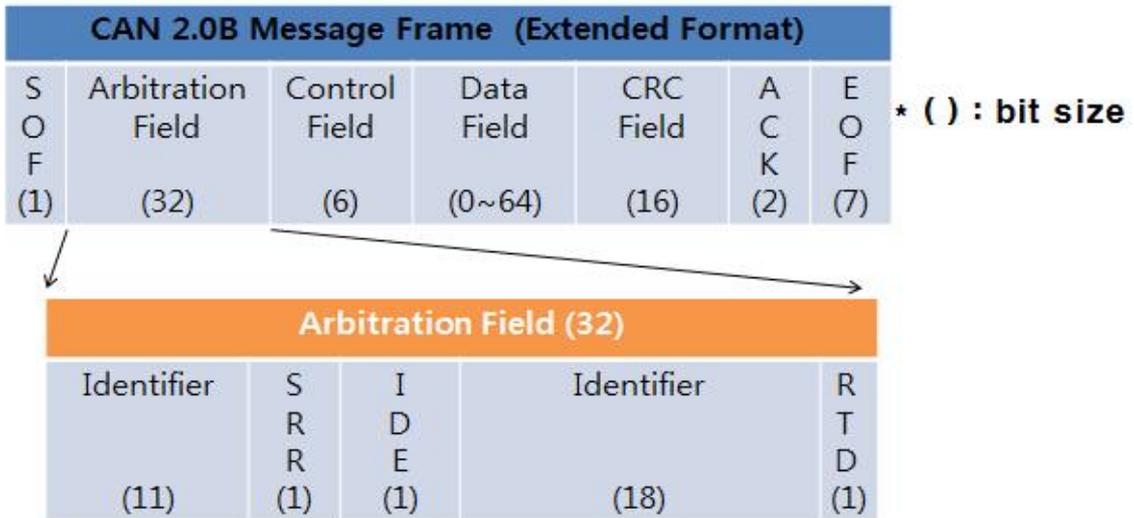
NMEA2000 표준은 선박 내에 존재하는 GPS, 기상센서, 속도계, 풍속계, 엔진 등 다양한 입/출력 기기간의 연결을 지원하는 통신망 기술로 버스방식, 실시간 데이터 전송, 커넥터/케이블 등의 규격화를 통하여 성능과 편의성까지 모두 갖춘 규격이다.

(가) NMEA2000표준의 특징

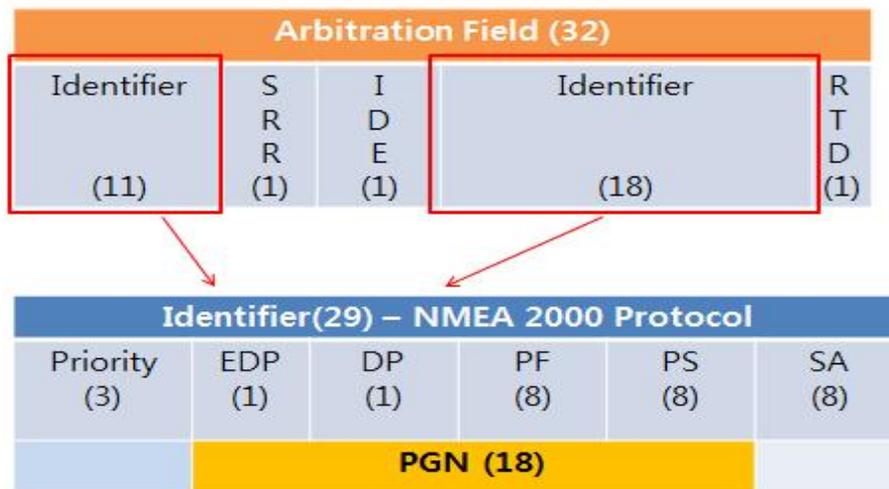
다음은 NMEA2000의 특징을 간략히 나타낸다.

- 물리계층으로 CAN 2.0B Carrier Sense Multiple Access/ Collision Arbitration
- 제어노드가 없는 Multi-master, Self configurable 네트워크
- 네트워킹 상태에서 Plug and Play가 가능
- 네트워크 규모는 50개 물리노드(252개의 논리노드)
- 네트워크 속도/길이, 240kbps/200m
- 네트워크 케이블은 전류의 허용 용량에 따라 Heavy(최대 200m)와 Light(최대 100m) 로 구분
- Mini-C(Heavy)와 Micro-C 두 종류 커넥터

NMEA2000 프로토콜은 CAN을 기반으로 하므로 CAN의 특성을 따른다. CAN은 크게 기본 ID포맷과 확장 ID포맷으로 나뉜다. CAN 1.0A, 2.0A는 기본 ID포맷이고 CAN 2.0B는 확장 ID 포맷이다. NMEA2000 은 CAN 2.0B를 기반으로 하므로 확장 ID 포맷을 사용한다. 두 형식의 가장 큰 차이점은 중재필드(Arbitration Field)크기의 차이로 확장 포맷이 32bit로 기본 포맷보다 18bit가 더 크다. <그림 3-29>는 CAN 확장 ID 포맷의 메시지 프레임과 NMEA2000의 ID의 구조를 나타낸 것으로, 괄호 안의 숫자는 각 해당 부분의 비트 사이즈를 나타낸다. CAN 메시지 프레임의 중재 필드 32비트 중의 29비트를 NMEA 식별자(Identifier)로 사용하며 이중 18비트를 PGN(Parameter Group Number)으로 사용한다.



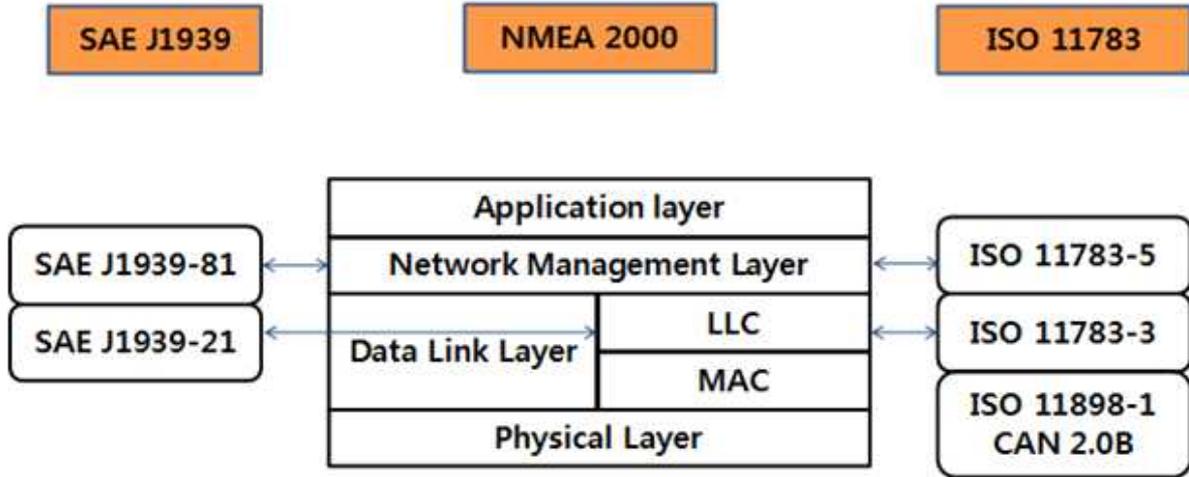
<그림 3-29> CAN 2.0B 확장포맷의 메시지 프레임과 중재필드



<그림 3-30> CAN 2.0B 중재필드와 NMEA2000 프로토콜 구성도

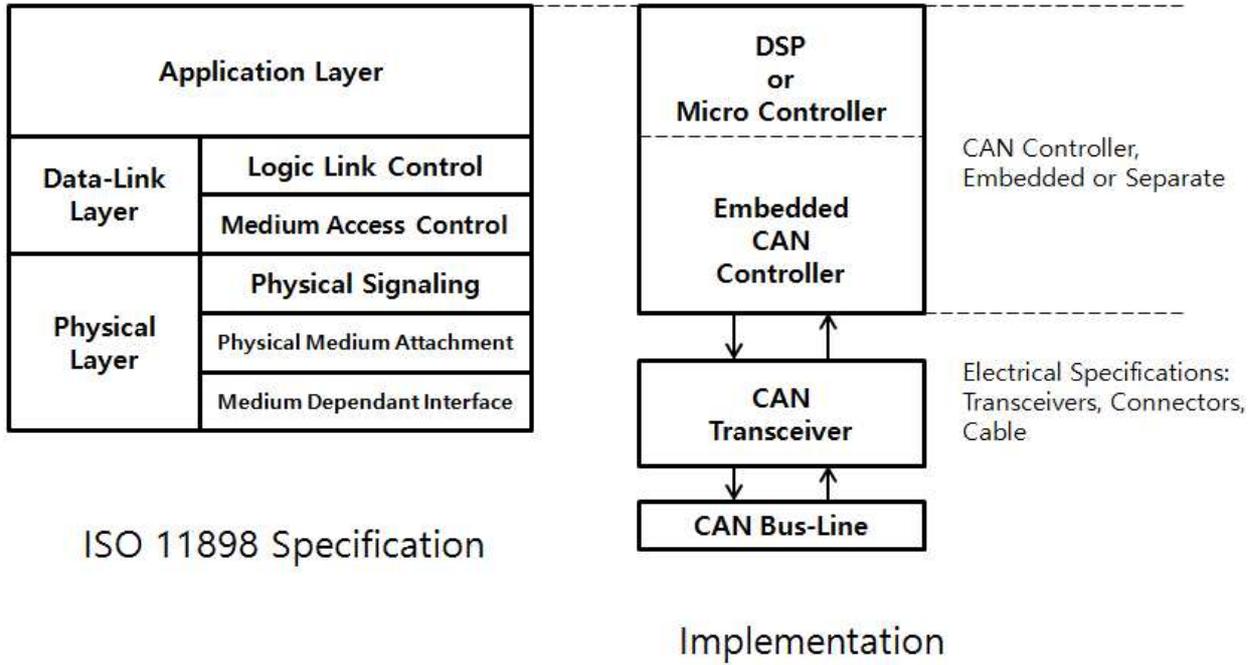
<그림 3-30>은 CAN 메시지 프레임과 NMEA2000 프로토콜 구성도를 나타낸다. NMEA2000 프로토콜은 총 29bit인 식별자로 Priority, EDP(Extended Data Page), DP(Data Page), PF(PGN Format), PS(PGN Specific), SA(Source Address)로 각각 구분하여 사용하고 이중 EDP, DP, PF, PS를 이용해 PGN을 구성한다. SA는 중재 필드의 고유한 주소로 변경할 수 있으며 네트워크에서 할당받은 장비들의 SA가 서로 중첩되지 않게 조정되어 통신을 가능하게 한다. PGN은 각 파라미터 그룹을 식별하는 8bit나 16bit의 숫자로, NMEA0183 프로토콜에서 3개 문자로 이루어진 문장 식별자와 유사한 형태를 가진다. NMEA2000 프로토콜 정의에 따라 PGN에 의해 식별된 파라미터 그룹(PG)은 네트워크의 모든 주소로 방송되기도 하고 특정

주소로 직접 데이터를 사용하기 위해 사용할 수 있다.



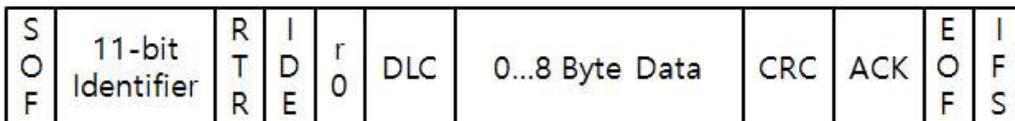
<그림 3-31> NMEA2000 과 다른 표준과의 관계

NMEA2000과 SAE(Society of Automotive Engineers), ISO(International Organization for Standardization) 표준과의 관계를 도시하면 <그림 3-31>과 같다. <그림 3-31>의 구성에서 보는 것과 같이 NMEA2000은 물리 층을 ISO 11898 CAN을 사용하고 있고, Data link Layer를 ISO 11783-3으로, Network Management를 ISO 11783-5로 사용하고 있다. 위에서 설명한 것과 같이 NMEA2000표준은 각 PGN에 대하여 데이터 포맷을 정의하고 있다. 본 연구에서 사용한 Airmar사의 200WX weather 센서는 NMEA2000 프로토콜을 이용하여 CAN 인터페이스 규격으로 통신한다. CAN은 1985년 독일 Bosch사에서 차량 네트워크 용으로 처음 개발되어 과거 전자 장치들을 연결하기 위해 마이크로 컨트롤러 간 1:1 통신을 사용하였지만, 장비가 점차 많아짐에 따라 배선이 많아지고, 공간 및 무게가 늘어나면서 하나의 단일 네트워크 전송 방식인 CAN을 설계하여 사용하기 시작하였다. 다수의 이렇게 CAN인터페이스를 활용하여 여러 장비간의 통신이 가능하므로 노이즈에 강하고, 프레임을 하드웨어적으로 처리하므로 소프트웨어 처리가 비교적 단순하다는 장점을 가지고 있다.



<그림 3-32> ISO 11898 표준에 따른 CAN 계층 구조

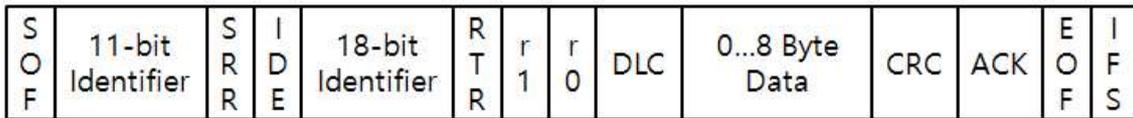
<그림 3-32>는 ISO 11898 표준에 따른 CAN의 계층 구조를 나타내고 있다. CAN통신은 통신 프로토콜인 ISO 11898을 따르며, 이는 네트워크상의 디바이스들 간에 정보가 어떻게 교류될 수 있는지를 기술하며, 계층(Layer) 관점에서 정의된 OSI(Open System Interconnection) 모델을 따른다. 그에 따라 CAN 통신을 수행하기 위한 구조는 <그림 3-32>의 오른쪽 그림과 같이 구성된다. 하드웨어는 CAN Bus-Line 에 연결되어있으며 CAN 트랜시버(Transceiver)와 CAN 컨트롤러를 통해서 최종적으로 어플리케이션 계층의 마이크로컨트롤러와 같은 유닛에서 데이터를 처리하게 된다.



<그림 3-33> 표준 CAN 메시지 프레임 구조

(나) 표준 CAN 메시지 프레임의 각 필드구성에 대한 설명

- SOF : start of frame 비트로 메시지의 시작을 표시한다. 즉 버스의 노드를 동기화하기 위해 사용된다.
- 식별자(Identifier) : 메시지를 식별하고 메시지의 우선순위를 지정한다.
- RTR : 단일 원격 전송 요청 (remote transmission request) 비트는 리모트 프레임과 데이터 프레임을 구별하는 역할을 한다. 0 은 데이터 프레임을 나타내며, 1은 리모트 프레임을 나타낸다.
- IDE : 도미넌트 싱글 ID (identifier extension) 표준과 확장 프레임을 구분한다.
- r0 : 역 비트
- DLC : data length code 로 데이터 필드의 바이트 수를 나타낸다.
- 데이터필드 : 실데이터가 전송되는 필드이며 최고 8바이트가 전송될 수 있다.
- CRC : 순환 중복 확인 CRC(cyclic redundancy check)는 오류 검출에 사용
- ACK : 전송 노드는 버스 상에 ACK 비트 유무를 확인하고, ACK가 발견되지 않을 경우 전송을 재시도한다.
- EOF : end of frame 으로 CAN프레임의 종료를 나타낸다.
- IFS : 컨트롤러가 요구하는 시간의 양을 포함하며, 메시지 버퍼 영역에서 적절한 위치로 정확하게 수신된 프레임을 이동시킨다.

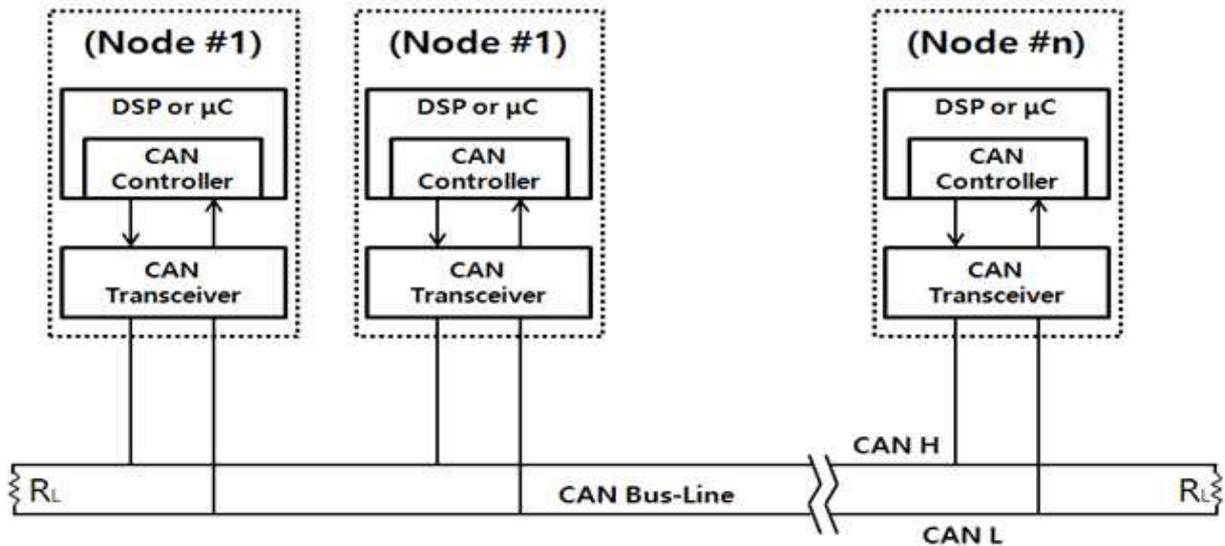


<그림 3-34> 확장 CAN 메시지 프레임 구조

<그림 3-34>와 같이 확장 CAN 메시지는 다음과 같은 내용이 추가되어 표준 메시지로 동일하다.

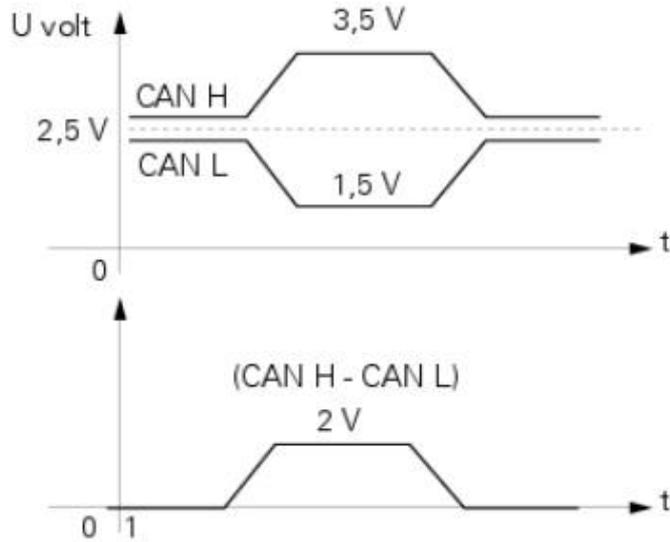
- SRR : substitute remote request 로 표준 메시지 위치에서 RTR 비트를 대신해 확장 포맷에서 플레이스홀더(placeholder)가 된다.
- IDE : identifier extension에서 더욱 많은 식별자(ID) 비트가 있다는 것을 나타낸다.
- r1 : RTR과 r0 비트를 따르는 추가적인 비트

<그림 3-35>는 CAN 통신하는 데에 있어 CAN-Bus를 구성하는 그림을 나타낸다. CAN Bus 와 연결되어있는 각 노드는 CAN 트랜시버(Transceiver)와 CAN 컨트롤러(Controller)가 탑재된 마이크로 컨트롤러로 구성된다.



<그림 3-35> 인터페이스 통합을 위한 CAN-Bus 구성도

CAN-Bus에서는 각각의 노드가 CAN-Bus 상에 흘러 다니는 데이터를 읽거나 쓰기 위해 접근(access)할 때 전체 노드를 제어하는 마스터(master) 노드가 없다. 따라서, 각 노드에서 데이터를 전송할 준비가 되면, 먼저 전송 준비가 되었는지를 버스에 확인하고 그 후 CAN 프레임은 네트워크에 전송하는데, 전송되는 CAN 프레임은 전송이나 수신 노드 중 어느 노드의 주소도 포함하고 있지 않으며, 대신 고유한 ID를 통해 프레임을 분류하여 데이터를 인식하게 된다. 각 노드가 동시에 메시지를 CAN-Bus로 전송하려는 경우 최우선 순위를 가진 노드(가장 낮은 중재 ID)가 자동으로 Bus 에 액세스된다. 물리계층에서의 CAN통신은 광섬유나 꼬인 2선과 같은 다양한 종류의 매체를 사용하여 통신이 가능하며, 이 꼬인 2개의 선은 CAN_H(CAN High)와 CAN_L(CAN Low)로 불린다. <그림 3-36>은 CAN_H, CAN_L의 전압레벨을 나타낸다. 정지상태(Recessive)에서는 CAN_H와 CAN_L는 2.5V가 유지되며 디지털 값으로는“1”로 표현이 된다. 디지털 “0”은 dominant 비트로 표현되며 관련 전압은 CAN_H=3.5V, CAN_L=1.5V이다.



<그림 3-36> CAN_H, CAN_L의 전압레벨

CAN 통신은 차량뿐 아니라 선박 등의 해양에서 주로 사용되는 프로토콜이기 때문에, 본 연구에서는 개발한 해양 IoT 플랫폼을 기존의 부이 시스템이나 선박에 적용하기 위해서, 단일화된 프로토콜로 CAN을 사용한다. 따라서 이에 따라 각 센서 모듈이 CAN 통신을 할 수 있도록 인터페이스를 설계하였고, 센서 모듈의 다중접속을 위한 CAN 인터페이스 보드를 설계 및 제작하였다.

(3) UART 통신

일반적으로 RS-232, RS-422와 같은 통신 표준과 함께 사용되는 UART(범용 비동기화 송수신기: Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)는 병렬 데이터의 형태를 직렬 방식으로 전환하여 데이터를 전송하는 컴퓨터 하드웨어의 일종이다. 시리얼 통신 방식중의 하나인 UART 통신은 TxD, RxD의 두선으로 통신을 하는 비동기식 직렬 통신이다. 비동기 통신이므로 동기신호가 전달되지 않으므로, 수신 쪽에서 동기신호를 찾아내어 데이터의 시작과 끝을 시간적으로 알아서 처리할 수 있도록 약속되어 있다.



<그림 3-37> UART 통신 데이터 프레임

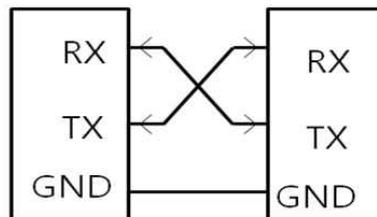
가장 일반적으로 각 데이터 비트의 시간에 대해 16/64 배 빠른 클럭 신호를 이용하여 시작 비트로부터 세어 각 비트의 경계를 찾아낸다. 이 클럭 신호는 자체적인 내부 클럭 디지털 회로에 의해 발생한다. 보드 설정에 따라 주 클럭으로부터 타이머 등을 써서 설정한 속도의 클럭 신호를 만든다. 이것은 프로그래밍에 의한 레지스터 설정에 따라 클럭 신호의 주파수가 바뀐다. 통신 양쪽에서 설정을 미리 약속하고 클럭 신호 발생 부의 레지스터를 같은 속도로 설정해야 통신이 원활하게 이루어진다.

- 시작 비트 : 통신의 시작을 의미하며 하나의 비트 시간 길이만큼 유지한다. 지금부터 정해진 약속에 따라 통신을 시작한다.

- 데이터 비트 : 5~8비트의 데이터 전송을 한다. 몇 비트를 사용할 것인지는 해당 레지스터 설정에 따라 결정된다.

- 패리티 비트 : 오류 검증을 위한 패리티 값을 생성하여 송신하고 수신 쪽에 오류 판단한다. 사용 안 함, 짝수, 홀수 패리티 등의 세 가지 옵션으로 해당 레지스터 설정에 따라 선택할 수 있다. '사용안함'을 선택하면 이 비트가 제거된다.

- 끝 비트 : 통신 종료를 알린다. 세 가지의 정해진 비트만큼 유지해야 한다. 1, 1.5, 2비트로 해당 레지스터 설정에 따라 결정된다. 연결방법과 하드웨어는 <그림 3-38>과 같다. 시리얼 버스는 단 2개의 선으로만 구성되어 송, 수신할 수 있다.



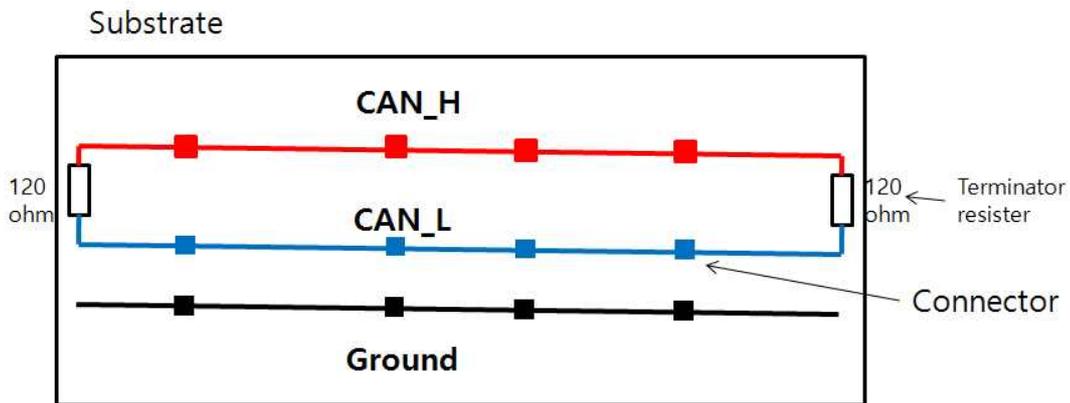
<그림 3-38> 시리얼 통신 연결 방법과 하드웨어

라. 센서 모듈의 다중접속을 위한 CAN 기반의 인터페이스 및 프로토콜 도출

본 연구에서 센서 모듈의 다중인터페이스 도출을 위해 기존 인터페이스와 프로토콜을 분석하고, 이를 바탕으로 해양관측 부이를 위한 해양 IoT 표준 플랫폼 개발에 가장 적합한 프로토콜을 도출하고, 도출한 프로토콜을 바탕으로 스마트 해양관측 센서 모듈의 다중접속을 위한 CAN 기반의 인터페이스를 설계하였다. 설계된 CAN 기반의 인터페이스를 이용하여 통신할 센서 모듈의 개별 구성품의 사양 등을 조사하고 분석하였다.

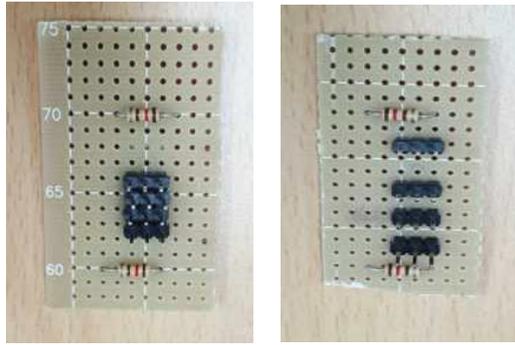
(1) CAN 기반의 인터페이스 보드 제작

스마트 센서 플랫폼을 설계하는 데 있어서 다양한 I/O 인터페이스를 가지는 센서 유닛들을 하나의 단일화된 인터페이스로 연결하기 위하여 CAN-Bus 기반의 프로토콜을 사용하며, 각 센서 모듈들이 CAN-Bus를 통한 다중접속이 필요하기 때문에, 센서 모듈의 다중접속을 위한 CAN 인터페이스 보드를 제작하였다.



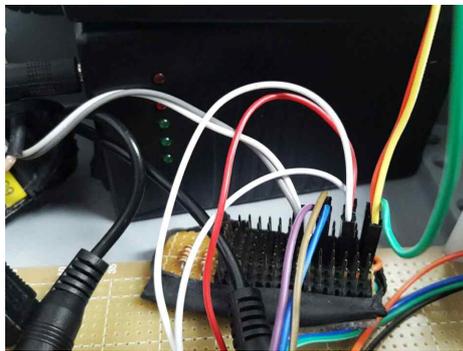
<그림 3-39> 센서 모듈의 다중접속을 위한 CAN 인터페이스보드 구성도

만능기판에 CAN-Bus를 구성하여 설계하고 각 센서 모듈이 다중 접속하여 CAN 형식으로 통합된 데이터들을 CAN-Bus로 전송하기 위해 Connector를 연결하여 각 센서 모듈이 손쉽게 CAN-Bus 네트워크에 접속할 수 있도록 설계하였다. 또한, CAN-Bus의 버스 라인 종단에서 데이터의 반사나 충돌을 방지하기 위해 양단에 120ohm의 종단저항을 구성하여 설계하였다. 또한, 해양 관측 부이를 위한 부이시스템을 제작함에 있어서 시스템 내부에 제작한 다중접속 CAN 인터페이스보드가 탑재되어야 하므로 최대한 소형화시켜서 보드를 설계 및 제작하였다. 이렇게 구성한 인터페이스보드를 통해, 각 센서 모듈은 CAN-Bus에 다중 접속하여 데이터를 버스 상으로 전송하고, 이 CAN 인터페이스보드에 연결된 게이트웨이는 버스 상에 존재하는 데이터들을 수신하여 하나의 통합된 프로토콜(CAN)로 저장하고 관리 한다. CAN 인터페이스를 가지는 센서 모듈뿐 아니라, CAN 프로토콜을 가지는 센서들과도 직접 연결될 수 있어 센서 데이터들의 통합이 보다 쉽게 이루어진다. 센서 모듈과의 납땀이나 영구적인 연결이 아닌, 핀 소켓을 이용한 연결로 제작하였기 때문에, 센서 모듈의 교체 및 시스템의 유지보수가 용이하다.



<그림 3-40> 센서 모듈의 다중접속을 위한 CAN 인터페이스보드 구현

현재 구현한 부이 시스템에서 필요한 탑재된 센서 모듈만큼을 고려하여 커넥터를 연결하였고, 센서 모듈과의 핀 소켓 연결을 통해서 어떠한 센서 모듈도 손쉽게 CAN 통신을 위한 다중 접속이 가능하다.



<그림 3-41> 센서 모듈의 다중접속을 위한 CAN 인터페이스보드 연결

<그림 3-41>과 같이 다수의 센서 모듈과 게이트웨이가 인터페이스에 접속되어, 데이터를 송수신 할 수 있다. <그림 3-39>의 그림처럼 설계한 CAN인터페이스보다 좀 더 많은 커넥터를 사용하여, 보다 많은 센서 모듈이 다중 접속하여 CAN통신을 할 수 있도록 제작 하였다.

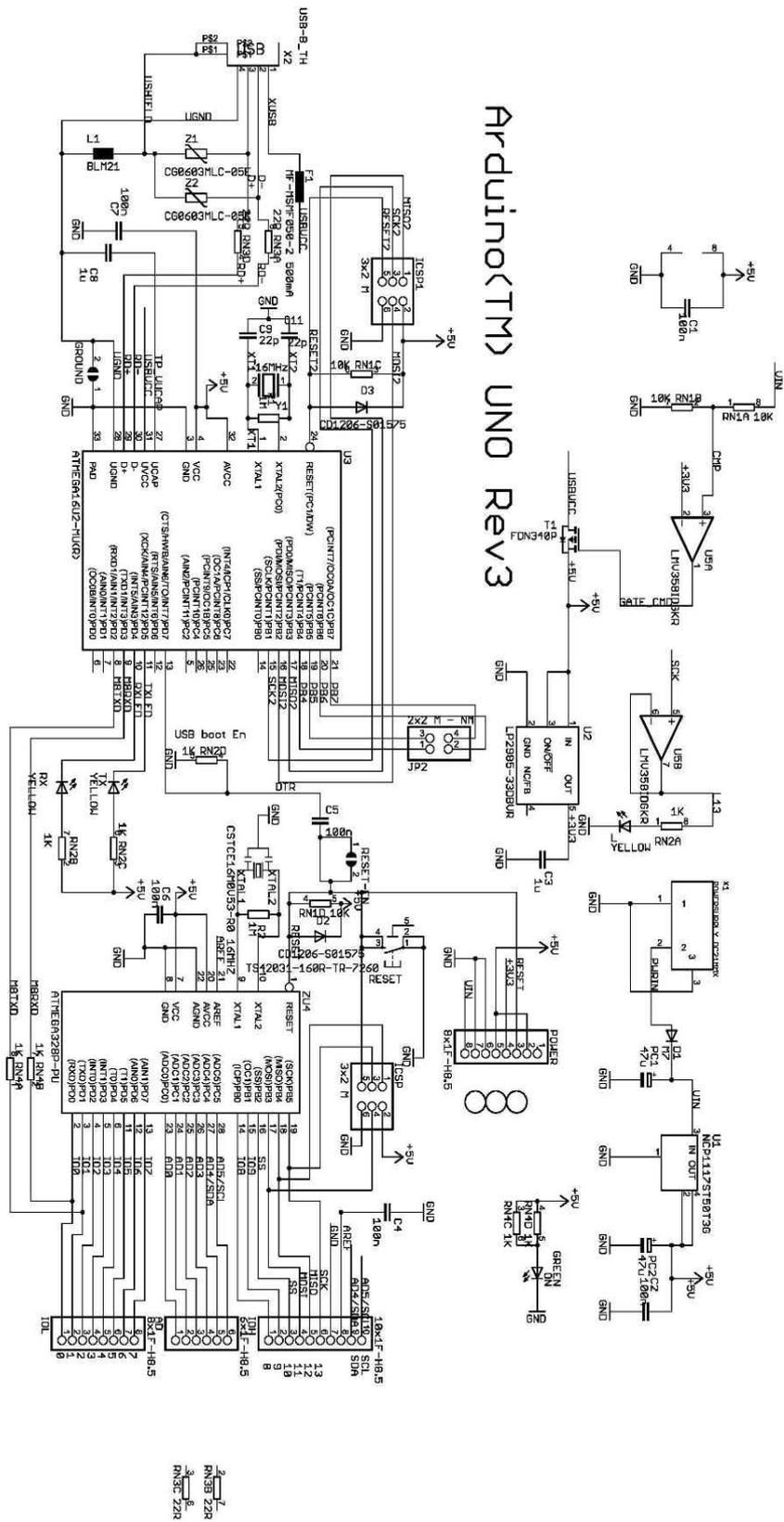
(2) 센서 유닛/아두이노/CAN 트랜시버의 하드웨어 설계

본 연구에서는 센서 모듈을 설계함에 있어서, 마이크로 컨트롤러는 아두이노 UNO 및 mega2560을 사용하였다. 아두이노는 오픈소스를 기반으로 한 단일 보드 마이크로 컨트롤러로, 아트멜(Atmel) 사의 8비트 AVR 마이크로 컨트롤러와 프로그래밍 및 다른 서킷들과의 결합을 용이하게 해주는 부속품들로 구성되어 있다. 공식 보드의 마이크로컨트롤러에는 주로 ATmega8, ATmega168, ATmega328과 같은 megaAVR 시리즈가 주로 사용되고, 보드에는 기본적으로 5V 리니어 레귤레이터와 16MHz 결정 진동자(크리스탈)이 내장되어 있으며, 프로그램의 업로드를 용이하게 하기 위한 부트로더가 마이크로컨트롤러에 미리 내장되어 있다. 본 연

구에서 사용된 아두이노 UNO와 mega2560의 사양과 회로 구성도는 <그림 3-43>과 같다. 아두이노는 다른 마이크로컨트롤러 플랫폼에 비해 저렴하고, 소프트웨어 개발을 위한 통합개발환경(IDE)이 제공되어 쉽게 프로그래밍을 할 수 있는 환경을 제공하며, 아두이노와 결합하여 호환 가능한 아두이노 쉴드(Shield)를 결합하고 적층할 수 있어, 본 연구에서 센서 모듈이 필요한 CAN 통신을 가능하게 할 수 있으며, 아두이노를 이용하여 전체 시스템 하드웨어를 구성하는데 있어서도 편리함을 제공한다. 뿐만 아니라, 다양한 HW/SW의 오픈소스를 제공하므로 오픈소스 플랫폼의 개발이 가능하다. 따라서 마이크로 컨트롤러는 아두이노를 사용하여 센서 모듈을 설계하였다.



<그림 3-42> 아두이노 UNO R3



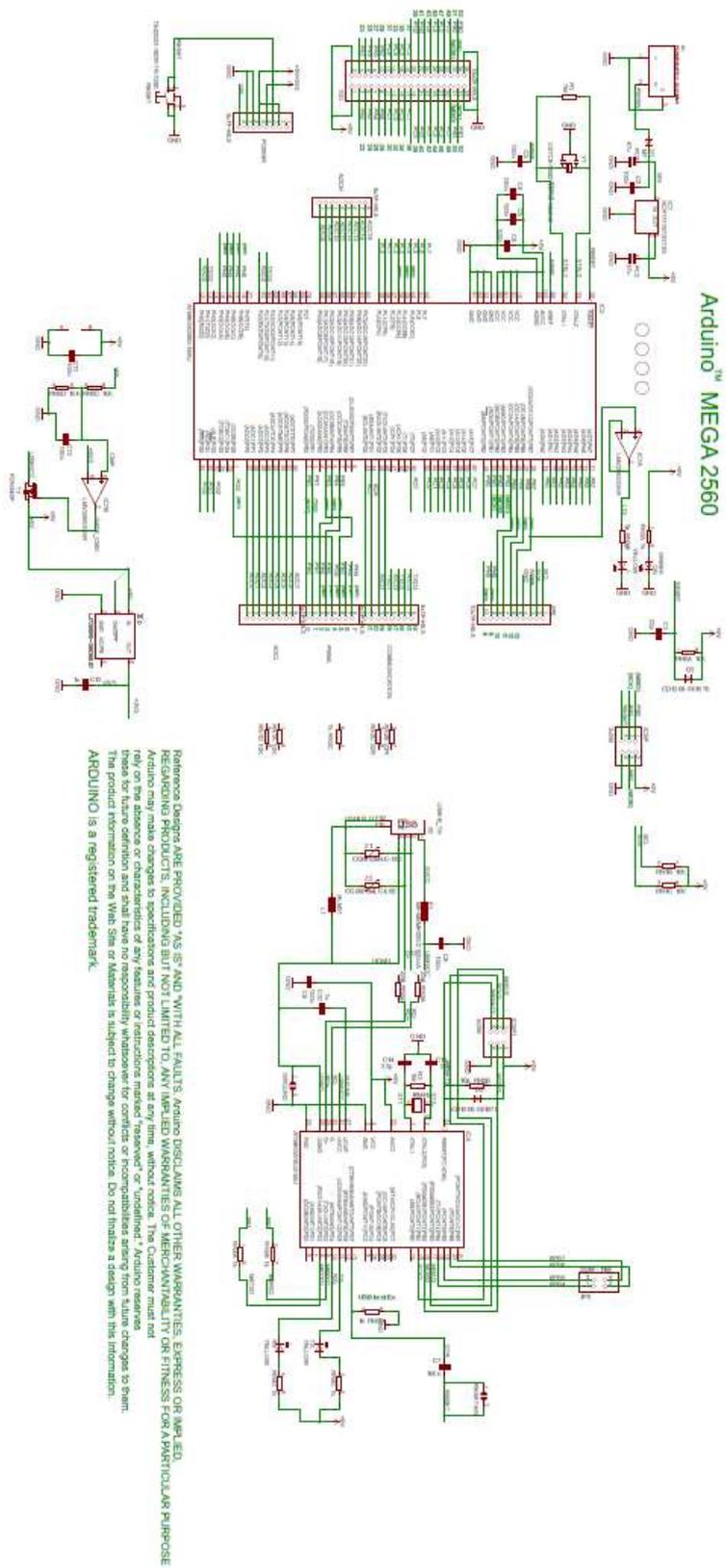
<표 3-12> 아두이노 UNO R3 사양

Micro controller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-12V
Digital I/O Pins	14(of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current for I/O Pin	40mA
DC Current for 3.3V Pin	50mA
Flash Memory	32KB (ATmega328) of which 0.5KB used by bootloader
SRAM	2KB(ATmega328)
EEPROM	1KB(ATmega328)
Clock Speed	16MHz

각 구성모듈의 하드웨어 설계에 있어서, 센서 모듈은 아두이노UNO를 사용하였고, 게이트웨이는 아두이노 mega2560을 사용하였다. 아두이노 mega2560은 표준 아두이노 보드인 UNO의 고성능 버전으로, UNO와 같은 기본 보드에서 사용되는 ATMega328칩을 ATMega2560칩으로 교체하여 프로그래밍 가능한 메모리 용량이 8배, 디지털 입출력 핀이 54개로 증가하였고, 아날로그 입력도 16개까지 지원하며, 하드웨어로 지원되는 시리얼포트가 4개로 제작되었으며, 기존 UNO에서 사용하는 핀 배열을 그대로 유지하였기 때문에, UNO와도 호환성이 뛰어나다. 본 연구에서 설계한 게이트웨이는 여러 센서의 데이터를 취합하여 DB로 전송하기 때문에, 아두이노 UNO를 사용할 경우, 메모리부족의 문제가 생긴다. 따라서 Mega2560을 게이트웨이로 사용하여 UNO를 사용하는 것보다 더 효율적으로 게이트웨이를 구현할 수 있다.

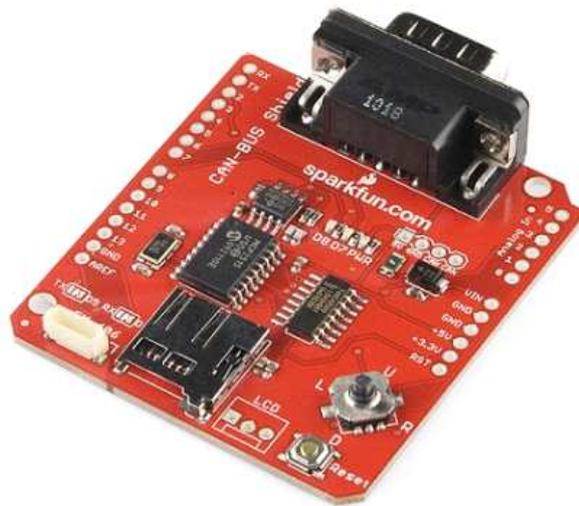


<그림 3-44> 아두이노 Mega2560 R3



<그림 3-45> 아두이노 Mega2560 R3 회로 구성도

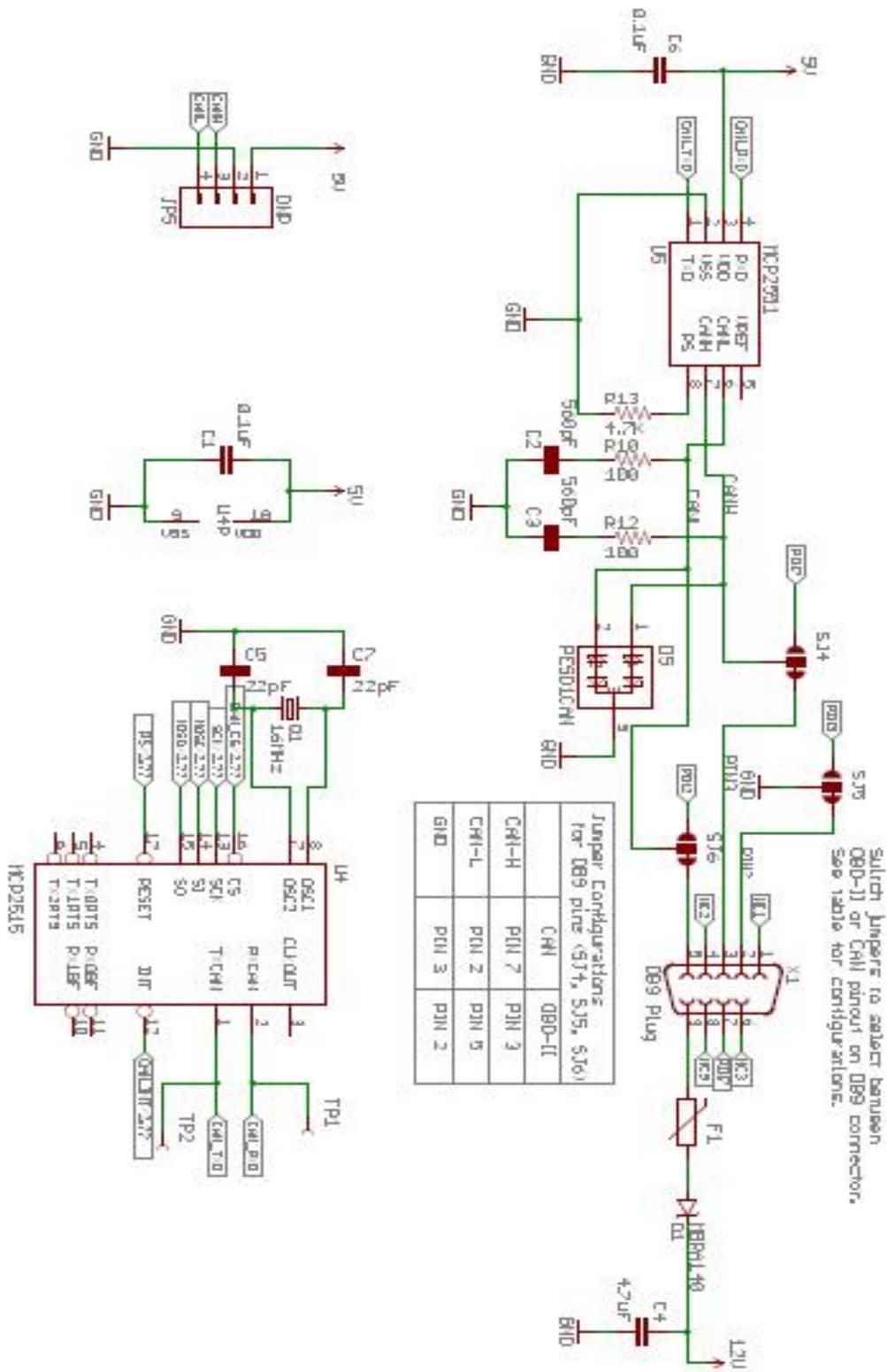
본 연구에서 사용하고자하는 아두이노는 CAN 통신을 하기 위한 CAN Transceiver와 CAN Controller를 내장하고 있지 않기 때문에, 아두이노 단독으로는 CAN 통신을 할 수 없다. 따라서 아두이노와 호환되며 CAN 트랜시버와 CAN 컨트롤러를 내장하고 있는 CAN bus Shield를 결합하여 CAN통신을 할 수 있도록 설계하였다. CAN 트랜시버는 MCP-2551를 사용하고, CAN 컨트롤러는 MCP-2515를 사용한다. 사용된 CAN bus Shield의 간략한 특징은 1Mb/s의 CAN 2.0B 지원, 아두이노와의 10MHz의 SPI 인터페이스, 표준 프레임과 확장프레임, 원격 프레임 지원, EM506 GPS 모듈 소켓 탑재, Micro SD 카드 홀더 탑재, 시리얼 LCD를 위한 커넥터 및 navigation을 위한 조이스틱 탑재를 한 점이다.



<그림 3-46> 아두이노 CAN 버스 쉴드 - Sparkfun CAN-Bus Shield

<그림 3-48>은 단일 센서 모듈의 모습을 나타낸다. 단일 센서 모듈은 여러 가지 인터페이스를 가지는 센서 유닛들과 연결하여 구성되며 단일 센서 모듈의 구성은 아두이노와 CAN Bus Shield의 결합으로 구성되어 있다. 또한 <그림3-47>은 CAN bus shield의 회로 구성도를 나타낸다.

CAN Bus

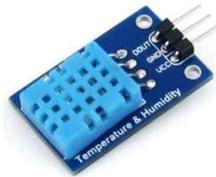


<그림 3-47> CAN Bus shield 회로 구성도

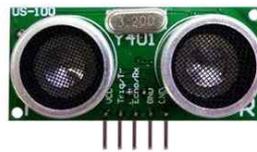


<그림 3-48> 단일 센서 모듈

본 연구에서 사용된 센서 유닛의 종류로는 부이에 접근하는 물체를 감지하기 위한 초음파 센서, 시스템내부의 온도와 습도를 측정하기 위한 온습도센서, 부이의 위치를 파악하기 위한 GPS 모듈, 바다의 온도, 전도도, 컨덕턴스를 측정하기 위한 CT센서, 해상에서의 풍향과 풍속 등을 측정하는 기상센서 등으로 이루어져 있다.



<그림 3-49> 온습도 센서



<그림 3-50> 초음파 센서



<그림 3-51> GPS 모듈



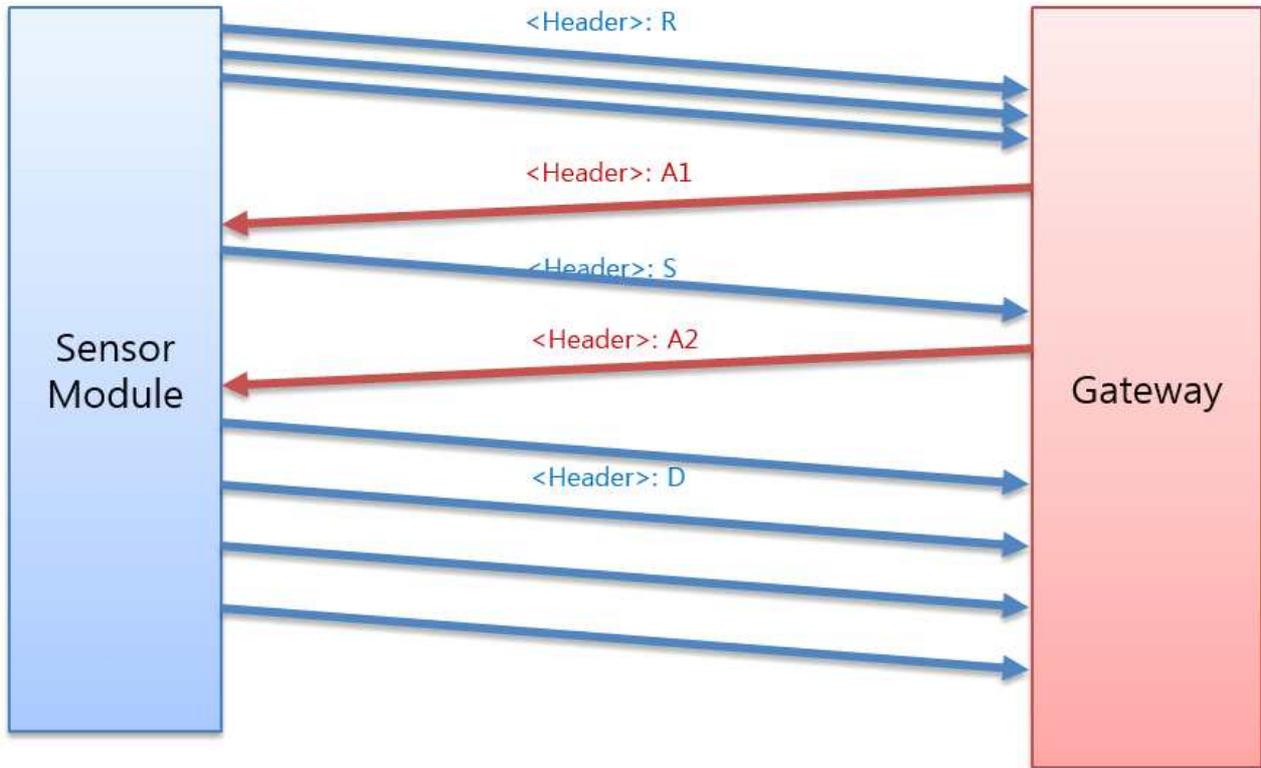
<그림 3-52> 기상 센서



<그림 3-53> CT센서

마. 센서 모듈 다중접속 인터페이스 프로토콜 및 구동 S/W 구현

본 연구에서는 다양한 해양 IoT 서비스를 제공하기 위하여 다양한 센서를 관리하고 센서로부터 수집된 데이터를 게이트웨이로 전달하기 위한 데이터 송수신 장치 및 방법을 제공할 수 있도록 다중 프로토콜 통합 플랫폼을 설계하였다.



<그림 3-54> 센서 자동인식 flow chart

다양한 센서가 게이트웨이와 통신함에 있어서 게이트웨이가 연결된 센서를 자동으로 인식하여 센서를 제어 및 관리할 수 있는 방법 및 절차를 나타낸 것이다. 센서 모듈이 켜지게 되면 항상 'R' 헤더를 보내게 된다. 이는 등록요청의 의미로써, 게이트웨이가 수신하게 된다. 게이트웨이는 이 값을 수신했으면, 고유CAN-ID를 판별해 해당하는 센서 모듈로 응답 헤더를 보낸다. 이 헤더를 수신한 센서 모듈은 자신의 센서 종류를 알리는 센서 타입 헤더를 다시 보내게 된다. 게이트웨이는 수신한 정보를 바탕으로 센서를 등록한 후, 등록된 센서들에 한에서 데이터를 읽어온다는 응답 신호를 보내게 된다. 마지막으로 이 응답 신호를 받은 센서 모듈은 게이트웨이로 데이터 전송을 시작한다. 이 프로토콜을 정의함으로써, 새로 등록되는 센서들은 센서 정보와 함께 자동 등록이 가능해진다. 본 연구에서 구현된 센서 구동 SW는 프로그램 등록(증빙)되었으며 본 최종결과보고서의 8장 1절 프로그램 소스 코드에 제시되어 있다.

3. 통신네트워크 모듈 설계

가. LTE 기반의 고속통신을 지원할 수 있는 통신 네트워크 플랫폼 설계

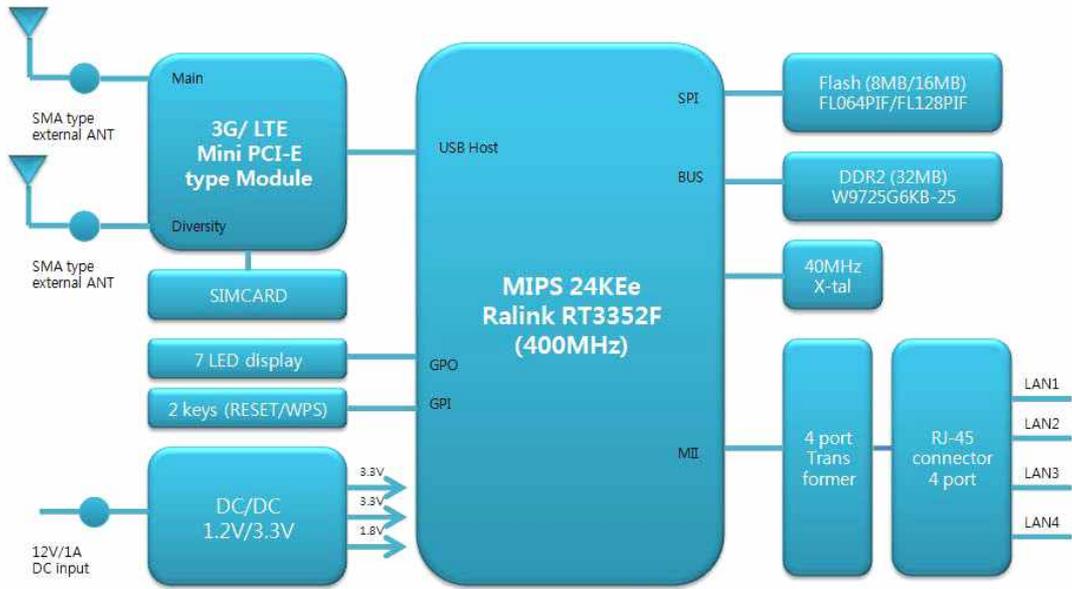
본 과제에서 실시간 영상 데이터 전송이 가능하도록 하기 위해 LTE 통신망을 이용하였다. 기타 센서 모듈들의 DB와는 달리 영상정보의 데이터양이 크기 때문에 고용량의 영상정보를 처리하기 위해서 LTE 통신을 채택하였다.

(1) LTE 통신망을 지원하는 하드웨어 소개

LTE 통신을 하는 과정에서 LTE 라우터를 사용하였는데, 시중에 판매되고 있는 것 중 두 가지를 사용해 보았다. 먼저 KT의 통신망을 사용하는 LTE 라우터의 주요 사양들이다. 두 가지 라우터 모두 데이터를 송수신하지 않을 때는 자동으로 절전모드로 변환하여 불필요한 전력의 소모를 줄인다.

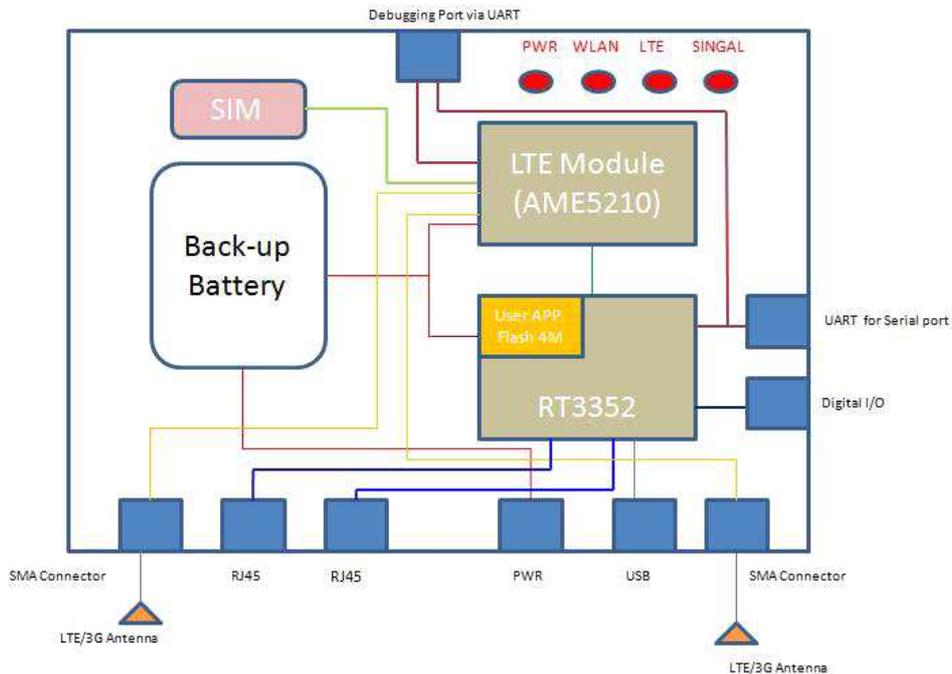
<표 3-13> KT의 통신망을 사용하는 LTE 라우터 (KMK-P100)의 사양

항목	내용	비고
전원	DC 12V 1A	220V AC/DC adaptor
이동통신 모듈	3G, LTE PCI-E Type 모듈	Chip set : MDM 9215
	2.1 GHz, LTE1800 B3	KT 주파수 대역
LAN 1~4	RJ-45	4 Ports
LED 디스플레이	Power, LTE Status, PPP, LAN1~4	7 LEDs
커넥터	Power 입력	5 pi / 12V 1A
	UIM 커넥터	3G 이동통신 모듈 내장
	RF 커넥터	SMA Female 2ea



<그림 3-55> KMK-P100의 블록다이아그램

<표 3-14>는 SKT의 통신망을 사용하는 LTE 라우터의 블록다이아그램 및 주요사양들이다.



<그림 3-56> CTR-230L의 블록다이아그램

<표 3-14> SKT의 통신망을 사용하는 LTE 라우터 (CTR-230L)의 사양

항목	내용	
CPU	Railnk RT3352	
Operating System	Embedded Linux	
Flash Memory	8MB	
RAM	64MB	
Interface	LAN	100BASE-T x1 / RJ-45
	UART	Serial port
	Digital I/O	For additional devices
	USB	USB 2.0
WLAN	IEEE 802.11b/g/n	
WLAN Date rate	802.11n (150Mbps) / 802.11g (up to 54Mbps) / 802.11b (up to 11Mbps)	
Antenna	LTE, WCDMA : External SMA Type Antenna x 2	
LED	Power / WLAN / Module Status / RSSI	
Temperature	Operating - 30~+75° C	Storage - 35~+90° C
Humidity	Operating - 30~+75° C	Storage - 35~+90° C
Power	+9V ~ +24V	
Power Consumption	Standby 300mA / 9V	
	Busy 600mA / 9V	
Size	105 x 75 x 28 (mm)	
Weight	150g	

<표 3-15> CTR-230L에 탑재되어 있는 LTE 모듈의 사양

항목	내용
LTE Interface	AME5210 LTE Module
External Access	LTE, WCDMA, HSPA
Frequency Range	LTE, WCDMA(B3) : DL 1840 ~ 1870 MHz, UL 1750 ~1780 MHz
	LTE, WCDMA (B5) DL 869 ~ 894MHz, UL 824 ~ 849MHz
	LTE, WCDMA (B1) : DL 2110 ~ 2170MHz , UL 1920 ~ 1980MHz

이러한 성능을 가진 LTE 라우터는 메인 부위에 탑재되어 메인게이트웨이의 이더넷섀드와 연결하여 연안 기지국과 통신을 한다. 그리고 원격지 모니터링 서버에 각종 센서 모듈의 DB와 실시간 영상정보를 전송한다.

(2) 고성능 카메라모듈을 이용한 영상 기록 및 촬영 영상 전송

영상을 촬영하는 카메라 모듈은 라즈베리파이2와 연결하여 사용한다. 카메라모듈의 성능은 <표 3-16>과 같다.

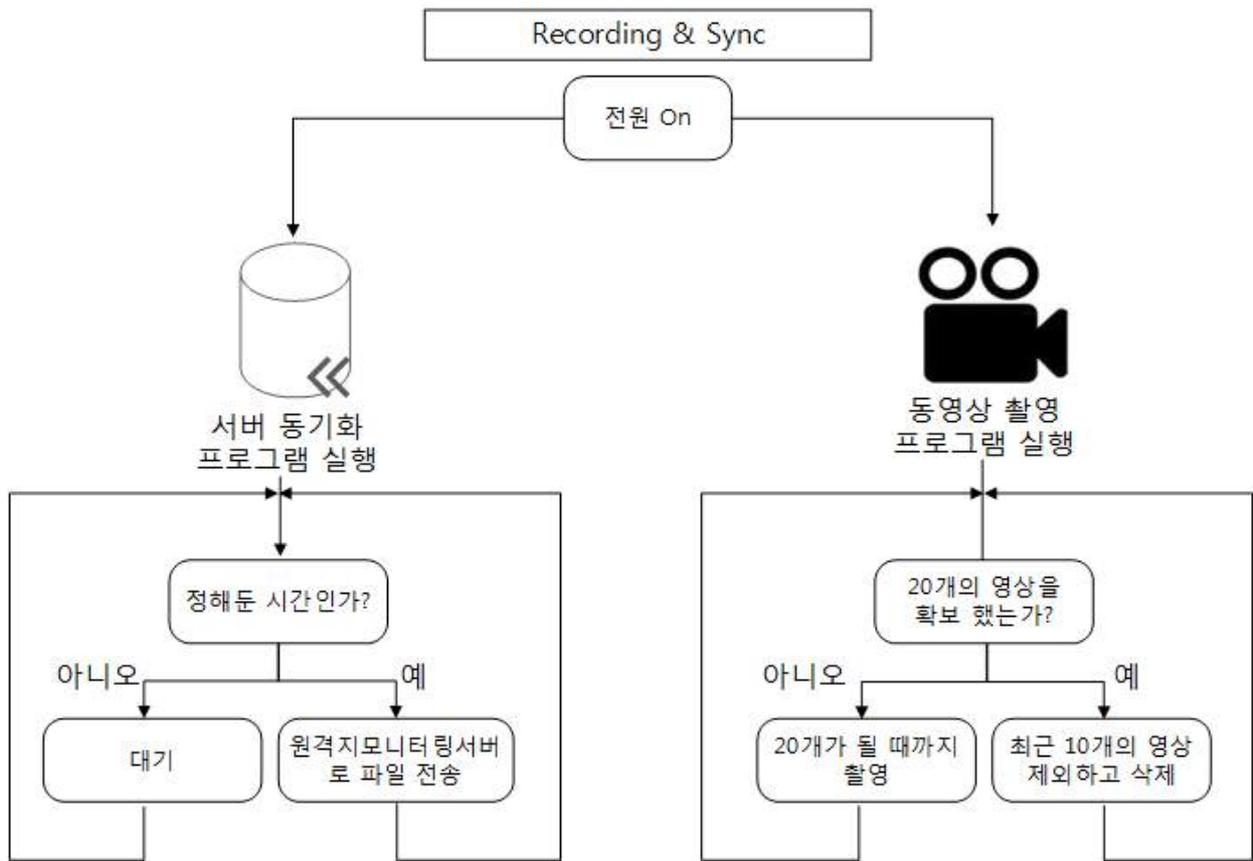
<표 3-16> 카메라 모듈(Pi - Camera)의 사양

항목	내용
Image Sensor	Omnivision 5647 CMOS image sensor in a fixed-focus module with integral IIR filter
Resolution	5-mega pixel
Still picture resolution	2592 x 1944
Max image transfer rate	1080p : 30fps, 720p : 60fps
Temperature range	Operating : -30° C to 70° C Stable image : 0° C to 50° C
Size	20 x 25 x 10 (mm)
Weight	3 (g)



<그림 3-57> 카메라 모듈(Pi - Camera)의 사진

이러한 사양을 가진 카메라 모듈(Pi - Camera)은 라즈베리파이2로 제어하는데, 파이썬을 이용하여 프로그래밍하였다. <그림 3-58>은 Pi-Camera를 이용한 시스템 플로우차트와 동영상 촬영을 하는 코드이다.



<그림 3-58> Pi-Camera를 이용한 시스템 플로우 차트

서버 동기화 및 동영상 촬영 프로그램은 전원이 켜진 후 각각 독립적으로 실행되어 유지된다. 먼저 동영상 촬영부분은 Python으로 코딩된 프로그램이 부팅과 동시에 실행된다. 원하는 만큼의 영상이 확보될 때까지 계속 영상을 촬영하며, 충분히 영상이 확보되면 최근의 10개를 제외하고 삭제한다. 서버 동기화부분은 Crontab이라는 리눅스 전용 스케줄러를 사용하여 정해진 시간마다 동기화가 진행되어 원격지모니터링 서버로 촬영해둔 영상을 전송한다. <그림 3-58>의 프로그램들은 전원이 꺼질 때까지 반복된다.

```

import os
import picamera
import time

t = time.strftime('%c', time.localtime(time.time())) //os의 시간을 문자열로 저장

def remove():
    os.system('sh rm.sh')
while True: //무한히 반복

    with picamera.PiCamera() as camera:
        camera.resolution = (640, 480) //화질 설정
        camera.start_recording('./backup/%s.h264' %t) //동영상 파일 저장경로 및 파일 이름 설정
        camera.wait_recording(60) //촬영시간 설정(sec)

        for i in range(0, 18): //촬영횟수 설정
            t = time.strftime('%c', time.localtime(time.time())) //for문이 돌 때마다 t값 갱신
            camera.split_recording('./backup/%s.h264' %t) //split 함수를 사용하여 Recording over multiple files 가능 수행
            camera.wait_recording(60) //촬영시간 설정(sec)
            camera.stop_recording() //촬영 종료

        remove() //remove 함수 실행(오래된 파일 삭제 및 서버와 동기화 진행)

```

<그림 3-59> 동영상을 촬영하는 코드

<그림 3-59>와 같이 프로그래밍대로 촬영된 동영상은 cwRsync를 사용하여 원격지 모니터링서버의 백업 폴더와 동기화한다. 그리고 라즈베리파이2는 동기화된 폴더의 경로로 일정 시간마다 동영상파일을 서버로 전송하게 한다. 그리고 동기화하는 스크립트가 중복 실행되는 것을 방지하여 불필요한 데이터전송을 줄이도록 한다.

```

1 #!/bin/bash
2
3 if [ ! -f /tmp/.원격지모니터링서버의 백업폴더 경로 ] ; then
4     touch /tmp/.원격지모니터링서버의 백업폴더 경로
5     rsync -azvv /절대경로폴더 원격지모니터링서버IP주소::backup/
6     rm -f /tmp/.원격지모니터링서버의 백업폴더 경로
7 fi

```

<그림 3-60> 원격지 모니터링서버와 동기화

```

pi@raspberrypi: ~ $ sh rsync.sh
opening tcp connection to 203.230.252.202 port 873
sending daemon args: --server -vvlogDtprze.iLsfx . backup/ (4 args)
sending incremental file list
backup/
backup/Thu Jun 16 17: 50: 24 2016.h264
backup/Thu Jun 16 17: 51: 26 2016.h264
backup/Thu Jun 16 17: 52: 28 2016.h264
backup/Thu Jun 16 17: 53: 30 2016.h264
backup/Thu Jun 16 17: 54: 32 2016.h264
total: matches=0 hash_hits=0 false_alarms=0 data=27311715

sent 27,327,632 bytes received 118 bytes 1,271,058.14 bytes/sec
total size is 27,311,715 speedup is 1.00

```

<그림 3-61> 원격지 모니터링서버와 동기화

동기화 테스트에는 총 27,327,632 bytes의 영상파일들을 전송하였으며 순수 payload의 전송 속도는 1,271,058 bytes/sec (=10.168 Mbps)로 측정되었다. 또한, 동영상 촬영뿐만 아니라 원격지 모니터링서버에서 실시간 스트리밍 서비스도 사용할 수 있다. 동영상을 촬영하는 부이 가 클라이언트가 되어 원격지 모니터링서버로 실시간 스트리밍을 하게 된다. 스트리밍을 구현 하기 위한 방법은 다음과 같다. 단, 스트리밍 서비스를 이용하기 위해선 서버 PC에 별도의 스트리밍 서버를 설치하여야 한다. 본 연구에서는 gstreamer를 사용하였다.

```

6 라즈베리파이 : $ raspivid -t 0 -h 720 -w 1280 -fps 25 -b 2000000
7               -o - | gst-launch-1.0 -v fdsrc
8               ! h264parse ! rtph264pay config-interval=1 pt=96 ! gdpdpay
9               ! tcpserver sink host=[라즈베리파이IP] port=5000
10
11 윈도우 : C:\gstreamer\1.0\x86_64\bin> gst-launch-1.0 -v
12          tcpclientsrc host=[라즈베리파이IP] port=5000
13          ! gdpdpay ! rtph264depay ! avdec_h264 ! videoconvert
14          ! autovideosink sync=false

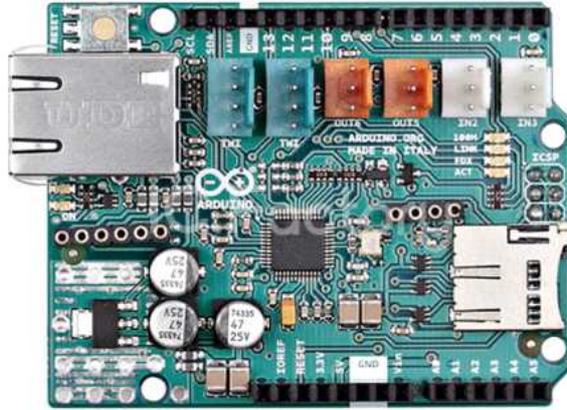
```

<그림 3-62> 실시간 영상 스트리밍 구현 방법

본 연구에서 구현된 영상 촬영 및 동기화 SW는 본 최종결과보고서의 마지막에 프로그램 소스 코드에 제시되어 있다.

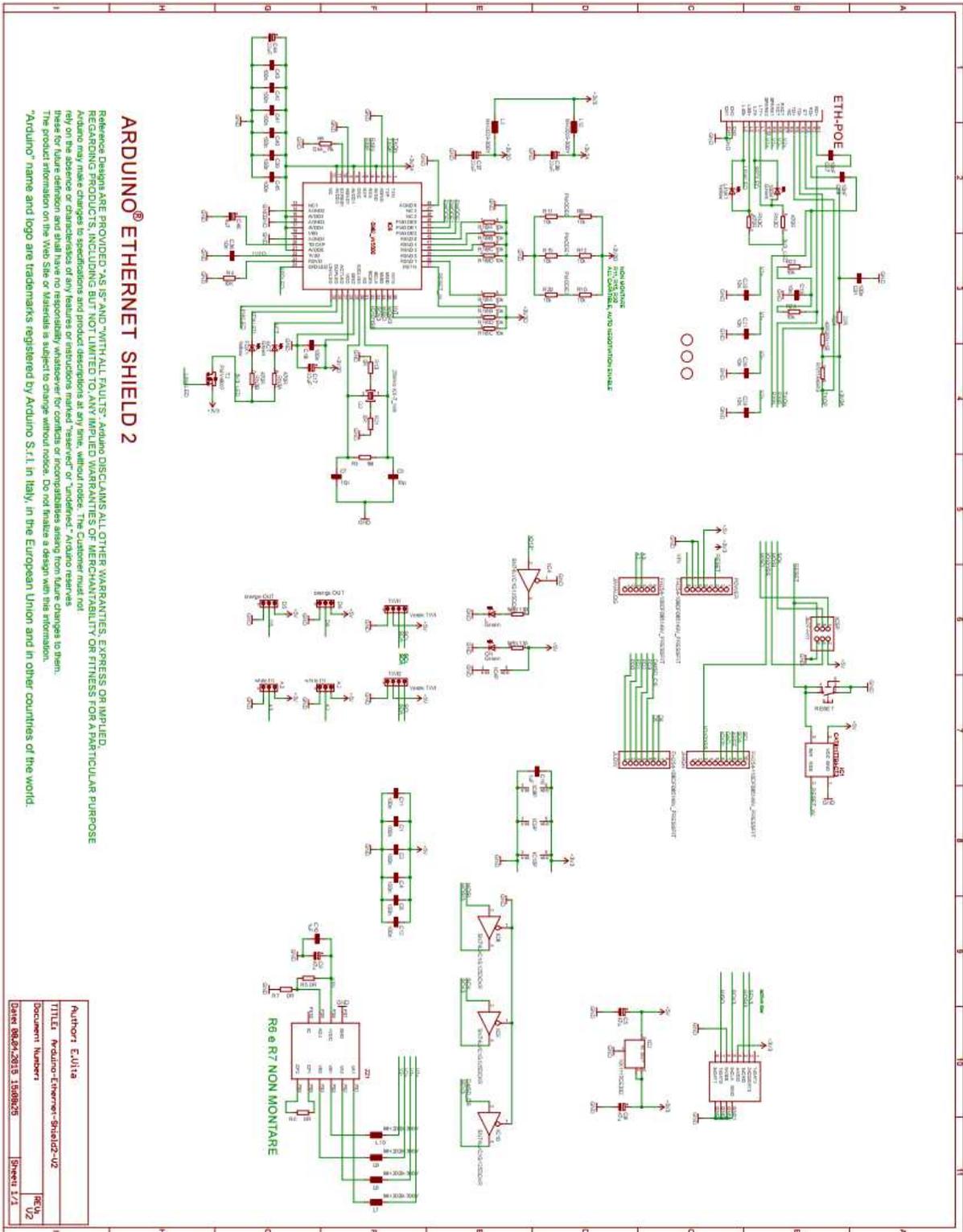
나. LTE 기반의 통신네트워크 모듈을 통하여 다양한 센서로부터 받은 데이터를 원격지 모니터링 시스템으로 전송하는 알고리즘 설계

본 연구에서는 원격지 모니터링 사이트의 DB 접속을 위하여 아두이노(게이트웨이)와 이더넷 설드 그리고 LTE 모듈을 사용하였다. 게이트웨이는 센서 모듈로부터 CAN형식으로 데이터들을 받고, 이후 받은 데이터들을 LTE를 통하여 지상의 모니터링 PC로 전송할 수 있도록 설계되었다.



<그림 3-63> Ethernet Shield2

<그림 3-63>은 Ethernet Shield2의 모습과 회로를 나타낸 것이다. Ethernet Shield의 버전2로, Library에서 Ethernet shield2를 지원한다.(100Mbps 지원) 이 Library를 사용하여, 아두이노는 Ethernet shield2와 CS(Chip Selection) 핀을 통하여 SPI 통신을 한다.



ARDUINO® ETHERNET SHIELD 2

Reference Designs ARE PROVIDED "AS IS" AND "WITH ALL FAULTS". Arduino DISCLAIMS ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, REGARDING PRODUCTS, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO, ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. Arduino may make changes to specifications and product descriptions at any time, without notice. The Customer must not rely on the absence or characteristics of any features or instructions marked "reserved" or "undefined". Arduino reserves the right to alter specifications from time to time without notice. These products are sold as-is without warranty. The product information on the Web site or elsewhere is subject to change without notice. Do not make a design with the information. Arduino® name and logo are trademarks registered by Arduino S.r.l. in Italy, in the European Union and in other countries of the world.

Author: C.Ulita	REV: U2
TITLE: Arduino-Ethernet-Shield2-V2	Document Number:
Date: 08.07.2015 15:08:25	Sheet: 1/1

<그림 3-64> Ethernet Shield의 회로도

(1) CAN 형식으로 받은 데이터를 LTE로 보내는 절차

DB 서버에 접속하기 위해 DB서버의 IP주소, 계정, 비밀번호를 입력하고 해당 DB 서버 포트(3306)로 접속한다. CAN 형식의 데이터는 게이트웨이에서 DB로 보내기 위해 float 혹은 double 형식의 변수로 저장된다. DB서버의 mysql에서 사용되는 PHP 명령어 ‘INSERT INTO’ 구문을 이용하여 저장된 센서값들과 함께 문자열 저장한다. 이후 저장된 문자열을 전송한다.

+ Options			
	longitude	latitude	gps_date
<input type="checkbox"/>	35.076	129.087	2016-02-12 19:07:02
<input type="checkbox"/>	35.076	129.087	2016-02-12 19:07:07
<input type="checkbox"/>	35.076	129.087	2016-02-12 19:07:12
<input type="checkbox"/>	35.076	129.087	2016-02-12 19:07:18
<input type="checkbox"/>	35.076	129.087	2016-02-12 19:07:23
<input type="checkbox"/>	35.076	129.087	2016-02-12 19:07:28
<input type="checkbox"/>	35.076	129.087	2016-02-12 19:07:34
<input type="checkbox"/>	35.076	129.087	2016-02-12 19:07:39

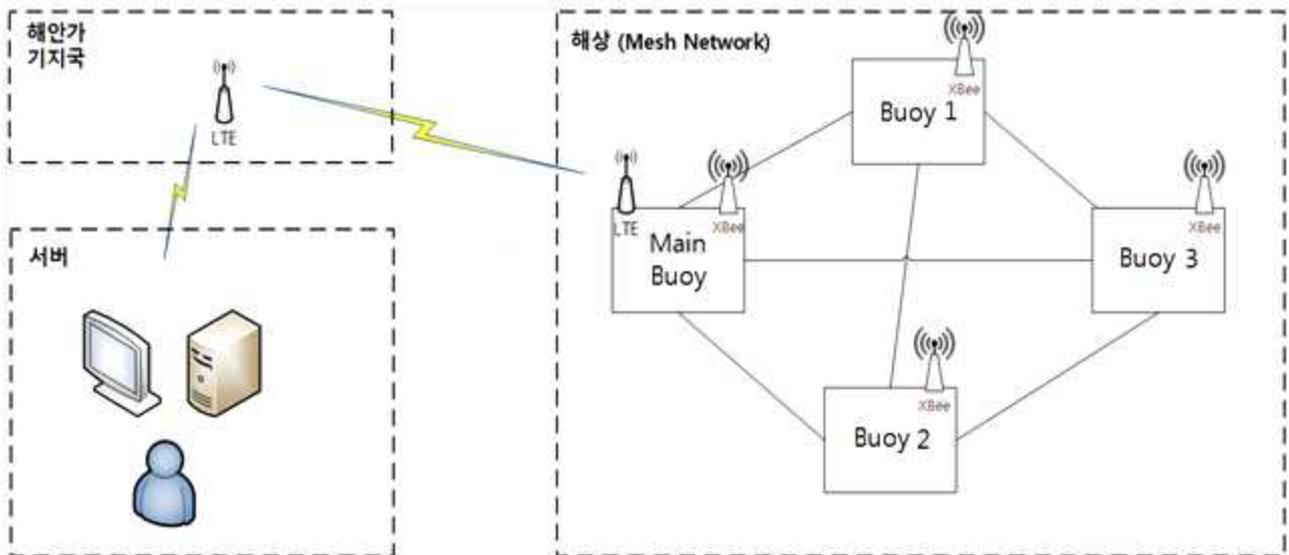
+ Options			
	temp_c	distance_mm	temp_date
<input type="checkbox"/>	0	0	2016-02-12 19:07:04
<input type="checkbox"/>	0	0	2016-02-12 19:07:09
<input type="checkbox"/>	0	0	2016-02-12 19:07:15
<input type="checkbox"/>	43	0	2016-02-12 19:07:20
<input type="checkbox"/>	43	0	2016-02-12 19:07:25
<input type="checkbox"/>	45	0	2016-02-12 19:07:31
<input type="checkbox"/>	45	69	2016-02-12 19:07:36
<input type="checkbox"/>	45	73	2016-02-12 19:07:42
<input type="checkbox"/>	45	69	2016-02-12 19:07:47
<input type="checkbox"/>	45	69	2016-02-12 19:07:53
<input type="checkbox"/>	45	69	2016-02-12 19:07:59
<input type="checkbox"/>	45	69	2016-02-12 19:08:05

<그림 3-65> GPS와 온도, 초음파 센서의 값을 DB서버 모니터링

<그림 3-65>는 전송된 센서값들은 시간순으로 DB서버 PC에서 모니터링 한 것이다. Ethernet Shield2와 LTE 모듈을 사용한 데이터 전송 알고리즘의 SW는 프로그램 등록(증빙)되었으며 본 최종결과보고서의 마지막에 프로그램 소스 코드에 제시되어 있다.

다. 해양관측 부이들 간의 Ad-hoc 네트워크 구성 연구

본 과제에서는 해양관측 부이들 간의 네트워크를 구성하기 위하여 Xbee mesh모듈을 이용하였다. 이를 사용하여 부이들 간의 Ad-hoc 네트워크를 구성한다.



<그림 3-66> Xbee mesh를 이용한 Ad-hoc 구성방안의 예

<그림 3-66>과 같이 Main Buoy와 Buoy1~3은 Xbee를 이용하여 센서 모듈로부터 전송받은 데이터를 서로 공유하며 Main Buoy로 전송함으로써 서로 Mesh 네트워크망을 형성한다. Main Buoy는 LTE 라우터를 탑재하여 LTE 통신으로 원격지 모니터링 서버로 DB를 전송하게 된다. Ad-hoc 네트워크를 구성하기 위해 사용된 Xbee 모듈의 사양은 <표 3-17>과 같다.

<표 3-17> Xbee모듈의 사양

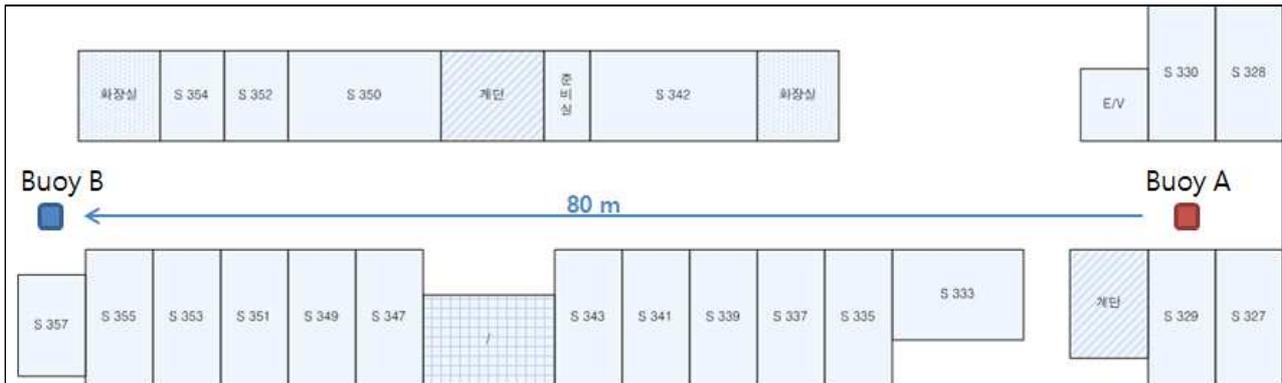
항목	내용
RF Data rate	250 Kbps
Indoor / Urban Range	300 ft (90 m)
Outdoor/ RF Line of sight Range	1 mile (1.6 km)
Transmit Power	63 mW(+18 dBm)
Receiver Sensitivity (1 % Per)	-100 dBm



<그림 3-67> Xbee모듈의 모습

(1) Xbee mesh모듈의 성능 시험

Xbee 모듈의 성능은 각각 실내 환경, 실외환경에 대하여 Buoy 간의 RSSI (Received Signal Strength Indication) 값을 측정하는 것으로 시험을 진행하였다. 실내 환경 성능시험은 한국해양대학교 공과대학 건물 내부에서 Buoy A를 S329에 위치시키고 8m 간격마다 RSSI값을 측정하였다. 측정 결과는 <표 3-18>과 같다.



<그림 3-68> Xbee모듈의 실내 환경 성능 시험 환경

<표 3-18> Xbee모듈의 실내 환경 성능 시험 결과

거리 [m]	RSSI [dBm]	
	Buoy A	Buoy B
8	-32	-37
16	-42	-43
24	-56	-54
32	-55	-52
40	-54	-57
48	-58	-59
56	-63	-54
64	-62	-52
72	-60	-54
80	-61	-57

실외환경 성능시험은 부산광역시 영도구 일대에서 이루어졌다. 지도상의 화살표가 가리키는 위치에 Buoy A를 위치시킨 뒤 Buoy B를 A, B, C의 위치로 옮겨가며 부이들 간의 RSSI값을 측정하는 것으로 성능시험을 진행하였다. 측정된 결과는 <표 3-19>와 같다.



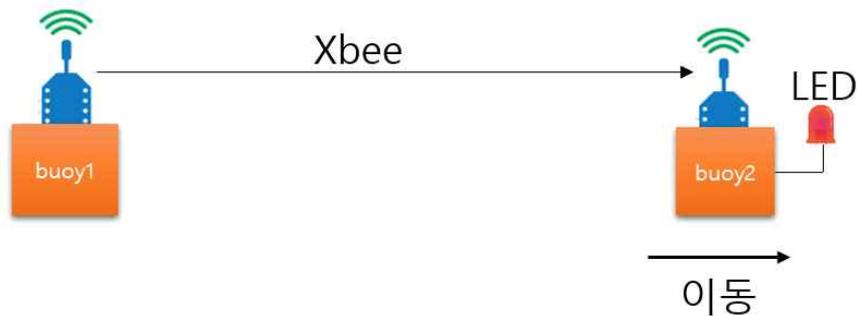
<그림 3-69> Xbee모듈의 실외환경 성능 시험 환경

<표 3-19> Xbee모듈의 실외환경 성능 시험 결과

위치	RSSI [dBm]	
	Buoy A	Buoy B
A (412m)	-75	-72
B (707m)	-81	-77
C (1423m)	-95	-94

(2) 부이들 간 mesh network 구성 테스트 (실내 테스트)

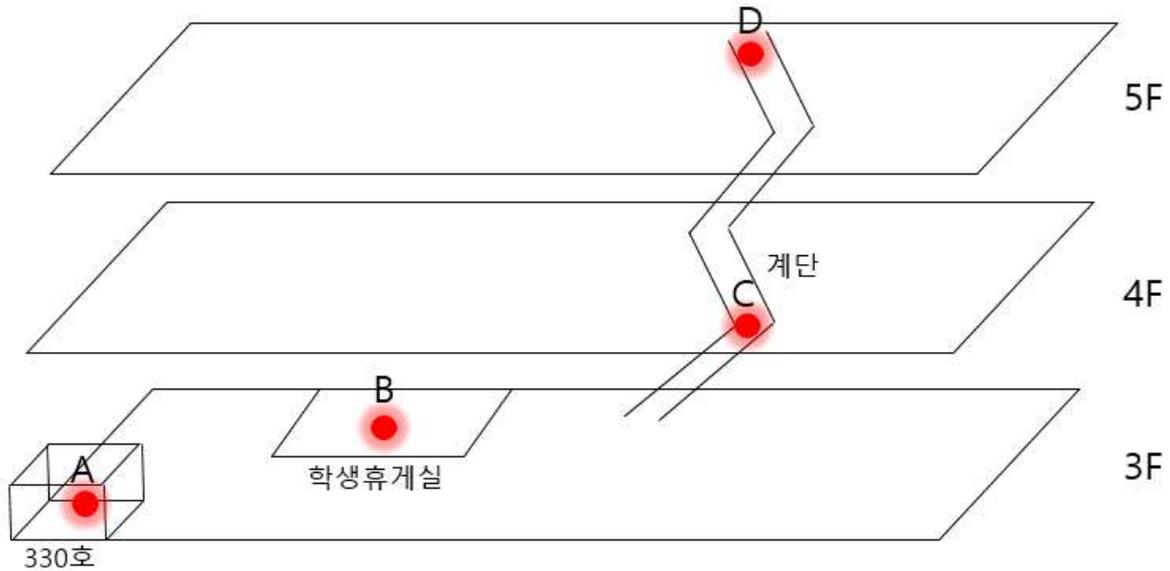
부이들 간 mesh network 구성 필드 테스트를 위하여 실내외 테스트를 진행하였다. 해상에서 어느 한 부이가 LTE 통신을 통하여 직접적으로 육상의 모니터링 서버와 통신이 불가능할 때 주변의 다른 부이들과 다중 홉 릴레이 네트워크(multi-hop relay networks)를 구성하여 센서 측정 데이터를 지상 모니터링 서버로 전송할 수 있도록 하였다 [15]. 먼저, 실외 필드 테스트 이전에 mesh network이 잘 동작하는지 확인하기 위하여 실내에서 테스트를 진행하였다. 실내 테스트 진행은 위에서 설명했던 다중 홉 릴레이 네트워크를 구현하기 위해서 3 홉 통신을 목표로 하여 테스트를 진행하였다. 센서 노드가 위치할 네 개의 지점(A, B, C, D)을 중심으로 센서 노드를 이동해 가며 실험에 사용할 지점을 선정하였으며 각 지점 선정 방법은 <그림 3-70>과 같은 방법으로 진행하였다.



<그림 3-70> 다중 홉 릴레이 네트워크 구현을 위한 실내 테스트 각 지점 선정 방법

먼저 센서 노드가 위치할 네 개의 지점(A, B, C, D)을 선정하기 위한 통신 테스트를 진행하였다. 센서 노드에 LED를 설치하여 데이터를 성공적으로 수신하면 LED가 켜지고 데이터가 수신되지 않으면 LED가 꺼지도록 구성하였다. 송신부 위치를 고정시키고 수신부 위치를 이동해가면서 수신 가능 영역을 확인하여 인접한 2개의 센서 노드끼리만 직접(1 홉) 통신이 가능하고 다른 센서 노드들 사이의 직접 통신은 불가능한 위치 A, B, C, D를 <그림 3-71>과 같이 선정하였다.

한국해양대학교 공과대학 1호관



<그림 3-71> 실내 테스트를 위한 A, B, C, D지점 모식도

D 위치의 센서 노드의 데이터는 B, C 위치의 센서 노드를 거쳐 A 위치의 센서 노드로 전달되고 A 위치의 센서 노드는 이를 최종적으로 LTE 통신을 통하여 원격지 데이터베이스 서버로 전송하게 된다. 실험 장소는 한국해양대학교 공과대학 1호관에서 진행하였다. 먼저, A지점은 공대1호관 330호 내부에 두었고 문을 닫은 상태로 진행하였다. B지점은 학생휴게실로 선정하였으며, A와 C지점의 중간지점에 위치한다. C지점은 3층과 4층 계단 사이로 선정하였다. C 위치의 센서 노드는 A위치의 센서 노드와 직접 통신이 불가능한 것을 확인하였다. D 지점은 5층 계단에서 복도로 넘어가는 지점으로 선정하였다. D 위치의 센서 노드는 B 위치의 센서 노드와 직접 통신이 불가능한 것을 확인하였다.

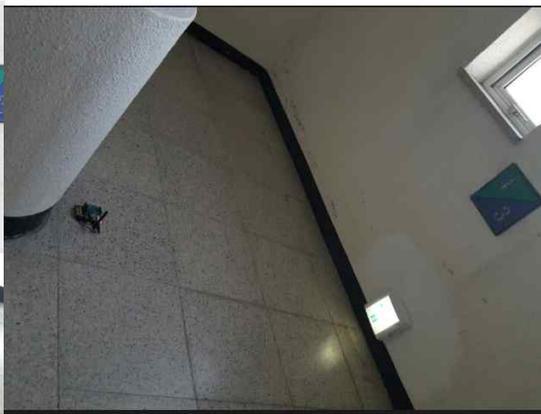


(a) A 지점

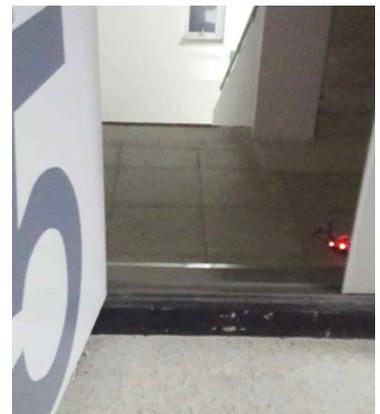


(b) B 지점

<그림 3-72> 실내 테스트를 위한 A, B 지점과 실험용 모듈 사진



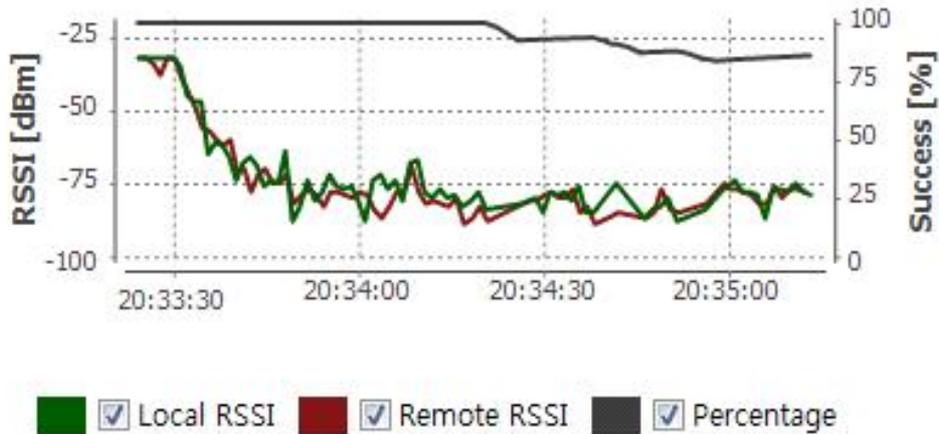
(a) C 지점



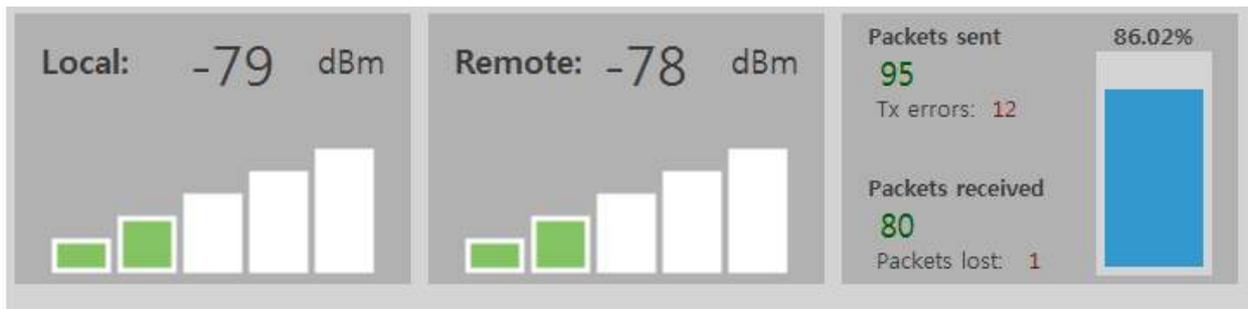
(b) D 지점

<그림 3-73> 실내 테스트를 위한 C, D 지점과 실험용 모듈 사진

선정한 네 개의 A, B, C, D지점에 대해서 실내 환경 성능 시험을 위해 RSSI를 측정하여 송수신 노드 사이 통신환경이 어느 정도 되는지 확인하였다. RSSI 측정은 XCTU software를 사용하였으며, 시간에 따른 RSSI 값과 패킷 수신율을 측정 하였다. A지점의 노드와 B지점의 노드사이 RSSI 측정 결과는 <그림 3-74> 및 <그림 3-75>와 같다.



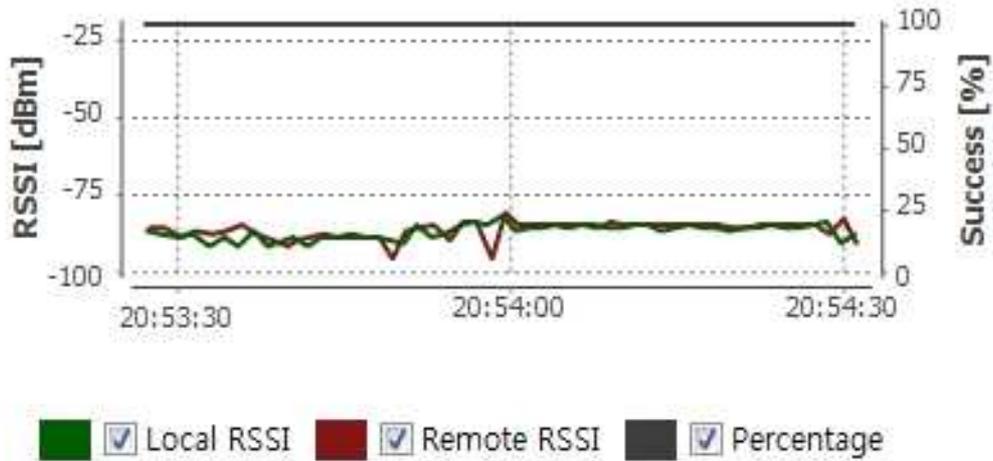
<그림 3-74> 실내 테스트에서 A노드와 B노드간의 RSSI 측정 그래프



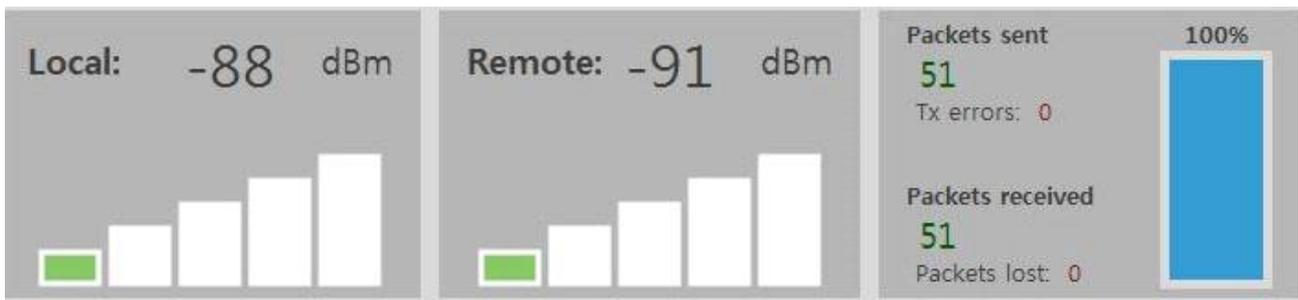
<그림 3-75> 실내 테스트에서 A노드와 B노드간의 평균 RSSI값과 패킷 수신율

<그림 3-74>는 시간에 따른 RSSI 값과 통신 성공률을 나타내며, Local RSSI는 노드 A, Remote RSSI는 노드 B에서 측정된 RSSI 값을 나타낸다. 실험 결과 평균 RSSI 값은 A지점에서 -79dBm, B지점에서 -78dBm 정도로 측정되었으며, 보낸 95개의 패킷 중에 80개 정도를 수신하였으며, 86%의 수신율을 보였다.

B지점의 노드와 C지점의 노드사이 RSSI 측정 결과는 <그림 3-76>과 같다.



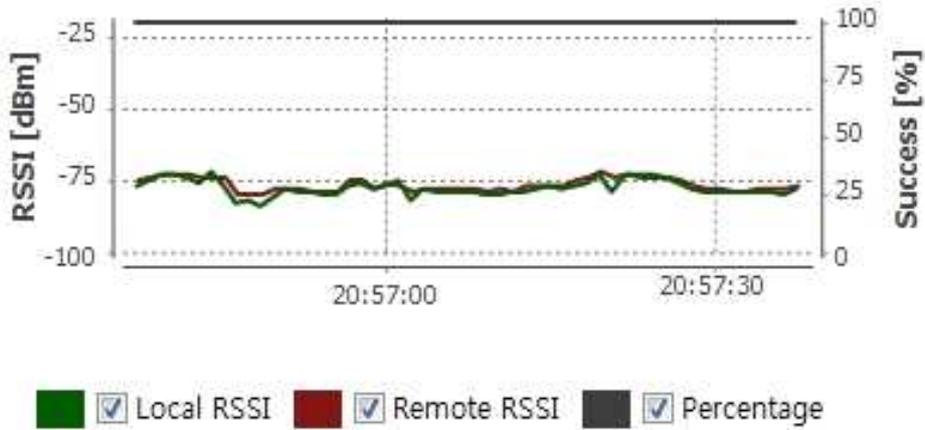
<그림 3-76> 실내 테스트에서 B노드와 C노드간의 RSSI 측정 그래프



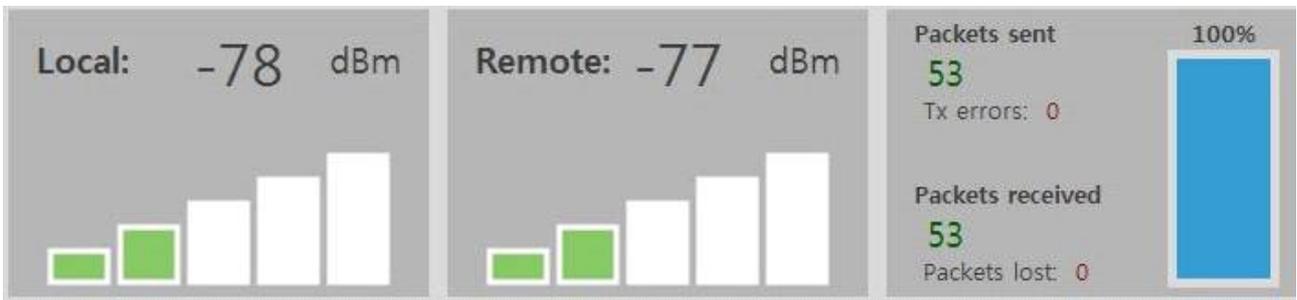
<그림 3-77> 실내 테스트에서 B노드와 C노드간의 평균 RSSI값과 패킷 수신율

<그림 3-77>은 시간에 따른 RSSI 값과 통신 성공률을 나타내며, Local RSSI는 노드 B, Remote RSSI는 노드 C에서 측정된 RSSI 값을 나타낸다. 실험 결과 평균 RSSI 값은 B지점에서 -88dBm, B지점에서 -91dBm 정도로 측정되었으며 보낸 51개의 패킷 중에 51개를 수신하였고 A와 B사이의 테스트와 다르게 dB값은 낮았지만 패킷 수신율은 100%로 측정되었다.

C지점의 노드와 D지점의 노드사이 RSSI 측정 결과는 <그림 3-78>, <그림 3-79>와 같다.



<그림 3-78> 실내 테스트에서 C노드와 D노드간의 RSSI 측정 그래프



<그림 3-79> 실내 테스트에서 C노드와 D노드간의 평균 RSSI값과 패킷 수신율

<그림 3-78>은 시간에 따른 RSSI 값과 통신 성공률을 나타내며, Local RSSI는 노드 C, Remote RSSI는 노드 D에서 측정된 RSSI 값을 나타낸다. 실험 결과 평균 RSSI 값은 C지점에서 -78dBm, D지점에서 -77dBm 정도로 측정되었으며 보낸 53개의 패킷 중에 53개를 수신하여 안정적으로 통신이 되는 것을 확인하였다.

선정한 네 개의 A, B, C, D지점에 대해서 실제 구현한 부이 시스템으로 D지점에 위치한 센서 노드의 데이터 값을 멀티 홉 통신을 통하여 A지점에서 수신하여 데이터베이스 서버로 성공적으로 전송할 수 있는지 테스트하였다. A지점을 최종 단말 부이로 선정하였기 때문에 A지점의 부이에 LTE 라우터를 연결하였고 부이 B, C는 부이 D의 데이터를 포워딩 해주는 역할을 하도록 설계하였다. <그림 3-80>은 선정한 각 A, B, C, D지점에 구현한 해양관측 부이를 위치시키고 테스트를 진행한 사진을 나타낸다.



(a) A 위치



(b) B 위치



(c) C 위치



(d) D 위치

<그림 3-80> 실내 테스트를 위한 A, B, C, D지점 해양관측부이 사진

센서 노드 D에서 측정되는 센서 데이터 값은 CT 센서의 Conductivity, Temperature, Conductance 와 기상 센서의 풍향, 풍속, GPS의 위도, 경도, 부이 시스템 내부 온/습도, 외부 거리 값으로 구성되고 센서 노드 A는 이 데이터들을 센서 노드 A에서 측정된 시스템 내부 온/습도, 외부 거리 값과 함께 LTE 통신을 통하여 원격 모니터링 서버로 전송한다. 실내 환경이므로 센서 측정 데이터 값 자체는 의미있는 값은 아니라고 할 수 있다. 그러나, 본 실험에서 확인하고자 하는 것은 측정된 센서 값이 다중 홉 릴레이 네트워크를 통하여 원격지 서버로 정상적으로 전송되는지 여부이다. <그림 3-81>은 위 실험 환경대로 실내 테스트를 진행 하였을 때 한국해양대학교 공과대학 1호관 330호에 위치한 지점의 부이 A에서 관측한 시리얼 모니터링 값과 직접 구축한 웹 서버 모니터링 사이트에서 관측한 데이터 값을 나타낸다.

```

CAN BUS Shield init ok!
Connecting to DB Server...
Connected to server version 5.5.47-MariaDB
Connection Success
-0.01446709
28.2891292
-0.0031320
0.10
+3.103
25
48
35.075042
129.08621
INSERT INTO arduino.gps_sensor VALUES (4, 0.000000, 0.000000, NOW())
INSERT INTO arduino.other_sensor VALUES (4, 0.0, 0.0, 33.0, NOW())
INSERT INTO arduino.ct_sensor VALUES (3, -0.01446709, 28.2891292, -0.0031320, NOW())
INSERT INTO arduino.weather_sensor VALUES (3, 0.10, +3.103, NOW())
INSERT INTO arduino.other_sensor VALUES (3, 25, 48, 0, NOW())
INSERT INTO arduino.gps_sensor VALUES (3, 35.075042, 129.08621, NOW())
-0.01154868
28.3159561
-0.0025002
0.30
+1.208
25
48
35.075050
129.08621

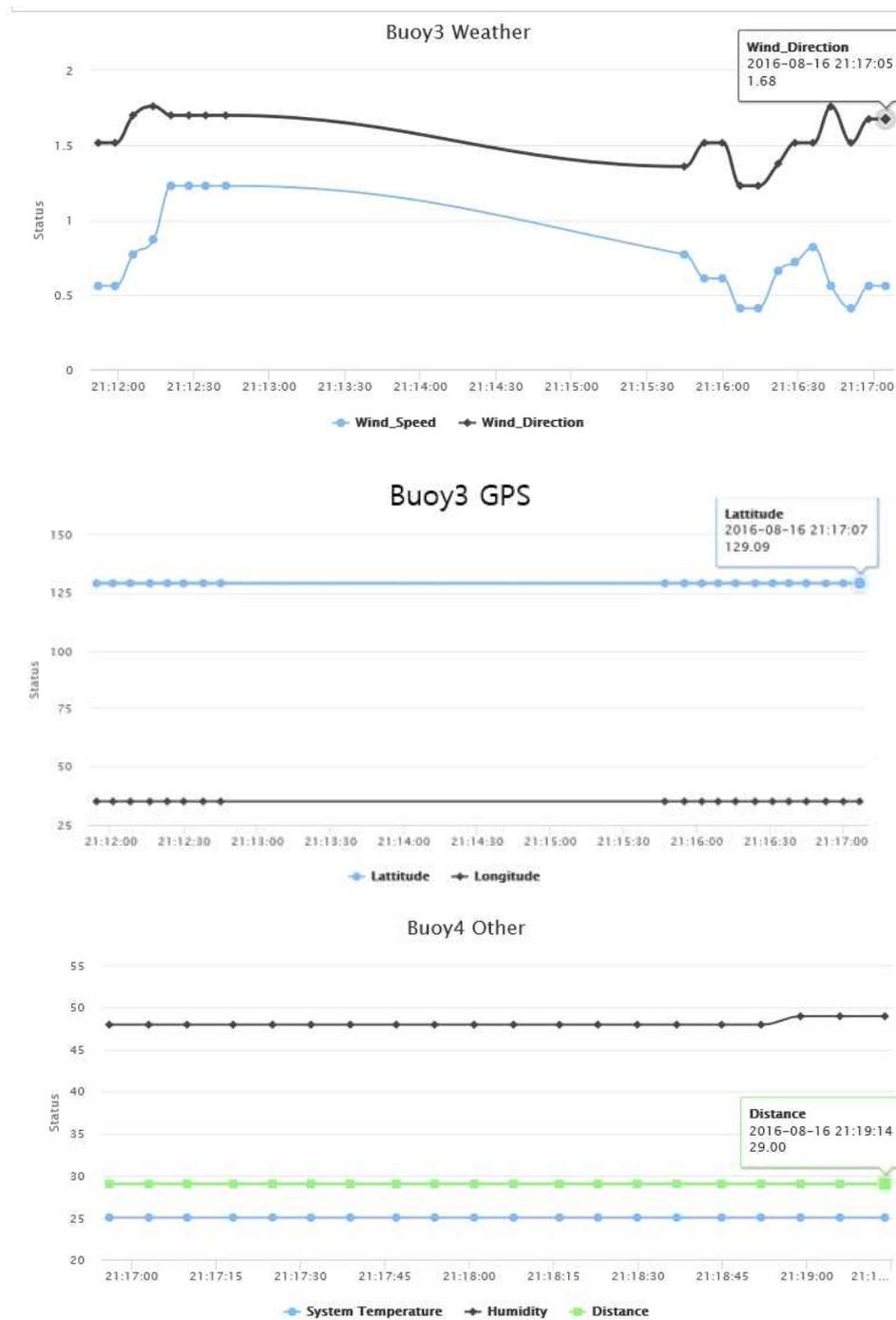
```

The diagram shows a terminal window with two sections of data. The first section, enclosed in a green box, contains numerical sensor data. An arrow points from this box to a green box labeled 'Xbee수신값'. The second section, enclosed in a blue box, contains SQL INSERT statements. An arrow points from this box to a blue box labeled 'LTE 전송값'.

<그림 3-81> 실내 테스트에서 부이 A에 측정된 시리얼 모니터링 값

실내 테스트에서 각 지점 A, B, C, D 지점에서 구현한 다중 홉 릴레이 네트워크 통신이 잘 동작함을 확인할 수 있다.

<그림 3-82>는 최종 웹 모니터링 사이트에서 관측한 데이터 그래프를 나타낸다. 실험시간은 21시 17분경 시작하여 대략 5분 동안 데이터 값을 실시간으로 관측하였다.



<그림 3-82> 웹 모니터링 사이트에서 측정된 센서 데이터 그래프

(3) 부이들 간 mesh network 구성 필드 테스트 (실외 테스트)

실외 테스트에서는 5개의 지점에 위치한 센서 노드들을 통하여 4 홉 릴레이 통신을 실험하였다. 센서 노드들의 위치를 선정을 위한 통신도달 가능 거리 테스트이다. 필드 테스트를 진행하기에 앞서 다중 홉 통신 네트워크에서 센서 노드의 위치를 선정하기 위하여 실내 테스트에서와 마찬가지로 인접 센서 노드 간에는 통신이 가능하고 다른 센서 노드들과는 통신이 불가능한 지점을 선정하기 작업을 진행하였다. 이를 위하여 각 센서 노드에서 수신 신호의 RSSI 값을 측정하였다. 실험 내용은 <표 3-20> 및 <그림 3-83>과 같다.

<표 3-20> 실험내용

실험장소	부산광역시 을숙도 (사하구(하단)~사상구(사상)) 낙동강 하구
실험목표	<ul style="list-style-type: none"> - 전체 약 6km의 거리에 걸쳐서 다중 홉 네트워크를 구축 - 센서 측정 데이터를 다중 홉 통신을 통하여 마지막 센서 노드로 전달 - 마지막 센서 노드에서는 다중 홉 통신을 통해 전달받은 센서 측정 데이터를 LTE 통신을 통하여 원격지 모니터링 서버로 전송함
실험특징	<ul style="list-style-type: none"> - 4 홉 통신을 통하여 6km 정도의 통신 가능 - 장애물이 존재하지 않는 해상 환경과 유사하게 거의 일직선상의 경로가 되도록 지점 선정(간섭의 영향을 최소화)



<그림 3-83> 실외 테스트를 위한 A, B, C, D, E 지점 위성지도사진
 A: 낙동강 하굿둑 나루정, B: 을숙도 전망 광장, C:을숙도 강변대로, D: 맥도 생태공원,
 E: 서부산 낙동강교 다리

구체적인 실험조건은 다음과 같다.

- 각 지점간 거리(단위: m)

A-B	B-C	C-D	D-E
1500	1500	1700	1200

- 날씨

바람(풍향, m/s)	운량	기온(°C)	습도	강수확률
남서풍, 3m/s	6	31	70	0.2

운량: 맑음(0~2), 구름 조금(3~5), 구름 많음(6~8), 흐림(9~10이상)

각 지점(A, B, C, D, E)에서 A-B, B-C, C-D, D-E 간 1 홉 통신이 가능한지 확인 후 온습도센서(DHT22)의 데이터 값이 정상적으로 전달되는지 확인(시리얼 모니터링)하고, 각 지점에서의 수신 신호의 RSSI 값을 측정했다. 실험 결과 선정된 각 지점에 대한 사진과 지도 상에서 위치를 나타내면 <그림 3-84>와 같다.



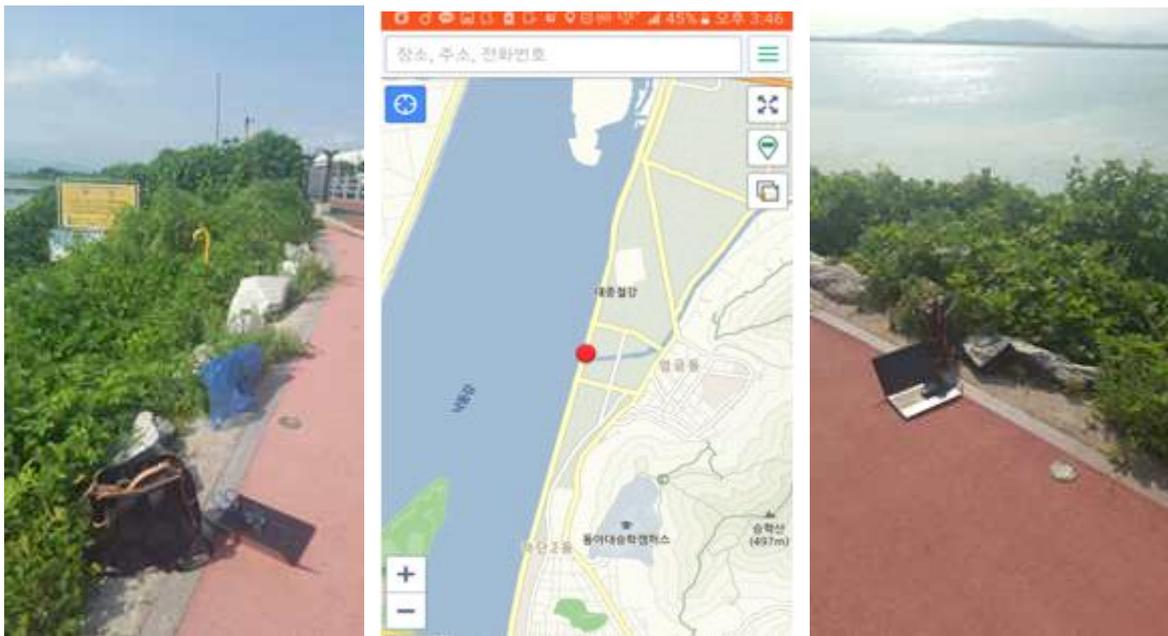
<그림 3-84> 실외 테스트를 위한 A지점과 실험용 모듈 사진

<그림 3-84>는 실외 테스트를 위한 A지점과 실험용 모듈 사진을 나타낸다. A지점에 대한 지도는 실제 위치에서 스마트폰 GPS를 이용하여 잡은 위치를 나타내고, A지점은 낙동강 하굿둑 ‘나루정’ 근처에서 센서 측정이 가능한 곳으로 선정하였다.



<그림 3-85> 실외 테스트를 위한 B지점과 실험용 모듈 사진

<그림 3-85>는 B지점과 실험용 모듈 사진을 나타낸다. 위치는 ‘을숙도 전망광장’ 쪽이며 A 지점과 C지점과의 통신이 잘 되는 것을 확인하였다.



<그림 3-86> 실외 테스트를 위한 C지점과 실험용 모듈 사진

<그림 3-86>은 C지점과 실험용 모듈 사진을 나타낸다. 위치는 ‘을숙도 강변대로’ 쪽이며 B 지점과 D지점과의 통신이 잘 되는 것을 확인하였다.



<그림 3-87> 실외 테스트를 위한 D지점과 실험용 모듈 사진

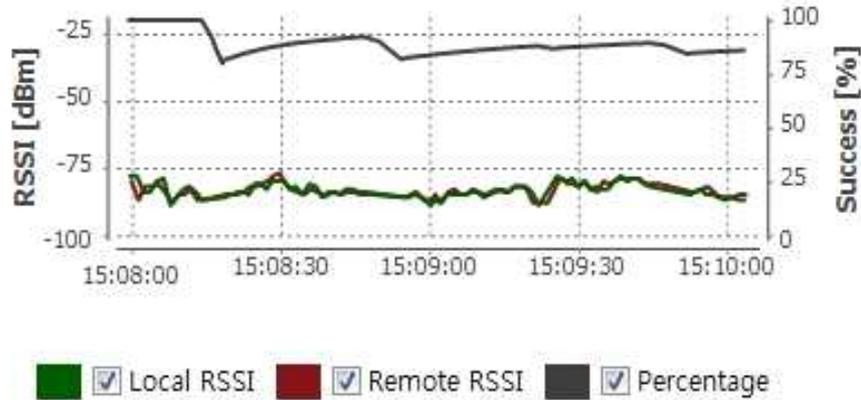
<그림 3-87>은 D지점과 실험용 모듈 사진을 나타낸다. 위치는 ‘맥도 생태공원’ 부근이며 C 지점과 E지점과의 통신이 잘 되는 것을 확인하였다.



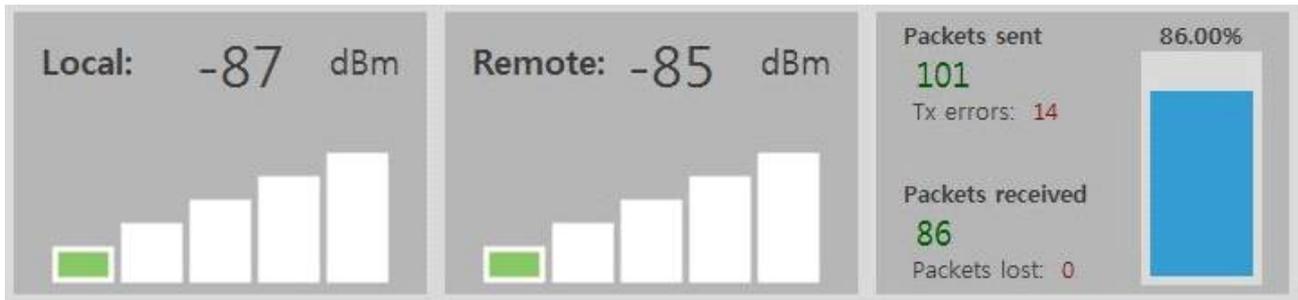
<그림 3-88> 실외 테스트를 위한 E지점과 실험용 모듈 사진

<그림 3-88>은 E지점과 실험용 모듈 사진을 나타낸다. 위치는 ‘서부산 낙동강교 다리’이며 D지점과의 통신이 잘 되는 것을 확인하였다.

앞에서 선정한 A, B, C, D, E 지점에서 통신 환경 성능 시험을 위해 수신 신호의 RSSI 값을 측정하여 송수신 노드 사이 통신환경이 어느 정도 되는지 확인하였다. RSSI 측정은 XCTU software를 사용하였으며, 시간에 따른 RSSI 값과 패킷 수신율을 측정하였다. A지점의 노드와 B지점의 노드사이 RSSI 측정 결과는 <그림 3-89>와 같다.



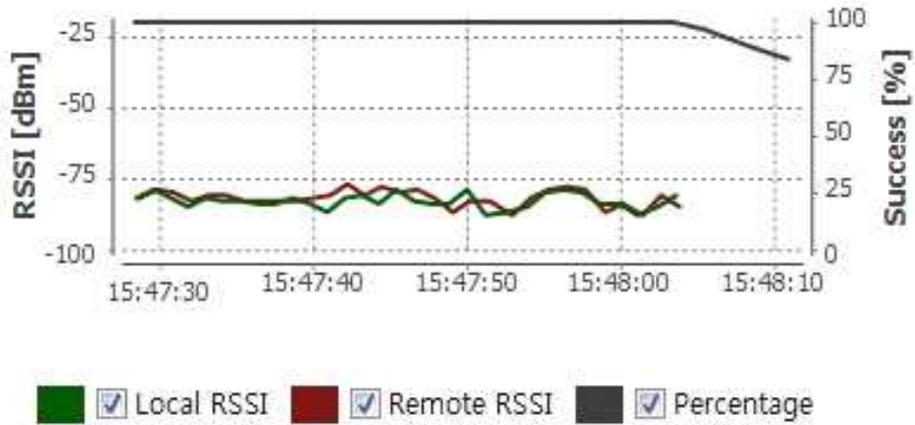
<그림 3-89> 실외 테스트에서 A노드와 B노드간의 RSSI 측정 그래프



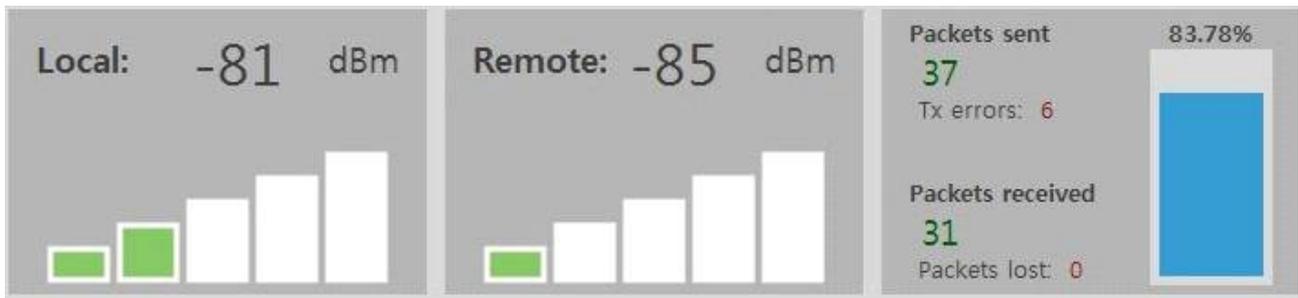
<그림 3-90> 실외 테스트에서 A노드와 B노드간의 평균 RSSI 값과 패킷 수신율

<그림 3-90>은 시간에 따른 RSSI 값과 통신 성공률을 나타내며, Local RSSI는 노드 A, Remote RSSI는 노드 B에서 측정된 RSSI 값을 나타낸다. 실험 결과 평균 RSSI 값은 A지점에서 -87dBm, B지점에서 -85dBm 정도로 측정되었으며, 보낸 101개의 패킷 중에 86개를 수신하여 86%의 수신율을 보였다.

B지점의 노드와 C지점의 노드사이 RSSI 측정 결과는 <그림 3-91>과 같다.



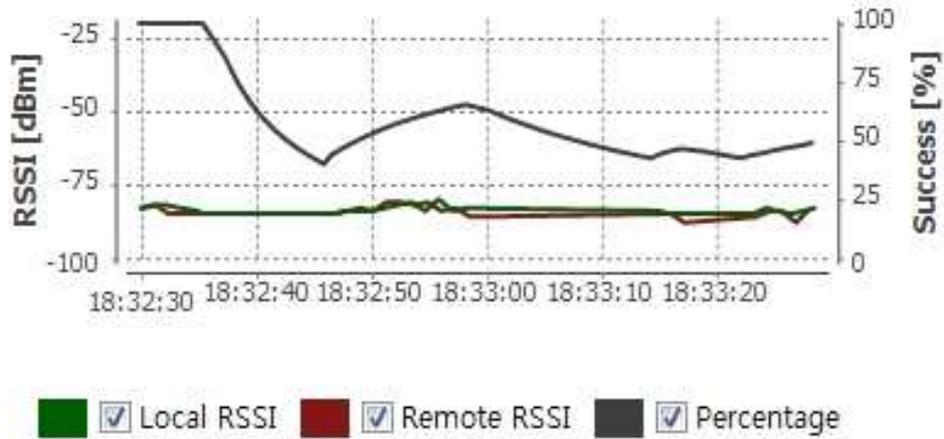
<그림 3-91> 실외 테스트에서 B노드와 C노드간의 RSSI 측정 그래프 >



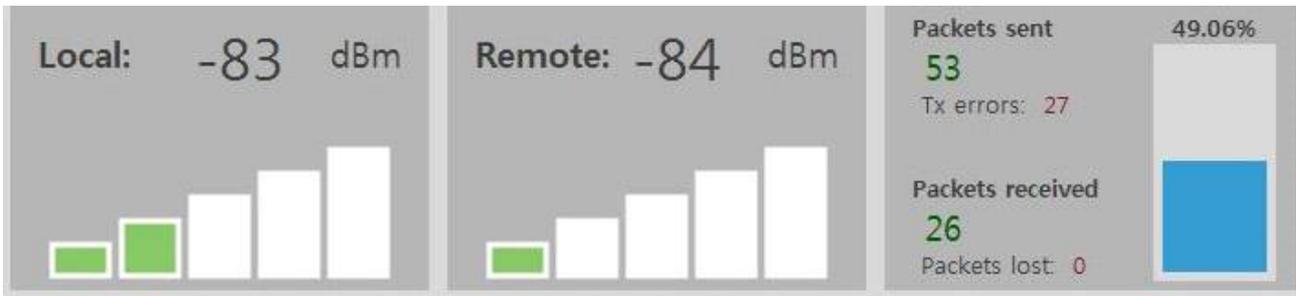
<그림 3-92> 실외 테스트에서 B노드와 C노드간의 평균 RSSI 값과 패킷 수신율

<그림 3-92>는 시간에 따른 RSSI 값과 통신 성공률을 나타내며, Local RSSI는 노드 B, Remote RSSI는 노드 C에서 측정된 RSSI값을 나타낸다. 실험 결과 평균 RSSI 값은 B지점에서 -81dBm, C지점에서 -85dBm 정도로 측정되었으며, 보낸 37개의 패킷 중에 31개를 수신하여 83%의 수신율을 보였다.

D지점의 노드와 E지점의 노드사이 RSSI 측정 결과는 <그림 3-93>과 같다.



<그림 3-93> 실외 테스트에서 D노드와 E노드간의 RSSI 측정 그래프



<그림 3-94> 실외 테스트에서 D노드와 E노드간의 평균 RSSI 값과 패킷 수신율

<그림 3-94>는 시간에 따른 RSSI 값과 통신 성공률을 나타내며, Local RSSI는 노드 D, Remote RSSI는 노드 E에서 측정된 RSSI값을 나타낸다. 실험 결과 평균 RSSI 값은 D지점에서 -83dBm, E지점에서 -84dBm 정도로 측정되었으며, 보낸 53개의 패킷 중에 26개를 수신하여 49%정도의 수신율을 보였다.

(4) 센서 측정 데이터의 전송 및 모니터링 테스트

본 테스트는 미리 선정된 다섯 지점 A, B, C, D, E에서 본 연구과제에서 구현한 프로토타입을 이용한 실외 테스트이다. 테스트 환경은 앞서 기술한 사전 테스트 환경과 유사하나 날씨 등에 있어서 다소 차이가 있을 수 있다. <표 3-21>는 테스트 당일 날씨를 나타낸 것이다.

<표 3-21> 날씨

바람(풍향, m/s)	운량	기온(°C)	습도	강수확률
북동풍, 4m/s	3	32	70	0.1

운량: 맑음(0~2), 구름 조금(3~5), 구름 많음(6~8), 흐림(9~10이상)

A지점의 센서 노드에서 측정된 데이터를 E 지점까지 다중 홉 통신을 통하여 전송하고 센서 노드 E는 LTE 통신을 통하여 원격지 서버로 데이터를 전송하였다. <그림 3-95>는 지점 A, B, C, D, E의 지형과 부이에 탑재되는 센서 및 통신 모듈과 게이트웨이를 포함하는 시스템의 프로토타입을 나타낸다.



<그림 3-95> 실외 테스트를 위한 A, B, C, D, E지점 해양관측부이 사진

본 연구과제에서는 측정된 센서 데이터를 모니터링 확인하기 위해서 웹 서버를 구축하였다. <그림 3-96>은 A 지점에서 측정된 센서 데이터를 직접 수신하여 본 과제에서 구축된 웹 서버에서 모니터링한 결과를 나타낸다.



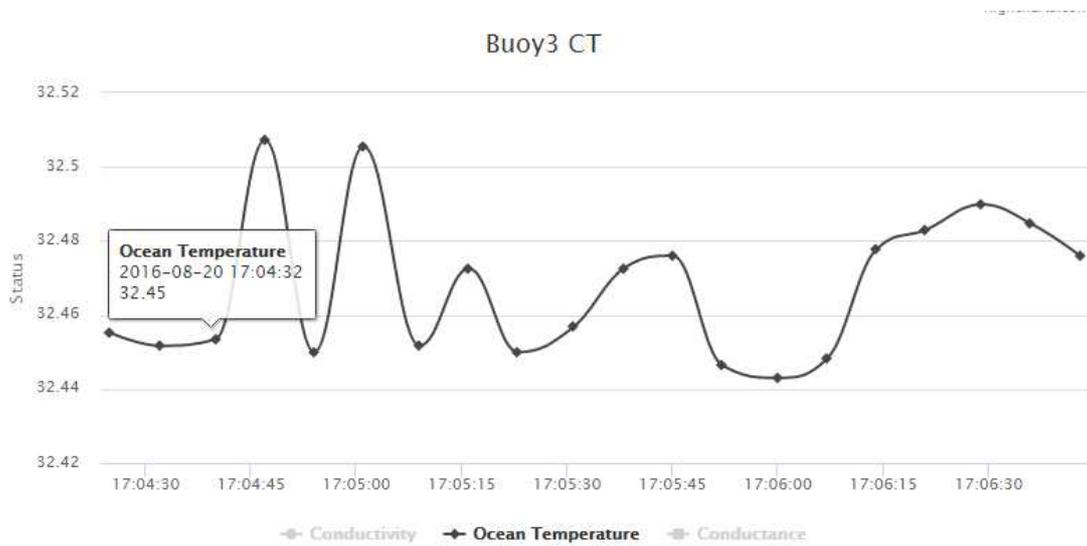
<그림 3-96> A지점 센서 노드의 CT 센서에서 측정된 Conductance값

<그림 3-96>은 A 지점에서 측정된 conductance 값을 모니터링한 결과이다. A지점은 바다와 연결되는 낙동강 하구에 위치한다. 실험에서 선정된 위치는 낙동강 하굿둑 근처로서 강물과 바닷물이 접하는 지점이다.



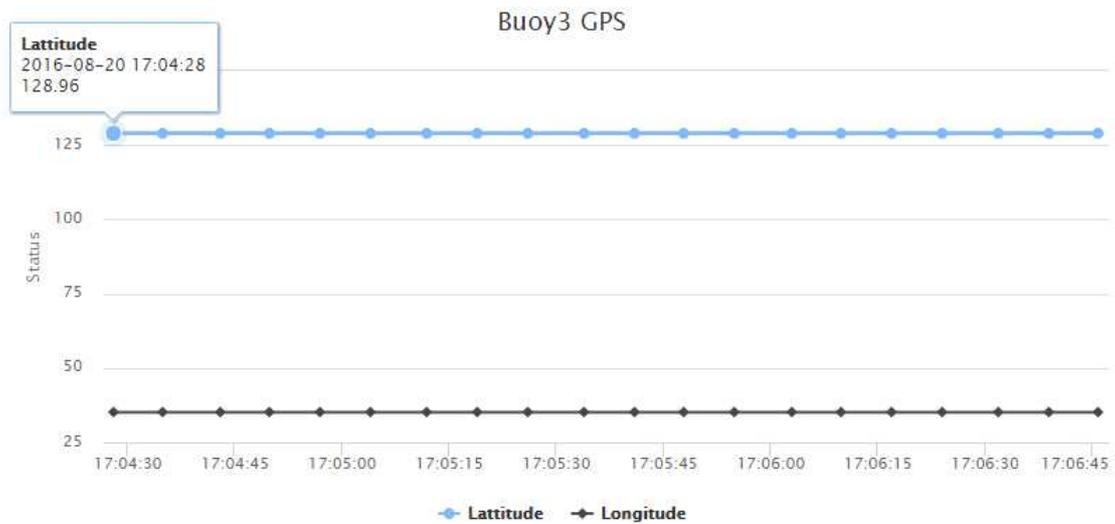
<그림 3-97> A지점 센서 노드의 CT센서에서 측정된 Conductivity값

<그림 3-97>은 A 지점에서 측정된 conductivity 값을 나타낸다.



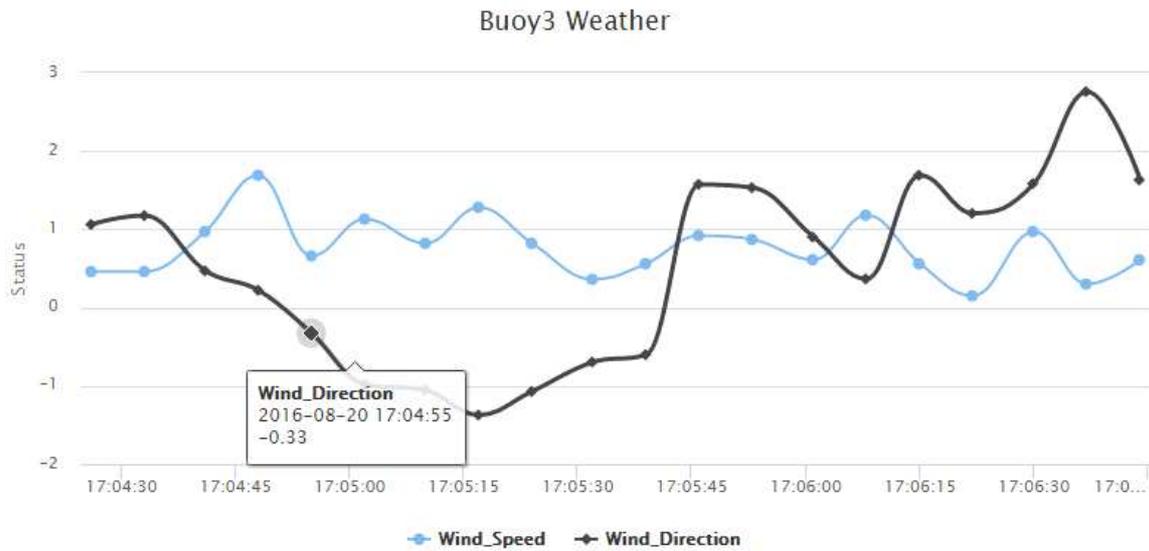
<그림 3-98> A지점 센서 노드의 CT센서에서 측정된 Temperature값

<그림 3-98>은 A지점의 수온을 나타낸 것이며 표층수의 온도를 측정하였다.



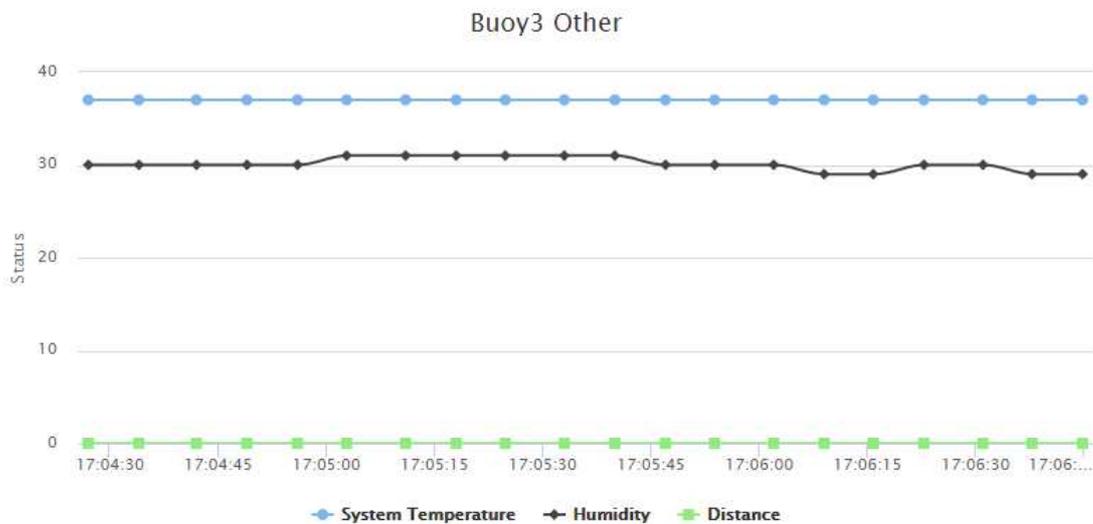
<그림 3-99> A지점 센서 노드의 GPS에서 측정된 위도, 경도 값

<그림 3-99>는 A지점 센서 노드의 GPS 값으로서 위도와 경도를 나타낸다.



<그림 3-100> A 지점 센서 노드의 기상센서에서 측정된 풍향, 풍속 값

<그림 3-100>은 A지점 센서 노드의 기상에서 측정된 풍향과 풍속 값을 나타낸다.



<그림 3-101> A지점 센서 노드의 부이 시스템 내부에서 측정된 온/습도 및 거리 값

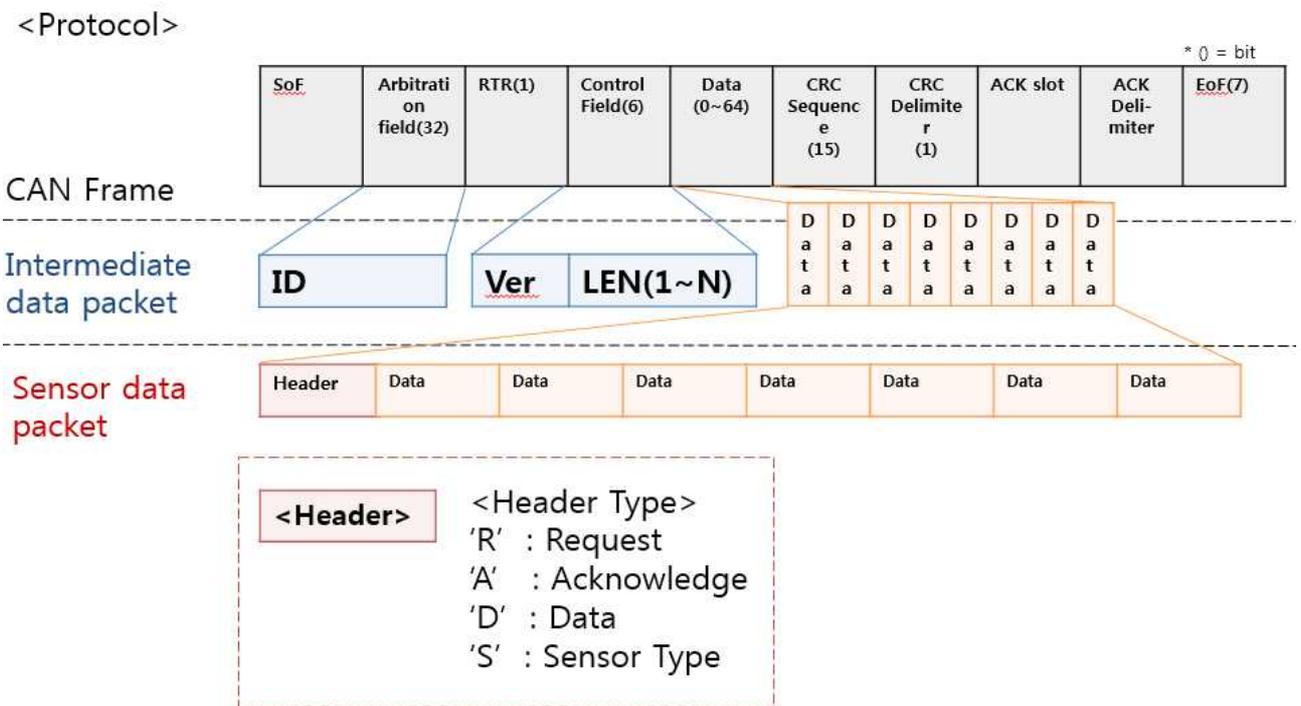
<그림 3-101>은 A지점 센서 노드로 사용된 부이 시스템의 내부 온/습도 값과 초음파 센서를 통하여 전방 장애물의 거리를 측정된 값을 나타낸다. 위 실험을 통하여 센서 노드에서 측정된 데이터가 성공적으로 원격지 모니터링 서버로 전달될 수 있음을 확인하였다. 또한, 실외 필드 테스트를 통하여 대략 6 km 정도의 거리를 4홉 릴레이 통신을 통하여 데이터를 전달할 수 있음을 확인하였다.

4. IoT 플랫폼 통합관리 및 제어 시스템 설계

가. 플랫폼 구성 모듈들의 통합 인터페이스 방식 설계

CAN을 기반으로 한 IoT 플랫폼 구성 모듈과 메인 시스템 간 단일화된 인터페이스 방식을 설계하였다. 이를 위하여 CAN 프레임을 이용한 데이터 패킷 정의, 그리고 효율적으로 이 데이터들을 보내기 위한 시스템을 구성하였다. (특히 출원 완료)

(1) 센서 모듈과 게이트웨이 간 통신을 위한 CAN기반의 센서 데이터 패킷 정의



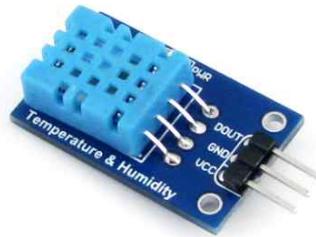
<그림 3-102> 센서 모듈-게이트웨이 간 데이터 송수신을 위한 데이터 패킷 형식

<그림 3-102>는 다양한 센서와 게이트웨이 사이의 데이터 송수신을 위한 데이터 패킷 형식에 관한 것이다. 최상단의 CAN frame은 기존의 CAN통신에서 사용되고 있는 프레임 구조이다. Arbitration field와 Control 필드 그리고 Data 필드는 우리가 변경 가능한 임시 데이터 패킷으로 명명하고, Intermediate data packet에 나타내었다. Intermediate data packet에서 LEN 값은 1부터 8까지 정의가 가능하고, 이는 뒤에 오는 데이터 필드의 수를 결정한다. 임시 데이터 패킷은 ID, Ver, LEN, data들로 구성이 되어있고, Sensor data packet에서 데이터 필드의 첫 번째를 헤더로 지정하였다. 헤더들의 타입은 R, A, D, S로 나누어, 각각 요청, 응답, 데이터,

2) 통합 게이트웨이를 위한 SW는 프로그램 등록하였으며 본 결과보고서의 8장 부록 1절 프로그램 소스 코드가 제시되어 있다.

(1) 온습도 등 부이 내부 모니터링 기능 구현

본 연구에서 설계하는 해양관측 부이시스템 내부의 온습도 센서를 이용하여 부이 시스템 내부의 온도와 습도를 파악함으로써 내부 온도 상태 및 습도 모니터링 기능 구현을 통해 부이 시스템의 방열에 의한 시스템 손상 및 효율적인 내부 열 관리와 습도에 의한 쇼트에 의한 시스템손상 방지 및 내부 시스템관리를 가능하도록 하였다 [18]. 사용한 온습도는 DHT11 Temperature-Humidity Sensor로써 온도(0℃~50℃), 습도(20%~95%)를 측정할 수 있다. 온도와 습도는 DHT11 내에서 측정과 계산을 해주어서 따로 계산할 필요가 없다.



<그림 3-104> 습도 센서 DHT 11

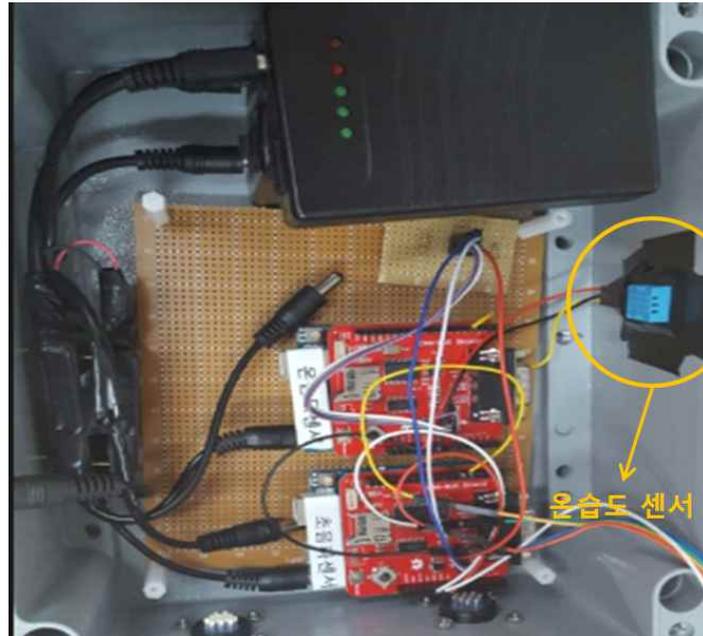
```
COM8 (Arduino Uno)
Read sensor: OK
Humidity (%): 56.00
Temperature (oC): 25.00
Temperature (oF): 77.00

Read sensor: OK
Humidity (%): 56.00
Temperature (oC): 25.00
Temperature (oF): 77.00

Read sensor: OK
Humidity (%): 56.00
Temperature (oC): 25.00
Temperature (oF): 77.00
```

<그림 3-105> 온습도 센서 모듈 모니터링

<그림 3-105>는 온습도 센서 모듈에서 모니터링한 모습을 나타낸다. 단일 온습도 센서 모듈에서는 습도(%)와 섭씨온도(°C), 화씨온도(°F)로 모니터링하고, 게이트웨이로 전송할 때에는 습도(%)와 섭씨온도(°C)값만 전송한다. 최종 게이트웨이로 전송된 온습도 값은 원격지 서버로 전송된다.



<그림 3-106> 부이 시스템 내부에 탑재된 온습도 센서

내부 시스템의 온습도 파악을 위해 온습도 센서를 <그림 3-105>와 같이 설치하였다. 온습도 센서는 시스템 내부의 벽면에 고정하여 발생하는 온도, 습도를 확인할 수 있도록 하였다.

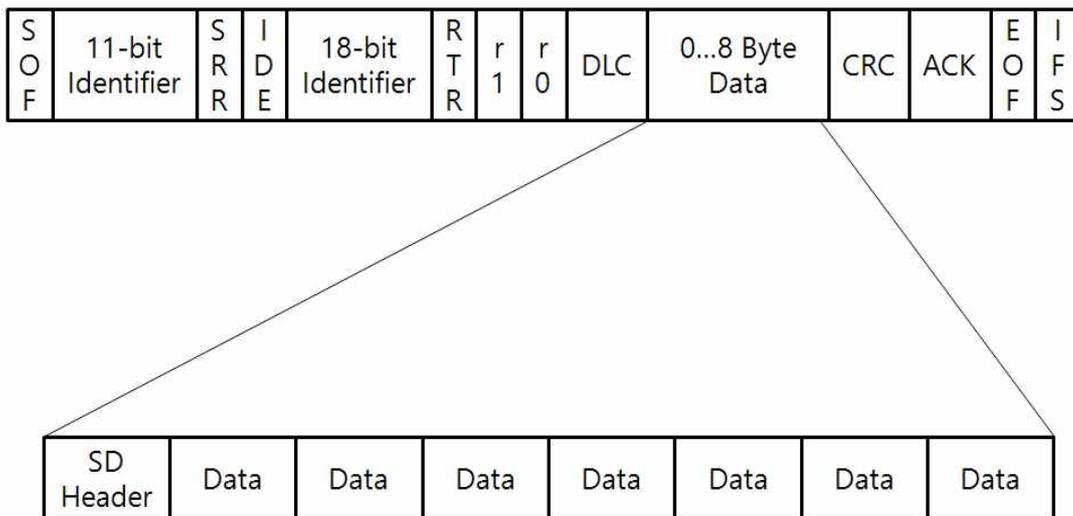
(2) IoT 플랫폼 동작 상태 모니터링을 위한 통합 게이트웨이 설계

본 연구에서 해양 IoT 플랫폼 동작 상태 모니터링을 위한 통합 게이트웨이를 설계하였다. 본 연구에서 제시하고자 하는 해양 IoT 플랫폼 구축에 있어서 각 센서 모듈로부터 취득한 각 센서 데이터의 취합 및 관리, 동작상태 모니터링과 원격 모니터링 사이트에서 데이터를 실시간으로 관측하기 위해서 CAN통신기반의 통합 게이트웨이가 필요하다 [19]. 설계한 게이트웨이는 단일화된 인터페이스, 즉 CAN 형식의 데이터로 데이터를 수집하고, 각 센서값의 CAN프로토콜 ID 설정을 통한 데이터의 효율적 분류 및 통합관리 기능을 수행한다. 또한, 다양한 해양 IoT 서비스를 제공하기 위하여 센서로부터 수집된 데이터를 본 연구에서 설계한 데이터 헤더 타입을 이용하여 다양한 센서를 관리하고, 수집된 데이터들을 원격 서버로 전송하여 원격지에서 실시간으로 모니터링 할 수 있다. 본 연구에서 설계한 게이트웨이는 센서 모듈과 마찬가지로 오픈 소스 플랫폼 하드웨어인 아두이노(Mega2560)를 사용하였고, CAN 통신을 하기 위한

CAN Bus Shield, 그리고 원격 DB(database) 서버로 수집된 데이터들을 전송하기 위해 사용하는 LTE 통신을 위한 Ethernet Shield와 mesh 네트워크를 통한 하위 부이들로부터의 데이터 수집을 위한 Xbee 모듈로 구성되어 있다. 게이트웨이가 동작하기 시작하면 연결된 LTE 라우터를 통해 원격 DB서버의 IP 주소와 로그인 정보로 서버에 접속을 시도한다. 접속이 완료되면, 게이트웨이가 CAN 통신을 할 수 있는지, 즉 연결되어있는 다중접속 CAN-Bus 상에 데이터가 존재하는지 확인한 후, 데이터가 존재하면 데이터를 수신할 준비를 하게 된다. CAN 통신은 위에서 언급했듯이, bus 상에 물려있는 모든 노드가 브로드캐스트 해주는 정보들이 있으므로, 효율적인 통합관리를 위해 각 데이터들이 어떤 센서 모듈에서 오는 데이터인지를 구분할 필요가 있다. 게이트웨이에서 센서 데이터들의 통합관리를 위해 각 센서 모듈로부터 제공되는 센서들의 정보를 받아 등록하여, 분류하고, 센서의 종류 및 관리 정보를 사용자에게 제공할 수 있다.

(3) 자가진단 기능을 위한 센서 인식기능 설계

각 센서 모듈로부터 수집된 데이터들은 CAN 트랜시버를 통해 본 연구에서 설계한 센서 데이터패킷을 통해 CAN프레임에 실려 전송되고, 이중 최대 8바이트까지 전송이 가능한 데이터 필드의 제일 앞 바이트에 <그림 3-107>과 같이 센서 타입 헤더를 부여하여 센서 정보를 전달한다.



<SD Header Type>
 'R' : Request
 'A' : Acknowledge
 'D' : Data
 'S' : Sensor Type

<그림 3-107> CAN 데이터필드의 센서 헤더 타입 분류

다양한 센서를 관리하고 센서로부터 수집된 데이터를 게이트웨이로 전달하기 위한 데이터 송수신 장치에 있어서, 센서 모듈을 게이트웨이에 등록하기 위하여 각 센서 모듈은 CAN-Bus로 SD(Sensor Data) Header 타입 'R'을 CAN 데이터 프레임의 첫 번째 바이트에 문자의 형태로 1바이트의 길이로 전송한다. 하나의 센서 데이터 패킷은 하나의 SD Header 필드와 0~7개의 데이터 필드로 구성된다. 여기서, CAN-Bus에는 다양한 센서 모듈 및 센서들이 다중 접속되어있으므로, 센서 모듈이 아닌 다른 센서들의 데이터를 잘못 수신할 수 있다. 따라서 최초 센서 모듈을 등록하기 위한 절차에서, 데이터 전송은 1바이트의 길이로만 전송하고, 데이터 필드는 전송되지 않는다. 수신부인 게이트웨이에서도 1바이트의 문자 'R'만 수신 하였을 경우를 센서 모듈의 등록 요청으로 인지하도록 설계하였다.

게이트웨이가 헤더 타입 'R'의 센서 데이터 패킷을 수신하면 해당 센서 모듈로 헤더 타입 'A'의 센서 데이터 패킷을 전송한다. 이때 헤더 타입 'A'는 헤더타입 'R'을 보낸 센서 모듈에서만 수신해야 하므로 해당하는 센서 모듈에서만 데이터를 수신하기 위해서 CAN-ID를 부여하여 전송한다. 센서 모듈이 헤더타입 'A'의 센서 데이터 패킷을 게이트웨이로부터 수신하면 센서 모듈은 그다음으로 센서에 대한 정보를 게이트웨이에 알려주기 위해서 헤더 타입 'S'의 센서 데이터 패킷을 전송하는 절차를 가진다. 이때, 센서에 대한 정보를 알려주기 위한 헤더 타입 'S'는 최상위 바이트에 'S'와 더불어 2번째와 3번째, 바이트에 세부적인 센서의 정보를 실어 보낸다. 현재 설계한 시스템에서 사용된 CT 센서 모듈은 헤더 타입 'S'의 뒤에 추가로 'C'와 'T'를 보내고, Weather 센서 모듈은 헤더 타입 'S'의 뒤에 추가로 'W'와 'S'를 실어 보낸다.

센서 정보를 CAN 프레임 데이터에 실어 전송하면, 게이트웨이에서 센서 타입 'S'뒤에 오는 추가적인 정보를 통해 각 센서를 등록하여 해당 센서 모듈의 정보를 저장하고 다시 헤더 타입 'A'의 센서 데이터 패킷을 센서 모듈로 전송한다. 이는, 게이트웨이에서 센서 정보를 정상적으로 저장하였음을 센서 모듈에 알리고, 실제 센서의 정보를 보내달라는 의미를 가진다. 해당 센서 모듈이 타입 'A'의 센서 데이터 패킷을 수신하면, 그다음으로 헤더 타입 'D'의 센서 데이터 패킷을 통하여 센서 실제 측정 데이터를 게이트웨이로 전송한다.

현재 구현한 게이트웨이는 타입 'D'의 센서 데이터 패킷을 통하여 데이터를 받을 때, CAN 프레임에서 배열을 이용한 문자의 형태로 데이터를 받기 때문에, CT 센서 모듈의 경우 각 문자의 형태를 실수(float)의 형태로 변환하는 과정을 거치고, 이를 다시 DB로 전송하기 위해서, 문자열의 형태로 변환하여 전송하는 과정을 거친다. CT 센서 모듈에서 파싱한 데이터 즉 전도도(Conductivity), 온도(Temperature), 컨덕턴스(Conductance)는 하나의 CAN 프레임에 모두 전송할 수가 없기 때문에, 여러 개의 헤더 타입 'D' 와 데이터필드를 CAN ID를 할당하여 전송하고, 게이트웨이는 ID값에 따라 데이터를 분류하여 저장한다.

Weather 센서 모듈은 센서 모듈에서 파싱한 정보가 4바이트이기 때문에, 하나의 CAN 프레

임에 모두 실어서 전송할 수 있다. 이렇게 최종적으로 단일화된 형식의 데이터로 전송된 데이터들은, 게이트웨이에서 최종적으로 취합하여 원격지의 DB서버로 데이터를 전송한다. 최종적으로 취합한 데이터들은 'INSERT INTO' 구문을 이용하여 원격지 서버에 생성되어있는 test_arduino 테이블의 ct_sesnsor와 weather_sensor로 전송된다.

아래는 설계한 부이 게이트웨이에서 원격지 모니터링 사이트로 전송한 데이터의 예를 나타낸다.

```

COM3 (Arduino Uno)
CAN BUS Shield init ok!
Connecting to DB Server...
Connected to server version 5.1.41-community
Connection Success
INSERT INTO test_arduino.ct_sensor VALUES (-0.0149643300000,23.085539000000,-0.00323963240000, NULL)
INSERT INTO test_arduino.weather_sensor VALUES (0.2500,-2.837900, NULL)
INSERT INTO test_arduino.ct_sensor VALUES (-0.0152985690000,23.119860000000,-0.00331199190000, NULL)
INSERT INTO test_arduino.weather_sensor VALUES (0.1500,3.103100, NULL)
    
```

<그림 3-108> 부이 게이트웨이로부터 원격 모니터링 사이트로 전송한 데이터의 예

다. 전력소모 효율을 고려하여 각 센서로부터 필요한 데이터들만 추출 및 압축하여 전송할 수 있는 전송방식 설계

본 연구 시스템은 바다에서 동작하기 때문에, 배터리를 사용한다. 이 배터리 용량은 한정되어 있기 때문에 전력소모 효율을 고려한 데이터 송신방법을 고려한다.

(1) CT센서

부이 시스템에 필요한 센서 값(Conductivity, Temperature, Conductance)을 선정한다.

```

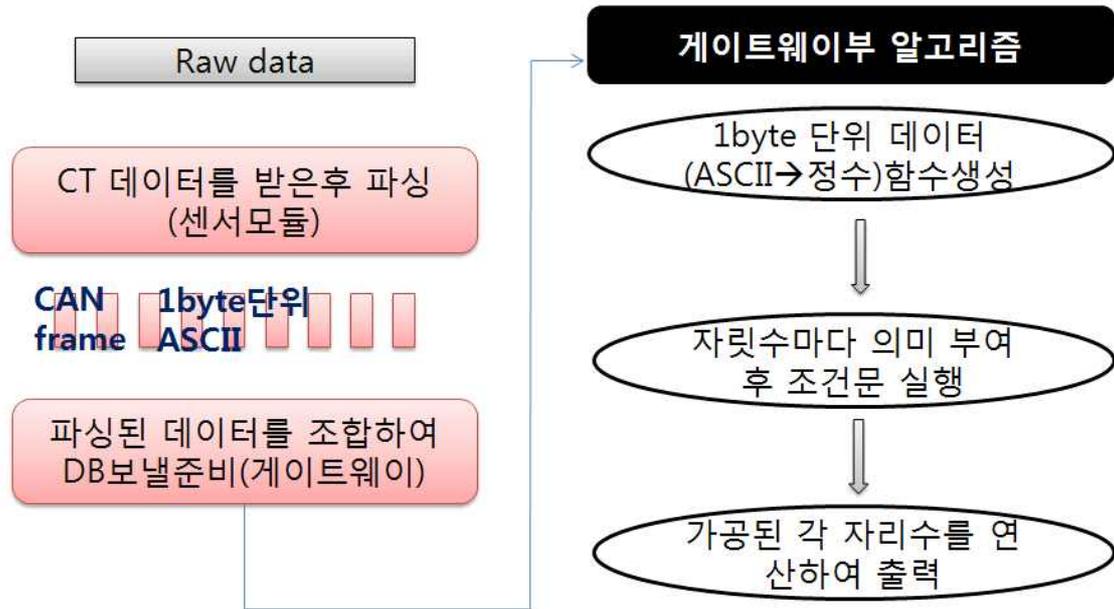
CAN BUS Shield init ok
+ ERROR SINTAX ERROR
#MEASUREMENT 4319 1342 Conductivity[µS/cm] -3.25614E-03 Temperature[Deg.C] 2.10424E-01 Conductance[µS] -7.050037E-04 RawCond[L3B] 1536 RawCond[L3B] 1536 ZAcc[mV] -1.255074E+02 RawTemp[mV] 1.803529E+03
#MEASUREMENT 4319 1342 Conductivity[µS/cm] -3.247704E-03 Temperature[Deg.C] 2.105221E-01 Conductance[µS] -7.000964E-04 RawCond[L3B] 1536 RawCond[L3B] 1536 ZAcc[mV] -1.324814E+02 RawTemp[mV] 1.803227E+03
#Interval#Interval#Interval 4319 1342 1.000000E+01
#
#Interval 4319 1342 1.500000E+01
#
#MEASUREMENT 4319 1342 Conductivity[µS/cm] -7.542734E-03 Temperature[Deg.C] 2.111570E-01 Conductance[µS] -1.832929E-03 RawCond[L3B] 1512 RawCond[L3B] 1512 ZAcc[mV] -1.29021E+02 RawTemp[mV] 1.801363E+03
#MEASUREMENT 4319 1342 Conductivity[µS/cm] -3.195943E-03 Temperature[Deg.C] 2.111407E-01 Conductance[µS] -6.918007E-04 RawCond[L3B] 1536 RawCond[L3B] 1536 ZAcc[mV] -1.298832E+02 RawTemp[mV] 1.801314E+03
#MEASUREMENT 4319 1342 Conductivity[µS/cm] -7.505025E-03 Temperature[Deg.C] 2.112547E-01 Conductance[µS] -1.831300E-03 RawCond[L3B] 1512 RawCond[L3B] 1512 ZAcc[mV] -1.270180E+02 RawTemp[mV] 1.800961E+03
#Product Name 4319 1342 Conductivity Sheer
#Product Number 4319 1342 4319
Serial Number 4319 13421342
SW ID 4319 1342 1940023
#
#Version 4319 1342 5 1
Enable Conductivity 4319 1342 Yes
#Node Description 4319 1342 Conductivity Sensor 1342
#Owner 4319 1342
#Mode 4319 1342 Smart Sensor Terminal342 1.500000+01
Location 4319
#
#Commands
Go_SUBCMD<CRLF> = Execute SUBCMD
Get_PROPERTY<CRLF> = Output PROPERTY value,++ Get_All<CRLF> = Output all property values.
Get_All Parameters<CRLF> = Output all parameter value.
Set_PROPERTY(V...V)<CRLF> = Set PROPERTY to V...V.
Set_Passkey(T)<CRLF> = Set Passkey.TT Serv

```

<그림 3-109> CT센서 시리얼 모니터링

<그림 3-109>는 아두이노(센서 모듈)에서 CT센서에서 나오는 값을 그대로 모니터링한 것이다. 이 중, 필요한 센서값 전송을 위해 다음의 절차로 파싱한다.

알고리즘 구현 절차

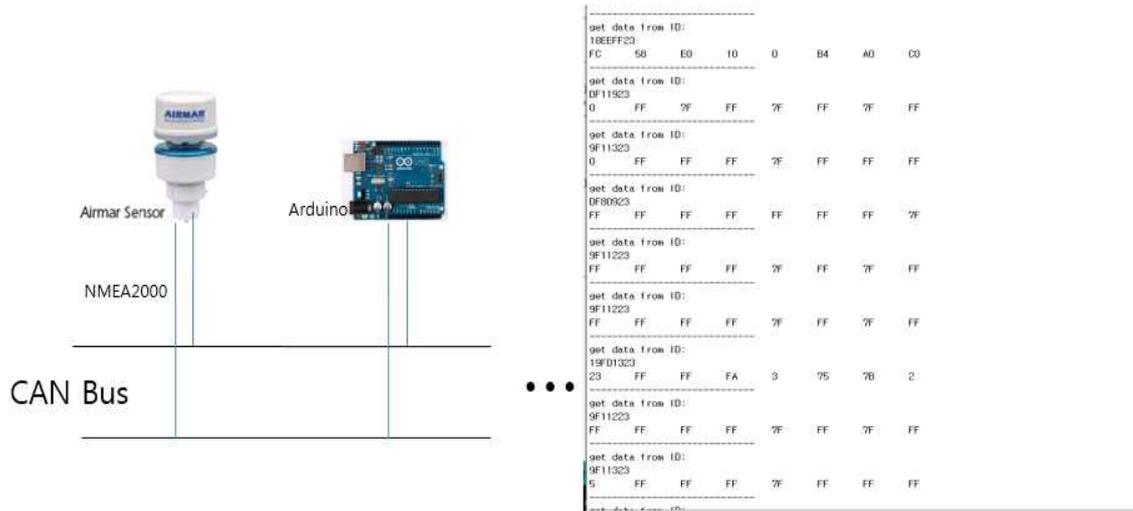


<그림 3-110> 센서값 파싱 알고리즘 구현 절차

모든 데이터는 ASCII코드로 전송되기 때문에 필요한 센서값만 파싱하기 위해서는 ASCII 코드를 상수로 바꾸어야 한다. CT센서에서 오는 값의 정확한 byte수를 알기 위해 체크한다. CT센서는 한 프레임의 온전한 데이터를 보낼 때 207byte를 사용한다는 것을 알았다. 아두이노 (센서 모듈)의 저장 공간에 207byte가 왔을 경우, 배열에 저장하여 보내기 때문에, 수신 중 다른 데이터를 받으면 이후 데이터를 다 받지 못하므로 버퍼용량을 늘린다. Software Serial을 지원하는 open source library의 버퍼용량을 64byte에서 256byte로 수정하였다. 커맨드입력에 의해 다양한 형태의 데이터를 표현하지 못하기 때문에 조건문을 사용하여, 받은 byte 수에 해당하는 값을 나타내는 알고리즘 설계한다.

(2) 기상센서

기상센서의 데이터 중 풍향, 풍속의 값은 <그림 3-111>과 같이 NMEA2000의 CAN형식으로 전송된다.



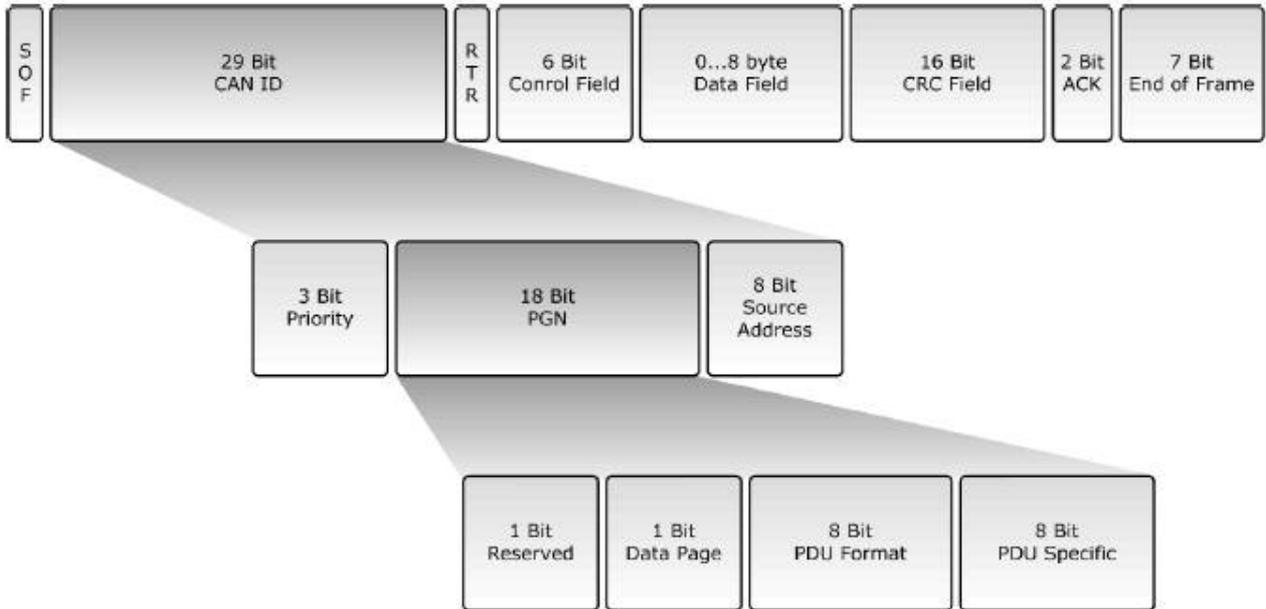
<그림 3-111> 기상센서값 출력

전송된 값은 모두 NMEA2000 프로토콜을 따른다. <표 3-22>는 NMEA2000의 데이터 목록 중 기상센서로부터 나오는 데이터 값을 체크한 것이다.

<표 3-22> 풍향센서 데이터 PGN List

DATA OUTPUT PROTOCOL	
127250	Vessel Heading
127251	Rate of Turn
129025	Position, Rapid Update
129029	GSP Position Data
129540	GNSS Sats in View
120306	Wind Data
130311	Environmental Parameters
130323	Meteological Station Data

PGN 130306에 해당하는 Wind Data 항목이 본 연구에서 필요한 데이터 값으로 풍향과 풍속으로 구성되어 있다.



<그림 3-112> CAN ID와 PGN의 구성

PGN은 CAN frame의 CAN ID부분에 정의되어 있다. 부이시스템에 필요한 센서 값들은 다음과 같이 파싱된다.

- CAN ID로부터 PGN를 추출한다.
- 추출된 PGN에 해당하는 데이터frame 분석한다.
- 추출된 데이터 가공한다.

5. IoT 플랫폼 시제품 제작

가. 개별 구성 모듈 구현 및 최적 결합 연구

본 연구에서 IoT 플랫폼 시제품 제작하는 데에 있어 개별 구성 모듈을 설계하고 구현하였다. 개별 구성 모듈들은 다양한 프로토콜을 가지는 센서로부터 프로토콜 통합 및 효율적 데이터 송수신이 가능한 스마트 센서 모듈의 역할을 수행한다. 또한 각 시제품의 방수를 위한 수밀 가공과 커넥터 연결을 위한 홀 가공 및 탭 가공으로 IoT 플랫폼 시제품 제작을 하였다.

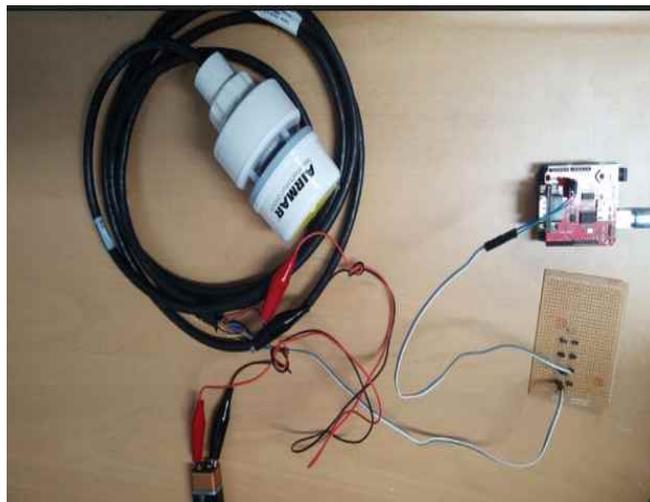
(1) 개별 구성 모듈 구현

먼저, 구현한 개별 구성 모듈 중 센서 모듈은 센서 유닛과 마이크로 컨트롤러 및 CAN Bus Shield로 구성되어 있고, 각 센서들은 NMEA0183, NMEA2000, UART 등 과 같은 다양한 종류의 인터페이스를 가지고 있다. <그림 3-113>은 구현한 CT센서 모듈을 나타낸다.



<그림 3-113> CT센서 모듈

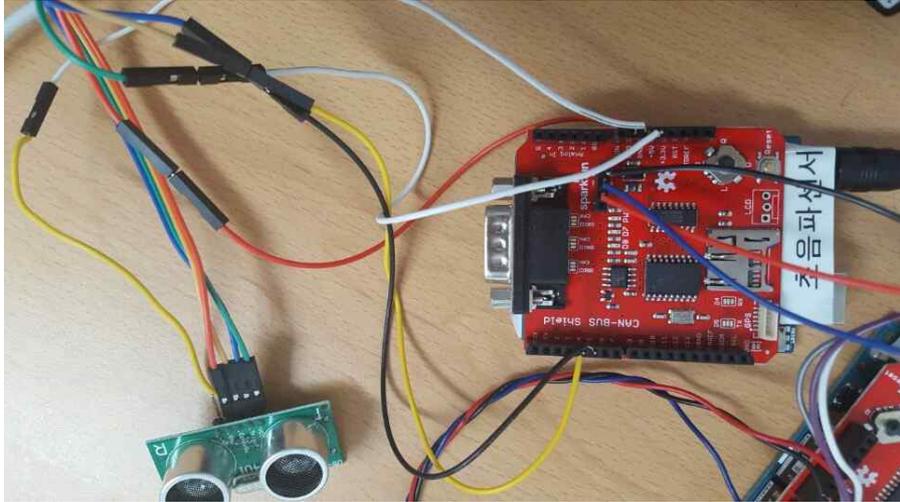
<그림 3-113>에서 구현한 CT 센서 모듈은 RS-232의 인터페이스를 가지며, 아두이노와의 연결을 위하여 RS-232 to TTL 변환 모듈을 이용하여 구현하였다.



<그림 3-114> 기상센서 모듈

<그림 3-114>에서 구현한 기상센서 모듈은 NMEA2000 의 인터페이스를 가지며, 이는 다

중 접속을 위한 CAN 인터페이스보드에 직접 연결되며, CAN 인터페이스 보드에 연결된 마이크로컨트롤러가 기상센서의 데이터를 수집하고 파싱하게 된다.



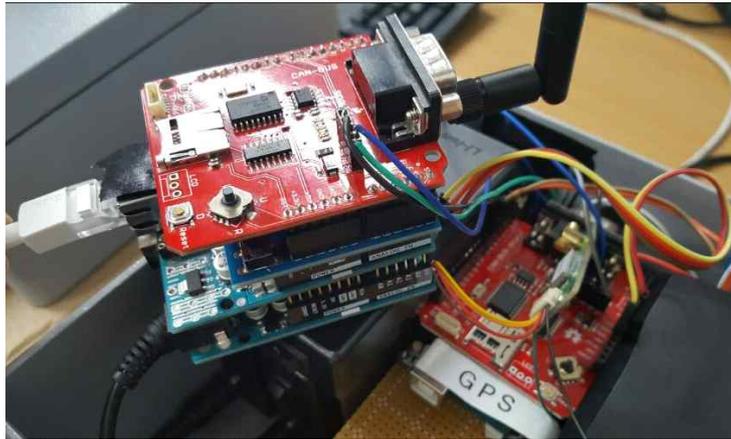
<그림 3-115> 초음파센서 모듈

<그림 3-115>에서 구현한 초음파 센서 모듈은 메시 네트워크를 이용한 부이 시스템에서 하위 부이에 구현되어 구성한다. 초음파 센서는 부이에 접근하는 물체를 감지하기 위해서 사용되고, 사용된 초음파 거리 센서는 HDME-007을 사용하였다. HDME-007의 측정거리는 20~3,500mm 이고 프로토콜은 시리얼(TTL) 통신방식을 사용하며, 통신속도는 9600bps 이다.



<그림 3-116> GPS 센서 모듈

<그림 3-116>에서 구현한 GPS 센서 모듈은 부이의 위치 파악에 이용되며, GPS 센서로부터 오는 정보 중, 위도와 경도 값을 파싱하여 CAN으로 전송하게 되고, 게이트웨이에서 위도, 경도값을 받아 원격지 DB서버로 전송한다. GPS는 AKMU2P 모듈을 적용한 AKBU2 고정밀 66채널 GPS 보드를 사용하였다. AKMU2P 모듈은 UART(TTL) 인터페이스를 사용하며 데이터 메시지 포맷은 NMEA0183 메시지 형태로 전송된다.



<그림 3-117> 설계한 해양 관측 부이의 게이트웨이

<그림 3-117>은 메인 부이의 게이트웨이를 나타낸다. 설계한 메인 부이의 게이트웨이는 개별 구성 모듈의 통합관리 및 모니터링이 가능하고, Xbee 모듈을 이용한 하위 부이들의 데이터 수집 및 LTE 라우터를 이용한 원격 데이터베이스 서버로의 데이터 전송이 가능하다.

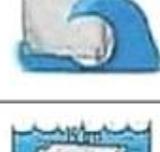
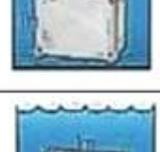


<그림 3-118> 게이트웨이용 LTE 라우터>

<그림 3-118>은 게이트웨이용 LTE라우터를 나타내고 있다. LTE 라우터는 커널아이의 KMK-P100과 CELOT 사의 CTR-230L 모두 사용하였으며, 모두 LTE 통신을 통해 원격지의 서버로 데이터 전송이 잘 이루어짐을 확인하였다.

(2) 수밀 가공을 위한 설계

본 연구에서 개발한 부이 시스템을 테스트하기 위한 시스템 탑재용 용기는 방수등급 IPX7~8을 적용하여 설계 및 제작하였다.

보호등급		설명		
0		보호안됨	전혀 보호 되지않음, OPEN 상태	
1		수직으로 떨어지는 물방울로부터 보호	낙수에 대한 보호	방적형
2		수직으로부터 15°이하로 직접 분사되는 액체로부터 보호	낙수에 대한 보호	방적형
3		수직으로부터 60°이하로 직접 분사되는 액체로부터 보호	물 분무에 대한 보호	방우형
4		모든 방향에서 분사되는 액체로부터 보호 (제한된 수준의 유입 허용)	물 튀김에 대한 보호	방말형
5		모든 방향에서 분사되는 낮은 수압의 물줄기로부터 보호 (제한된 수준의 유입 허용)	물 분사에 대한 보호 (소나기, 물 호스로 뿌려대는 상태)	방분류형
6		모든 방향에서 분사되는 높은 수압의 물줄기로부터 보호 (제한된 수준의 유입 허용)	강한 물 분사에 대한 보호 (폭풍우, 해일 상태)	내수형
7		15cm~1m 깊이의 물속에서 보호 (30분)	일시적인침수의 영향에 대한 보호	방침형
8		7등급보다 엄격한 조건 제조사와 사용자간에 협의한 조건	연속침수의 영향에 대한 보호	수중형

<그림 3-119> 방수 등급에 따른 분류

본 연구에 사용된 커넥터 및 알루미늄 박스는 수심 15cm~1m에서 물로부터 일정시간 침수되어도 보호될 수 있다.

(3) 부이 게이트웨이 탑재 용기의 홀 가공 및 탭 가공

커넥터 및 아크릴 파이프가 알루미늄박스와 연결될 수 있도록 구멍을 뚫는 홀 가공을 한다. 홀 가공 이후, 나사의 길이를 만들어 주는 탭 가공을 한다.



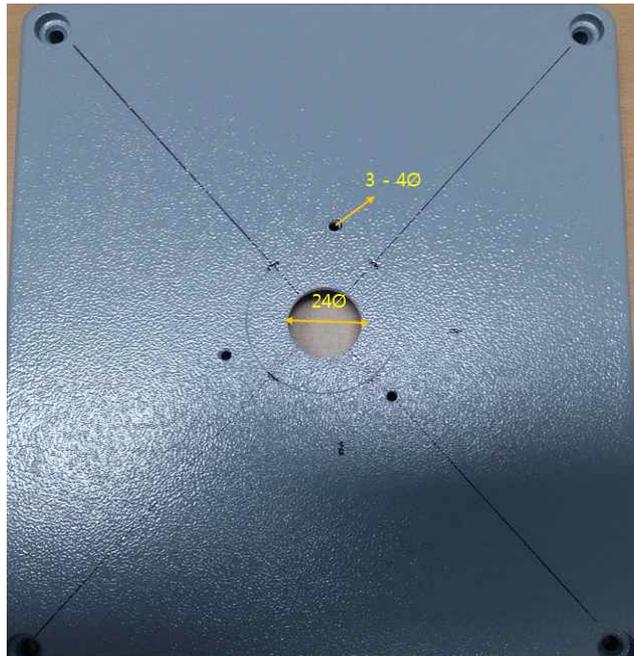
<그림 3-120> 커넥터를 위해 가공된 알루미늄 박스

<그림 3-120>은 200의 엔드밀로 알루미늄박스에 홀 가공을 한 것이다.



<그림 3-121> 가공된 알루미늄 박스에 설치된 커넥터

<그림 3-121>은 탭 가공이 완료된 알루미늄 박스에 커넥터를 결합시킨 것이다.



<그림 3-122> 브라켓용 홀 가공 및 탭 가공된 알루미늄 박스

<그림 3-122>는 탭 가공이 완료된 알루미늄 박스 뚜껑이다.

(4) 안테나용 아크릴파이프 설치

고무는 브라켓과 알루미늄박스 사이에 얇게 부착하여 물이 새지 않게 한다.



<그림 3-123> 가공을 끝낸 알루미늄박스 뚜껑부분

<그림 3-123>은 파이프를 설치하기 위한 브라켓 작업 및 고무패킹 작업을 완료한 사진이다.



<그림 3-124> 알루미늄박스 위에 설치된 아크릴 파이프

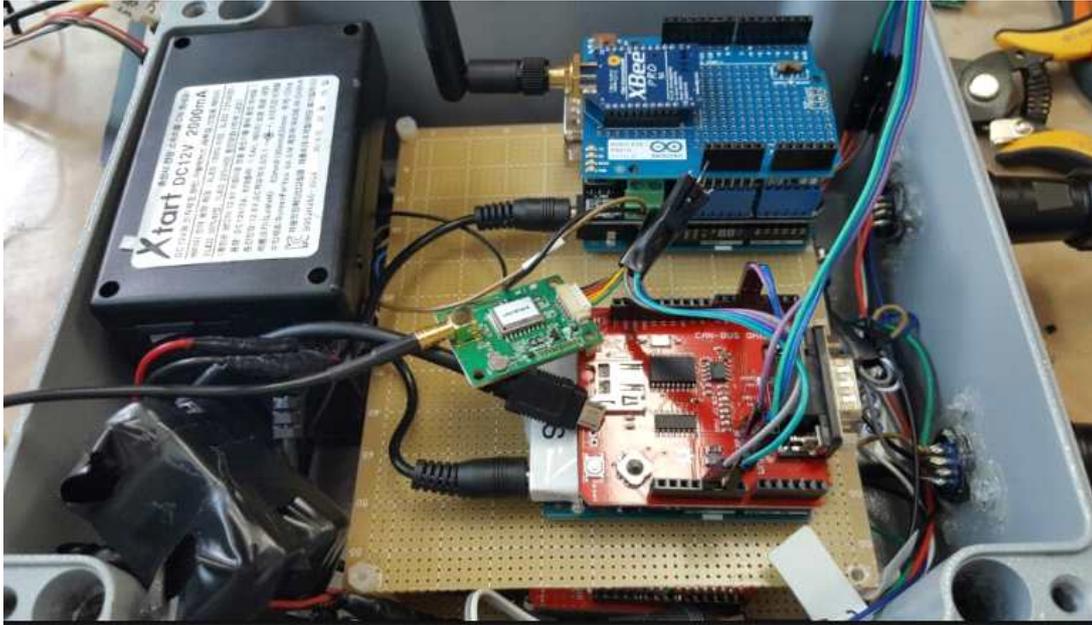
<그림 3-124>는 가공이 완료된 알루미늄 박스 위에 브라켓에 맞는 아크릴 파이프를 끼워 넣은 모습이다. 다음과 같은 가공과정으로 수밀 작업을 하였다.

- 홀가공 및 탭가공이 끝난 뒤, 브라켓의 사이즈에 맞춰 나사들의 홀가공 및 탭가공을 한다.
- 브라켓 사이즈에 맞춰 고무판을 잘라 대고 붙인다.
- 나사를 조여 고무와 브라켓이 공간이 없게 한 후, 아크릴 파이프를 끼워 넣는다.
- 효율적인 방열을 위한 전체 시스템 내부 구조 설정



<그림 3-125> 효율적인 방열을 위한 배터리 배치 구조

효율적인 방열을 위한 전체 시스템 내부 배터리 배치 구조는 <그림 3-125>와 같다. 배치된 배터리 외에 열을 발산하는 기기가 많기 때문에, 배터리 외에 탑재되는 하드웨어와 충분한 거리를 두어 배치하고, 시스템 내부의 벽면 끝 모서리 부분에 구성하여 효율적인 열 분배가 가능하도록 배치하였다.

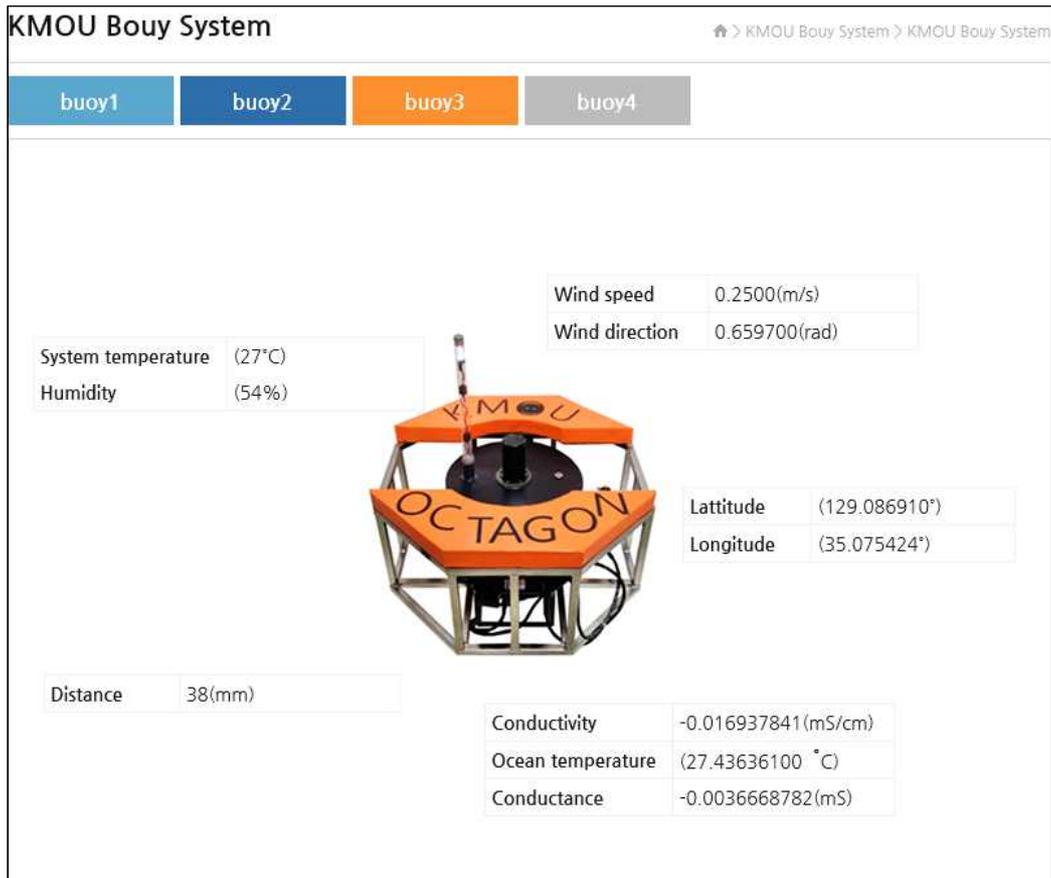


<그림 3-125> 효율적인 방열을 위한 시스템 내부 구조

<그림 3-125>는 전체 시스템 내부 구조를 나타낸다. 가장 발열량이 많은 아두이노(센서 모듈, 게이트웨이)는 서로 방열이 쉽도록 거리를 두어 배치하였고, 2 층형 배치구조를 만들어 센서 모듈에 해당하는 아두이노는 1층에, 게이트웨이에 해당하는 아두이노는 2층에 배열하여 방열이 쉽게 되도록 하였다.

나. 원격 모니터링을 위한 데이터베이스 및 화면 구성

<그림 3-126>은 본 연구과제에서 개발한 부이를 활용하여 측정된 정보를 원격지 모니터링 사이트의 데이터베이스에 저장하고 이를 모니터링하기 위한 화면 구성을 나타낸다. 또한, 개발된 모니터링 어플리케이션은 Ad-hoc 네트워크로 연결된 다수의 부이에서 측정된 정보를 모두 모니터링할 수 있다. 모니터링 화면은 웹 기반의 어플리케이션으로 개발함으로써 사용자 단말기의 종류에 상관없이 모니터링이 가능하다.



<그림 3-126> 개발된 웹 모니터링 구성 화면

6. 시제품 성능 시험

가. 개별 구성요소의 성능 확보를 위한 시험

개별 구성요소의 동작 상태와 성능확보를 위해 각각 모듈별로 실험을 진행하였다. 크게 센서 모듈 부, 게이트웨이 부, DB서버로 나누어져 있는데, 각각의 내부 상황 모니터링을 하였다. 또한, 하드웨어 부분의 수밀테스트도 각각 파트별로 나누어 실험하였다.

<그림 3-127>은 센서유닛-아두이노(센서 모듈)통신이 잘 되는지 확인을 하기 위하여 CT 센서 유닛에서 UART 형식으로 아두이노(센서 모듈)에서 모니터링한 결과이다.

(1) 개별 구성 모듈의 동작 시험

Measurement ID	Conductivity (aS/cm)	Temperature (Deg. C)	Conductance (aS)
4319	-2.091900E-03	1.018488E+01	4.528761E-04
4319	-2.044565E-03	1.022719E+01	4.426241E-04
4319	-1.982322E-03	1.026300E+01	4.291534E-04
4319	-1.870846E-03	1.030305E+01	4.178286E-04
4319	-1.805014E-03	1.034375E+01	4.066932E-04
4319	-1.755957E-03	1.048745E+01	3.907881E-04
4319	-1.704346E-03	1.053475E+01	3.695236E-04
4319	-1.643125E-03	1.059044E+01	3.572059E-04
4319	-1.600174E-03	1.062824E+01	3.454222E-04
4319	-1.549144E-03	1.067645E+01	3.352163E-04
4319	-1.483888E-03	1.072545E+01	3.212630E-04
4319	-1.432227E-03	1.078264E+01	3.100634E-04
4319	-1.380393E-03	1.084834E+01	2.944694E-04
4319	-1.314340E-03	1.089042E+01	2.846718E-04
4319	-1.254831E-03	1.093597E+01	2.788237E-04
4319	-1.210866E-03	1.098635E+01	2.621412E-04
4319	-1.159658E-03	1.103345E+01	2.510548E-04
4319	-1.104584E-03	1.108388E+01	2.391338E-04

<그림 3-127> 아두이노(센서 모듈)에서 모니터링한 결과

<그림 3-128>은 아두이노(센서 모듈)-아두이노(게이트웨이)통신이 잘 되는지 확인을 하기 위하여 센서 모듈에서의 파싱값을 게이트웨이에서 모니터링한 결과이다.

Temperature:	2.428082E+01
Conductance:	-1.853704E-03
Conductivity:	-6.389133E-03
Temperature:	2.428082E+01
Conductance:	-1.383185E-03
Conductivity:	-8.930909E-03
Temperature:	2.427262E+01
Conductance:	-1.933455E-03
Conductivity:	-6.031765E-03
Temperature:	2.427427E+01
Conductance:	-1.305819E-03
Conductivity:	-8.932011E-03
Temperature:	2.427098E+01
Conductance:	-1.933694E-03
Conductivity:	-6.402899E-03
Temperature:	2.426278E+01
Conductance:	-1.386166E-03
Conductivity:	-8.572440E-03
Temperature:	2.426770E+01
Conductance:	-1.855850E-03
Conductivity:	-6.406203E-03
Temperature:	2.425951E+01
Conductance:	-1.386881E-03
Conductivity:	-8.582352E-03
Temperature:	2.425622E+01
Conductance:	-1.857996E-03
Conductivity:	-6.408956E-03
Temperature:	2.425622E+01
Conductance:	-1.387477E-03

<그림 3-128> 아두이노(게이트웨이)의 모니터링 결과

<그림 3-129>는 아두이노(게이트웨이)-DB서버 통신 확인을 위해 CT 데이터, 풍향 데이터 값 DB 서버 PC에서 모니터링한 결과이다.

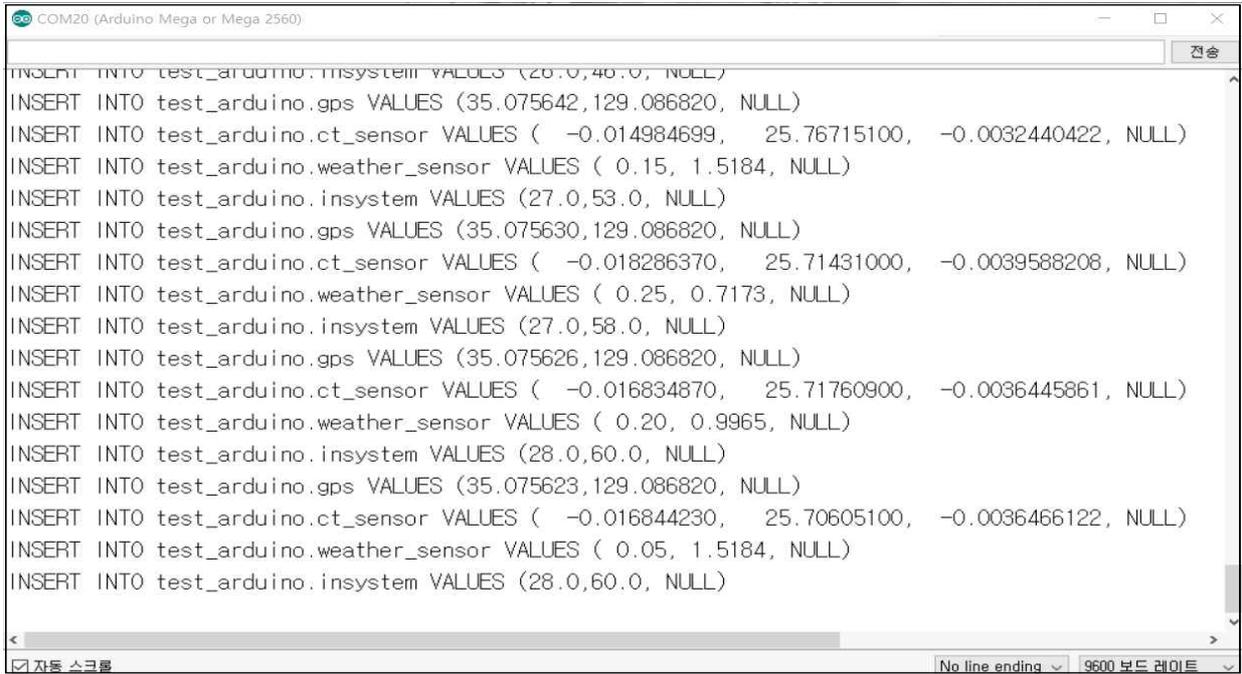
	conductivity	temperature	conductance	ct_date	wind_speed	wind_dir	date
<input type="checkbox"/>	-0.013253470	25.66643100	-0.0028692484	2016-05-23 12:52:56	0.1000	3.103100	2016-04-14 16:16:55
<input type="checkbox"/>	-0.013203909	25.72916000	-0.0028585200	2016-05-23 12:53:00	0.2000	2.321200	2016-04-14 16:17:03
<input type="checkbox"/>	-0.013245208	25.67633100	-0.0028674603	2016-05-23 12:53:04	0.1500	3.103100	2016-04-14 16:17:11
<input type="checkbox"/>	-0.013225388	25.70275100	-0.0028631692	2016-05-23 12:53:16	0.1000	3.103100	2016-04-14 16:17:19
<input type="checkbox"/>	-0.016111322	25.71595800	-0.0034879453	2016-05-23 12:53:34	0.1500	3.103100	2016-04-14 16:17:27
<input type="checkbox"/>	-0.015766071	25.69450200	-0.0034132004	2016-05-23 12:53:38	0.1500	3.103100	2016-04-14 16:17:35
<input type="checkbox"/>	-0.015372899	25.73411900	-0.0033280852	2016-05-23 12:53:42	0.1500	3.103100	2016-04-14 16:17:43
<input type="checkbox"/>	-0.015375658	25.73082000	-0.0033286812	2016-05-23 12:53:46	0.1000	3.103100	2016-04-14 16:17:51
<input type="checkbox"/>	-0.015584899	25.69450200	-0.0033739812	2016-05-23 12:53:50	0.1500	3.103100	2016-04-14 16:17:59
<input type="checkbox"/>	-0.015922451	25.72587000	-0.0034470563	2016-05-23 12:53:54	0.2000	-2.834400	2016-04-14 16:18:07
<input type="checkbox"/>	-0.015757261	25.70605100	-0.0034112933	2016-05-23 12:53:58	0.1500	3.103100	2016-04-14 16:18:15
<input type="checkbox"/>	-0.015370699	25.73743100	-0.0033276083	2016-05-23 12:54:02	0.1500	3.103100	2016-04-14 16:18:23
<input type="checkbox"/>	-0.012850950	25.71760900	-0.0027821062	2016-05-23 12:54:17	0.1500	3.103100	2016-04-14 16:18:31
<input type="checkbox"/>	-0.015746789	25.71925000	-0.0034090285	2016-05-23 12:54:31	0.1000	3.103100	2016-04-14 16:18:39
<input type="checkbox"/>	-0.015361341	25.74898700	-0.0033255823	2016-05-23 12:54:49	0.1500	3.103100	2016-04-14 16:18:47
<input type="checkbox"/>	-0.013190698	25.74568000	-0.0028556595	2016-05-23 12:55:05	0.1500	3.103100	2016-04-14 16:18:55
<input type="checkbox"/>	-0.013029359	25.72090900	-0.0028207302	2016-05-23 12:55:16	0.1000	3.103100	2016-04-14 16:19:03
<input type="checkbox"/>	-0.013578898	25.71265000	-0.0029397013	2016-05-23 12:55:20	0.1000	3.103100	2016-04-14 16:19:11
<input type="checkbox"/>	-0.013225388	25.70275100	-0.0028631692	2016-05-23 12:55:28	0.1500	3.103100	2016-04-14 16:19:19
<input type="checkbox"/>	-0.015770471	25.68954100	-0.0034141543	2016-05-23 12:55:46	0.1500	3.103100	2016-04-14 16:19:27
<input type="checkbox"/>	-0.015375658	25.73082000	-0.0033286812	2016-05-23 12:55:50	0.1500	3.103100	2016-04-14 16:19:35
<input type="checkbox"/>	-0.015947230	25.69450200	-0.0034524205	2016-05-23 12:55:54	0.1500	3.103100	2016-04-14 16:19:43
<input type="checkbox"/>	-0.016115170	25.71099900	-0.0034887793	2016-05-23 12:55:58	0.1000	3.103100	2016-04-14 16:19:51
<input type="checkbox"/>	-0.015366849	25.74238000	-0.0033267743	2016-05-23 12:56:02	0.1500	3.103100	2016-04-14 16:19:59
<input type="checkbox"/>	-0.013391678	25.72090900	-0.0028991702	2016-05-23 12:56:15	0.1500	3.103100	2016-04-14 16:20:07
<input type="checkbox"/>	-0.013227588	25.69944200	-0.0028636463	2016-05-23 12:56:21	0.1500	3.103100	2016-04-14 16:20:15
<input type="checkbox"/>	-0.015543049	25.74733900	-0.0033649211	2016-05-23 12:56:38	0.1000	3.103100	2016-04-14 16:20:23
<input type="checkbox"/>	-0.015946129	25.69614200	-0.0034521823	2016-05-23 12:56:42	0.1500	3.103100	2016-04-14 16:20:31
<input type="checkbox"/>	-0.015389421	25.71265000	-0.0033316612	2016-05-23 12:56:46	0.1500	3.103100	2016-04-14 16:20:39

<그림 3-129> DB서버에서 모니터링한 결과

(가) 게이트웨이간 통신

<그림 3-130>은 게이트웨이간 통신을 위하여 Xbee를 사용하여, 송신측의 시리얼 모니터링한 결과이다. 센서는 GPS, 온습도센서, CT센서, 풍향센서를 사용하였다.

① Xbee송신 게이트웨이

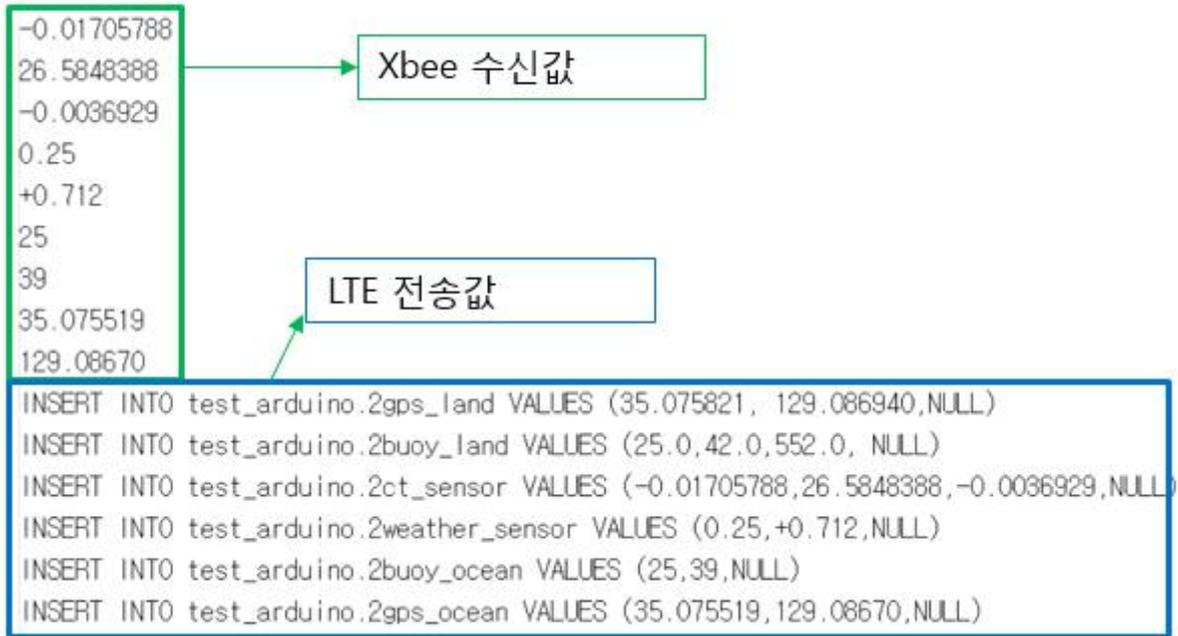


```
COM20 (Arduino Mega or Mega 2560) 전송
INSERT INTO test_arduino.insystem VALUES (28.0,40.0, NULL)
INSERT INTO test_arduino.gps VALUES (35.075642,129.086820, NULL)
INSERT INTO test_arduino.ct_sensor VALUES ( -0.014984699, 25.76715100, -0.0032440422, NULL)
INSERT INTO test_arduino.weather_sensor VALUES ( 0.15, 1.5184, NULL)
INSERT INTO test_arduino.insystem VALUES (27.0,53.0, NULL)
INSERT INTO test_arduino.gps VALUES (35.075630,129.086820, NULL)
INSERT INTO test_arduino.ct_sensor VALUES ( -0.018286370, 25.71431000, -0.0039588208, NULL)
INSERT INTO test_arduino.weather_sensor VALUES ( 0.25, 0.7173, NULL)
INSERT INTO test_arduino.insystem VALUES (27.0,58.0, NULL)
INSERT INTO test_arduino.gps VALUES (35.075626,129.086820, NULL)
INSERT INTO test_arduino.ct_sensor VALUES ( -0.016834870, 25.71760900, -0.0036445861, NULL)
INSERT INTO test_arduino.weather_sensor VALUES ( 0.20, 0.9965, NULL)
INSERT INTO test_arduino.insystem VALUES (28.0,60.0, NULL)
INSERT INTO test_arduino.gps VALUES (35.075623,129.086820, NULL)
INSERT INTO test_arduino.ct_sensor VALUES ( -0.016844230, 25.70605100, -0.0036466122, NULL)
INSERT INTO test_arduino.weather_sensor VALUES ( 0.05, 1.5184, NULL)
INSERT INTO test_arduino.insystem VALUES (28.0,60.0, NULL)
자동 스크롤 No line ending 9600 보드 레이아웃
```

<그림 3-130> Xbee송신 게이트웨이

② Xbee수신 게이트웨이

<그림 3-131>은 게이트웨이 간 통신을 위하여 Xbee를 사용하여, 수신 측의 시리얼 모니터링한 결과이다. 먼저 Xbee값을 받은 후, LTE로 전송하는 구문을 나타내었다. 센서는 GPS, 온습도 센서, CT 센서, 풍향 센서, 초음파센서를 사용하였다.



<그림 3-131> Xbee수신 게이트웨이

(2) 커넥터 및 센서 부분의 수밀 실험

커넥터 암(알루미늄박스 부),수(센서 부)결합부분, 커넥터 수(센서 부)와 센서, 커넥터 암(알루미늄박스 부)과 알루미늄박스 총3부분의 수밀 실험 진하였다. 커넥터 수(알루미늄박스 부)와 알루미늄박스 부의 수밀실험은 나머지 부분의 방수상태가 양호하다고 가정을 하고 진행하였다. 그 후에 고무테이프로 커넥터 결합 부분을 막고 물에 담가서 24시간 진행하였다.



<그림 3-132> 테스트 전 수밀처리를 한 알루미늄박스

<그림 3-132>는 커넥터 수(알루미늄박스 부)의 방수실험을 위해 연결부분을 막아놓은 모습이다.



<그림 3-133> 커넥터 수(알루미늄박스 부)의 방수실험

<그림 3-133>은 방수실험을 위해 해역과 동일한 수압환경 조성을 위해 손으로 눌러 확인하는 모습이다.



<그림 3-134> 커넥터 암(센서 부)의 방수실험을 위해 커넥터부분을 막아놓은 사진

<그림 3-134>는 넥터 암(센서 부)을 나타낸다. 센서부의 수밀실험을 위하여 커넥터 한쪽 부분을 막아 놓았다.



<그림 3-135> 커넥터 암(센서 부)의 방수실험

<그림 3-135>는 고무테이프로 커넥터 암(센서 부)을 막고 센서와 함께 물에 담가서 24시간 진행한 실험을 나타낸다.

(가) 실험 진행 절차

실험절차는 다음과 같은 방법으로 진행하였다.

- 커넥터 수(알루미늄박스 부),암(센서 부)결합부분은 위 2)와 3) 수밀상태가 양호하다고 가정하고, 전체 시스템을 넣어 실험한다.
- 위쪽 브라켓 부분은 수밀상태가 양호하다고 가정한다.
- 해역에서는 시스템이 물에 잠길 우려가 있기 때문에, 알루미늄 박스는 물에 잠긴 채로 실험한다.



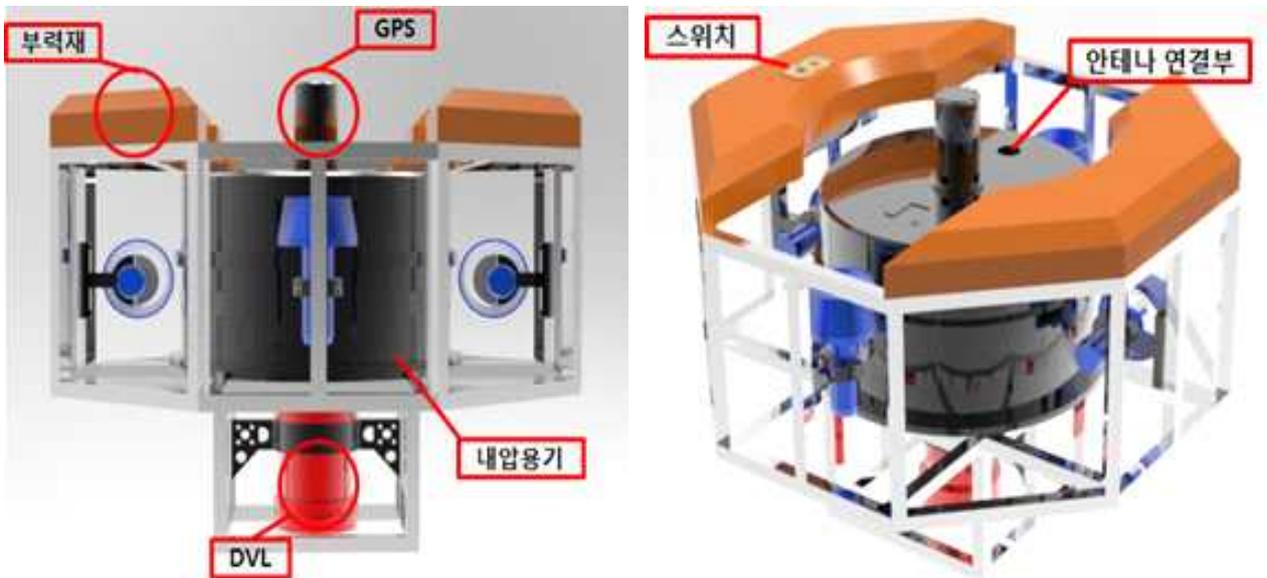
<그림 3-136> 종합 방수테스트

<그림 3-136>은 수밀테스트가 끝난 파트를 결합하여 종합 방수테스트를 하는 모습이다.

나. 해양 관측용 부이의 제작 및 시험

(1) 해양 관측용 부이 몸체의 설계 및 제작

본 과제에서 개발하는 해양 IoT 표준 플랫폼을 탑재하고 기초 성능을 확인할 수 있도록 연안 시험용 소형 부이를 설계 및 제작하였다. 개발된 시험용 부이는 해양 IoT 표준 플랫폼 시제품을 탑재하여 각 시제품별 성능 시험을 수행할 수 있다. 고속 통신 모듈의 통신 성능을 확인하기 위하여 안테나 방향각을 유지하기 위한 위치 및 자세제어가 요구되며, Hovering-type 으로 설계 및 제작하여 운동 성능을 극대화하였다. 설계된 부이는 2개의 수직추진기를 이용한 수심제어를 통해 수심별 해양관측이 가능하다. 오픈프레임 형태의 부이로 다수의 해양관측용 센서를 탑재하여 운용이 가능하다.



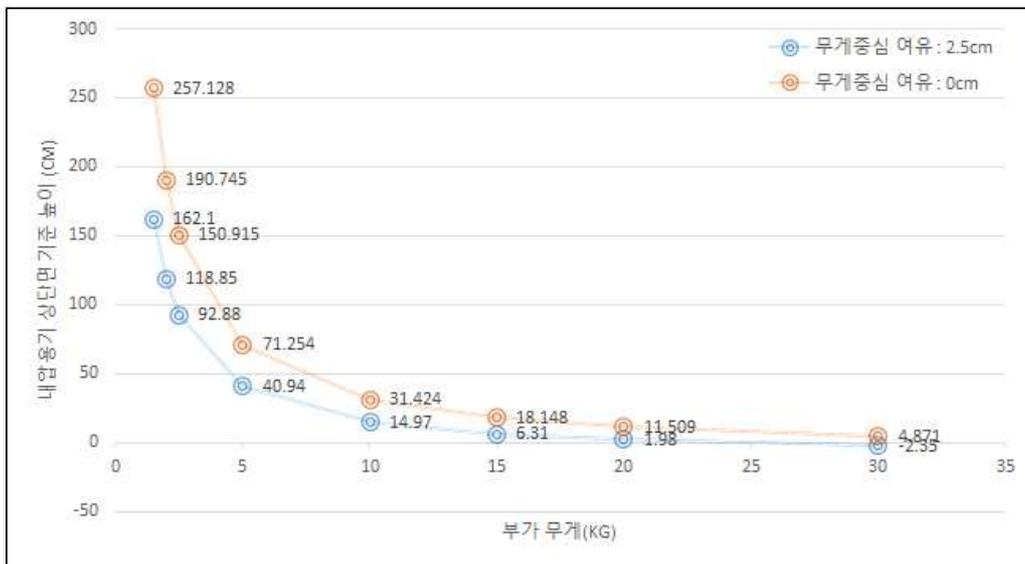
<그림 3-137> design of the testing Buoy for ocean observation>

<표 3-23> Specification of the testing Buoy for ocean observation

Item	Dimension
크 기	736(L) × 736(W) × 600(H) [mm]
무 게	50kgf (in air)
수 심	10m
추진기	350watt × 2EA 300watt × 2EA
제어보드	On board computer NI DAQ Board
통신방식	RS-232, Wifi
배터리	25.7V-6.6AH (LPB) × 6EA
위치 및 자세 계측용 센서	DVL(Doppler Velocity Log) TCM5(3-axis gyro-compass) Pressure Sensor GPS

(2) 탑재 가능한 시제품의 최대 규격 분석

해양관측용 부이의 각 요소별 무게중심과 부력중심을 분석하여 탑재 가능한 시제품의 최대 규격을 분석하여 시제품의 설계 조건으로 활용하였다. <그림 3-138>은 부가되는 무게에 따른 최고 무게 중심의 높이를 나타내었으며, 무게중심과 부력중심의 차이에 의한 여유가 없을 때와 2.5cm의 여유가 있을 때 두 경우에 대해 분석하였다.



<그림 3-138> Analysis of the center of gravity and Buoyancy

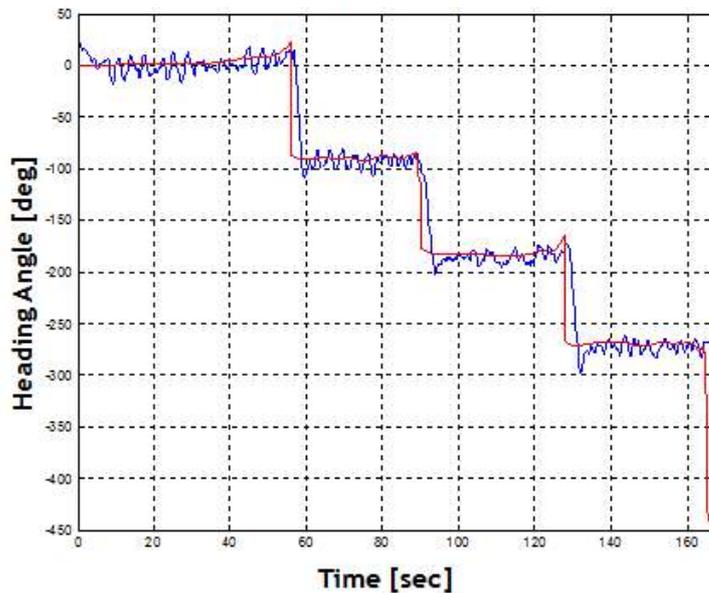
(3) 해양관측용 부이의 자세위치제어 성능을 확인하기 위한 실험역 실험

한국해양대학교 내 요트계류장에서 실험역 실험을 수행하였다.

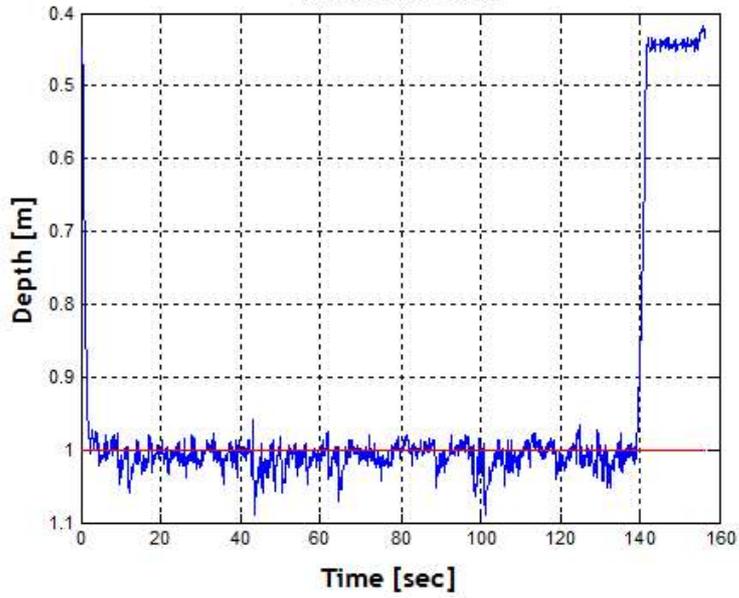


<그림 3-139> Location for field-test of the testing Buoy

위치 및 자세제어를 위한 기초 성능시험으로 방향각 제어, 수심 제어의 실험역 실험을 수행함. 방향각 제어에서는 시간에 따라 변하는 목표 방향각을 추종함을 확인할 수 있으며 수심 제어에서는 목표 수심 1m를 추종하는 것을 확인하였다.

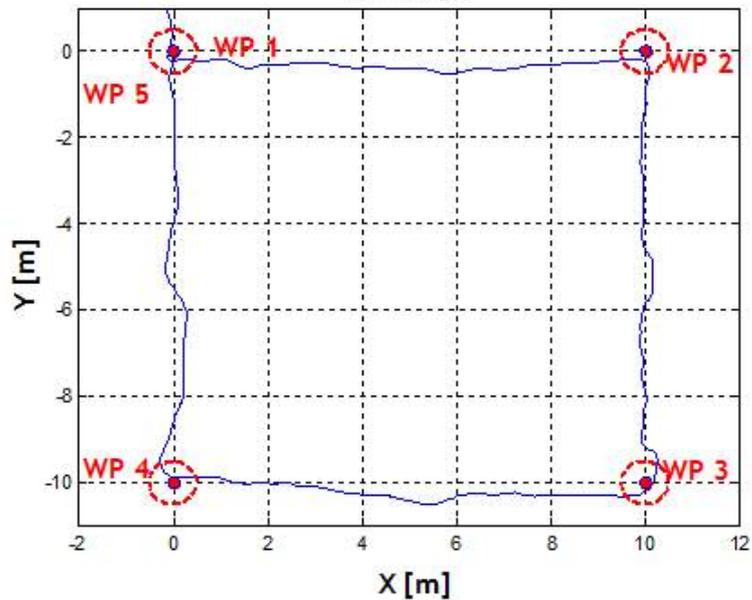


<그림 3-140> Heading control of the testing Buoy



<그림 3-141> Depth control of the testing Buoy

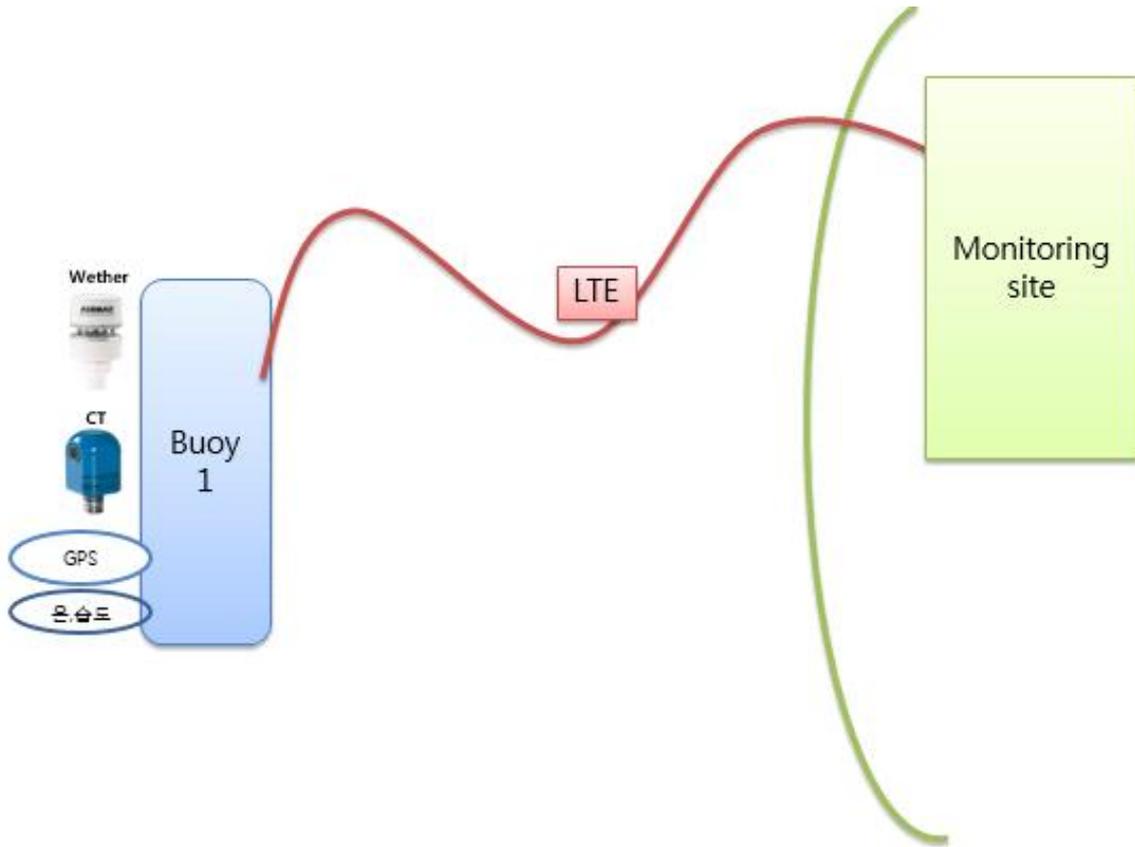
경유점(way-point) 추종제어를 수행함으로써 해양관측용 부이의 위치 및 자세제어 성능을 확인하였다.



<그림 3-142> Way-point following control of the testing Buoy

실해역 실험을 통해 시험용 부이의 운동 성능 및 제어성능을 확인하였다.

(2) IoT 플랫폼을 탑재한 해양관측용 부이의 실험해역 실험



<그림 3-143> 실험 모식도

한국해양대학교 내항의 수심 6m의 해역에서 실험해역 실험을 수행하였다. 스마트 센서 플랫폼과 통신네트워크 모듈이 통합된 IoT 플랫폼을 해양관측용 부이에 탑재하고 CT(Conductivity and Temperature) 센서와 기상 센서, GPS, 온습도 센서를 해양관측용 부이에 탑재하여 해양 정보 계측하였다. IoT 플랫폼의 통신네트워크 모듈을 통해 육상의 서버로 계측된 해양 정보 송신하였다.

(가) 실험과정

해역으로 나가기 전 테스트를 하고, 해역으로 나가서 테스트를 한다. 테스트는 입수 전, 후로 나누어 서버 PC에서 그 값을 모니터링한다. 해역으로 나가기 전 테스트를 진행하였다.



<그림 3-144> 좌: 부이 외부모습, 우: 부이 내부모습

<그림 3-144>는 테스트를 위한 부이 시스템을 나타낸 것이다. 해역 테스트를 위해 방수테스트를 선행 실험하였고, 동작상태가 정상인지 모두 확인하였다.

① DB값 확인(입수 전)

temperature	humidity	date
24	45	2016-05-29 17:59:20
24	45	2016-05-29 17:59:43
24	45	2016-05-29 18:00:06
24	45	2016-05-29 18:02:04
24	46	2016-05-29 18:02:26
24	46	2016-05-29 18:02:33
24	46	2016-05-29 18:02:54
24	46	2016-05-29 18:03:17
24	46	2016-05-29 18:03:39
24	46	2016-05-29 18:04:01
24	46	2016-05-29 18:06:07
24	46	2016-05-29 18:06:29
24	46	2016-05-29 18:06:38
24	46	2016-05-29 18:06:46
24	47	2016-05-29 18:06:53
24	47	2016-05-29 18:07:00
24	47	2016-05-29 18:07:07
25	46	2016-05-29 18:07:13
24	47	2016-05-29 18:07:20
46	25	2016-05-29 18:07:28
25	46	2016-05-29 18:07:36
24	47	2016-05-29 18:07:43
24	47	2016-05-29 18:07:51
25	46	2016-05-29 18:07:59
24	46	2016-05-29 18:08:07
24	47	2016-05-29 18:08:13
25	46	2016-05-29 18:08:21
25	46	2016-05-29 18:08:28
25	46	2016-05-29 18:08:35
25	46	2016-05-29 18:08:43

longitude	latitude	gps_date
35.074627	129.085770	2016-05-29 18:02:05
35.074635	129.085770	2016-05-29 18:02:27
35.074638	129.085770	2016-05-29 18:02:34
35.074638	129.085770	2016-05-29 18:02:55
35.074638	129.085770	2016-05-29 18:03:18
35.074638	129.085770	2016-05-29 18:03:40
35.074638	129.085770	2016-05-29 18:04:02
35.074650	129.085770	2016-05-29 18:06:08
35.074650	129.085780	2016-05-29 18:06:30
35.074650	129.085780	2016-05-29 18:06:39
35.074650	129.085780	2016-05-29 18:06:47
35.074650	129.085780	2016-05-29 18:06:54
35.074650	129.085780	2016-05-29 18:07:01
35.074650	129.085780	2016-05-29 18:07:06
35.074650	129.085780	2016-05-29 18:07:14
35.074650	129.085780	2016-05-29 18:07:21
35.074650	129.085780	2016-05-29 18:07:29
35.074650	129.085780	2016-05-29 18:07:37
35.074650	129.085780	2016-05-29 18:07:44
35.074650	129.085780	2016-05-29 18:07:52
35.074650	129.085780	2016-05-29 18:08:00
35.074650	129.085780	2016-05-29 18:08:08
35.074650	129.085780	2016-05-29 18:08:14
35.074650	129.085780	2016-05-29 18:08:22
35.074650	129.085780	2016-05-29 18:08:29
35.074650	129.085780	2016-05-29 18:08:36
35.074650	129.085780	2016-05-29 18:08:44
35.074642	129.085780	2016-05-29 18:08:52
35.074642	129.085780	2016-05-29 18:09:00
35.074642	129.085780	2016-05-29 18:09:09

<그림 3-145> 좌: 내부온습도, 우:GPS

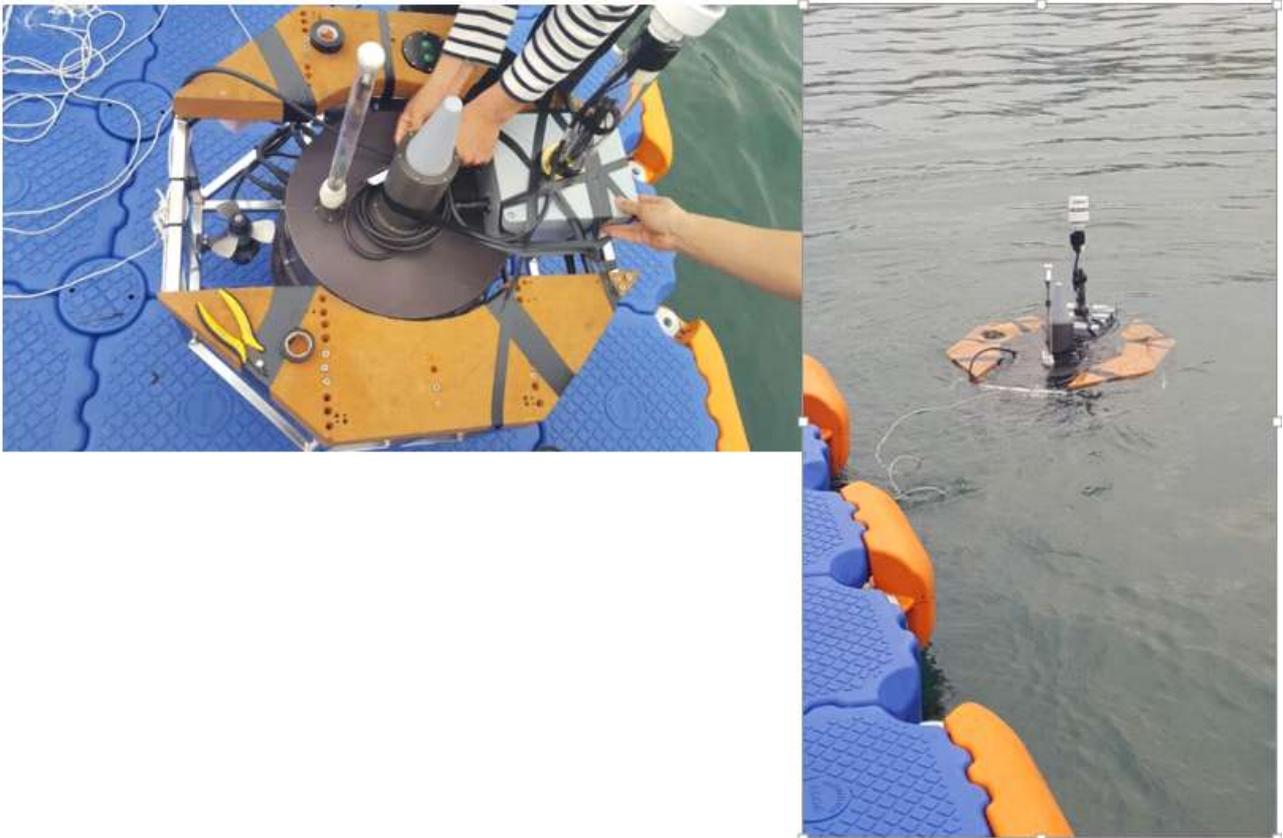
wind_speed	wind_dir	wind_date
2.88	-2.0455	2016-05-29 17:59:19
1.69	2.8989	2016-05-29 17:59:42
2.62	-2.2672	2016-05-29 18:00:05
0.00	0.0000	2016-05-29 18:02:03
0.00	0.0000	2016-05-29 18:02:25
2.00	2.9355	2016-05-29 18:02:32
1.54	2.7296	2016-05-29 18:02:53
0.97	2.6685	2016-05-29 18:03:16
1.28	-2.9950	2016-05-29 18:03:38
0.46	1.2985	2016-05-29 18:04:00
0.00	0.0000	2016-05-29 18:06:06
0.00	0.0000	2016-05-29 18:06:28
0.87	2.5184	2016-05-29 18:06:37
1.80	-1.8309	2016-05-29 18:06:45
0.46	1.7121	2016-05-29 18:06:52
1.23	-1.8850	2016-05-29 18:06:59
0.41	-0.7750	2016-05-29 18:07:06
0.51	0.0610	2016-05-29 18:07:12
0.61	-0.5777	2016-05-29 18:07:19
0.20	-0.7924	2016-05-29 18:07:27
2.16	-0.7785	2016-05-29 18:07:35
0.61	-1.5778	2016-05-29 18:07:42
1.69	-1.4207	2016-05-29 18:07:50
0.46	-0.7942	2016-05-29 18:07:58
1.13	-0.7034	2016-05-29 18:08:06
0.87	-1.7070	2016-05-29 18:08:12
1.08	-2.3143	2016-05-29 18:08:20
1.44	-1.6127	2016-05-29 18:08:27
0.97	-1.1380	2016-05-29 18:08:34
0.15	1.5498	2016-05-29 18:08:42

conductivity	temperature	conductance	ct_date
0.00000000	0.00000000	0.0000000000	2016-05-29 17:58:12
0.00000000	0.00000000	0.0000000000	2016-05-29 17:58:34
0.00000000	0.00000000	0.0000000000	2016-05-29 17:58:56
0.00000000	0.00000000	0.0000000000	2016-05-29 17:59:18
0.00000000	0.00000000	0.0000000000	2016-05-29 17:59:41
0.00000000	0.00000000	0.0000000000	2016-05-29 18:00:04
0.00000000	25.05321900	-0.0023864512	2016-05-29 18:02:02
0.00000000	25.05321900	-0.0023864512	2016-05-29 18:02:24
-0.008483786	25.05815100	-0.0018366580	2016-05-29 18:02:31
-0.008483786	25.05815100	-0.0018366580	2016-05-29 18:02:52
-0.008483786	25.05815100	-0.0018366580	2016-05-29 18:03:15
-0.008483786	25.05815100	-0.0018366580	2016-05-29 18:03:37
-0.008483786	25.05815100	-0.0018366580	2016-05-29 18:03:59
-0.008483786	25.05815100	-0.0018366580	2016-05-29 18:04:21
-0.018736789	25.14540900	-0.0040563340	2016-05-29 18:06:05
-0.018736789	25.14540900	-0.0040563340	2016-05-29 18:06:27
-0.019330390	25.31015000	-0.0041848421	2016-05-29 18:06:36
-0.006815884	25.56245000	-0.0014755451	2016-05-29 18:06:44
-0.006592873	25.61525700	-0.0014272931	2016-05-29 18:06:51
-0.009293234	25.63671100	-0.0020118947	2016-05-29 18:06:58
-0.006921608	25.65816900	-0.0014984610	2016-05-29 18:07:05
-0.009628029	25.67137900	-0.0020843740	2016-05-29 18:07:11
-0.009614262	25.68788900	-0.0020813937	2016-05-29 18:07:18
-0.006706855	25.70109900	-0.0014519261	2016-05-29 18:07:26
-0.007050459	25.72421100	-0.0015263262	2016-05-29 18:07:34
-0.006680424	25.73411900	-0.0014462472	2016-05-29 18:07:41
-0.009567454	25.74733900	-0.0020712968	2016-05-29 18:07:49
-0.009561999	25.75558100	-0.0020699834	2016-05-29 18:07:57
-0.009555892	25.76219900	-0.0020687869	2016-05-29 18:08:05
-0.009924274	25.75393900	-0.0021485088	2016-05-29 18:08:11

<그림 3-146> 좌: 기상센서, 우: CT센서

<그림 3-145> 및 <그림 3-146>은 입수 전, 센서값들을 DB서버 PC에서 모니터링한 것이다. 시간차 순으로 변하는 값을 표시하였다. 같은 위치에서 실험하였기 때문에 위도와 경도값은 변화 값이 매우 미미하다. 풍향, 풍속 값은 전체적으로 골고루 바뀌므로 바람이 한쪽 방향으로 불지 않는다는 것을 알 수 있다.

② 부이와 결속 후 입수



<그림 3-147> 좌: 시스템 결속 중, 우: 부이를 띄운 모습

<그림 3-147>은 부이에 시스템을 결속하는 모습을 나타낸 것이다. 수심이 얕고 조류가 약하므로 간단하게 테이프만으로 결속하였다.

③ 입수 후 DB값 확인

test_arduino (10)	temperature	humidity	date
test_arduino (10)	25	46	2016-05-29 18:08:51
ibuy_ocean	25	46	2016-05-29 18:08:59
ict_sensor	25	46	2016-05-29 18:09:08
lqps	25	46	2016-05-29 18:09:16
lweather_sensor	25	46	2016-05-29 18:09:23
lbuoy_land	25	46	2016-05-29 18:09:30
lbuoy_ocean	25	46	2016-05-29 18:09:37
lct_sensor	25	46	2016-05-29 18:09:45
lqps_land	25	46	2016-05-29 18:09:53
lqps_ocean	25	46	2016-05-29 18:10:00
lweather_sensor	25	47	2016-05-29 18:10:07
ibuy_ocean	25	47	2016-05-29 18:10:15
ict_sensor	25	47	2016-05-29 18:10:23
lqps	25	47	2016-05-29 18:10:31
lweather_sensor	25	47	2016-05-29 18:10:38
lbuoy_land	25	47	2016-05-29 18:10:47
lbuoy_ocean	25	47	2016-05-29 18:11:00
lct_sensor	25	47	2016-05-29 18:11:12
lqps_land	25	47	2016-05-29 18:11:24
lqps_ocean	25	47	2016-05-29 18:11:38
lweather_sensor	25	47	2016-05-29 18:11:55
ibuy_ocean	25	47	2016-05-29 18:12:09
ict_sensor	25	47	2016-05-29 18:12:18
lqps	25	47	2016-05-29 18:12:27
lweather_sensor	25	47	2016-05-29 18:12:34
lbuoy_land	25	47	2016-05-29 18:12:42
lbuoy_ocean	25	48	2016-05-29 18:12:56
lct_sensor	25	48	2016-05-29 18:13:03
lqps_land	25	48	2016-05-29 18:13:10
lqps_ocean	25	48	2016-05-29 18:13:10
lweather_sensor	25	48	2016-05-29 18:13:10

test_arduino (10)	longitude	latitude	gps_date
test_arduino (10)	35.074642	129.085780	2016-05-29 18:09:17
ibuy_ocean	35.074642	129.085780	2016-05-29 18:09:24
ict_sensor	35.074642	129.085780	2016-05-29 18:09:31
lqps	35.074642	129.085780	2016-05-29 18:09:38
lweather_sensor	35.074642	129.085780	2016-05-29 18:09:46
lbuoy_land	35.074642	129.085780	2016-05-29 18:09:54
lbuoy_ocean	35.074642	129.085780	2016-05-29 18:10:01
lct_sensor	35.074642	129.085780	2016-05-29 18:10:08
lqps_land	35.074642	129.085780	2016-05-29 18:10:16
lqps_ocean	35.074642	129.085780	2016-05-29 18:10:24
lweather_sensor	35.074642	129.085780	2016-05-29 18:10:32
ibuy_ocean	35.074642	129.085770	2016-05-29 18:10:39
ict_sensor	35.074642	129.085770	2016-05-29 18:10:48
lqps	35.074642	129.085770	2016-05-29 18:11:01
lweather_sensor	35.074642	129.085770	2016-05-29 18:11:13
lbuoy_land	35.074642	129.085770	2016-05-29 18:11:25
lbuoy_ocean	35.074642	129.085770	2016-05-29 18:11:39
lct_sensor	35.074642	129.085770	2016-05-29 18:11:56
lqps_land	35.074642	129.085770	2016-05-29 18:12:10
lqps_ocean	35.074642	129.085770	2016-05-29 18:12:19
lweather_sensor	35.074642	129.085770	2016-05-29 18:12:28
ibuy_ocean	35.074642	129.085770	2016-05-29 18:12:35
ict_sensor	35.074642	129.085770	2016-05-29 18:12:43
lqps	35.074642	129.085770	2016-05-29 18:12:49
lweather_sensor	35.074642	129.085770	2016-05-29 18:12:57
lbuoy_land	35.074642	129.085770	2016-05-29 18:13:04
lbuoy_ocean	35.074642	129.085770	2016-05-29 18:13:11
lct_sensor	35.074642	129.085770	2016-05-29 18:13:18
lqps_land	35.074642	129.085770	2016-05-29 18:13:25
lqps_ocean	35.074642	129.085770	2016-05-29 18:13:32
lweather_sensor	35.074642	129.085770	2016-05-29 18:13:32

<그림 3-148> 좌: 내부온습도, 우: GPS

test_arduino (10)	wind_speed	wind_dir	wind_date
test_arduino (10)	0.20	-2.5761	2016-05-29 18:08:50
ibuy_ocean	1.74	-1.8239	2016-05-29 18:08:58
ict_sensor	1.02	-1.1991	2016-05-29 18:09:07
lqps	1.18	-1.0385	2016-05-29 18:09:15
lweather_sensor	1.54	-2.4417	2016-05-29 18:09:22
lbuoy_land	0.56	-1.9094	2016-05-29 18:09:29
lbuoy_ocean	1.23	-2.3876	2016-05-29 18:09:36
lct_sensor	1.33	-1.6336	2016-05-29 18:09:44
lqps_land	1.38	-2.3056	2016-05-29 18:09:52
lqps_ocean	0.92	-1.7890	2016-05-29 18:09:59
lweather_sensor	1.49	-2.5874	2016-05-29 18:10:06
ibuy_ocean	1.28	-1.3282	2016-05-29 18:10:14
ict_sensor	1.18	-1.6284	2016-05-29 18:10:22
lqps	2.21	-1.8623	2016-05-29 18:10:30
lweather_sensor	0.30	-1.7296	2016-05-29 18:10:37
lbuoy_land	2.57	-1.8134	2016-05-29 18:10:46
lbuoy_ocean	2.98	-2.6512	2016-05-29 18:10:59
lct_sensor	2.57	2.7687	2016-05-29 18:11:11
lqps_land	0.97	-2.8117	2016-05-29 18:11:23
lqps_ocean	1.49	-1.3247	2016-05-29 18:11:37
lweather_sensor	2.16	2.6528	2016-05-29 18:11:54
ibuy_ocean	1.13	-0.7697	2016-05-29 18:12:08
ict_sensor	1.33	-0.6039	2016-05-29 18:12:17
lqps	0.51	2.8727	2016-05-29 18:12:26
lweather_sensor	1.23	-0.6702	2016-05-29 18:12:31
lbuoy_land	1.23	-1.5935	2016-05-29 18:12:41
lbuoy_ocean	2.16	-1.6319	2016-05-29 18:12:47
lct_sensor	0.92	-1.6248	2016-05-29 18:12:55
lqps_land	0.92	2.0681	2016-05-29 18:13:02
lqps_ocean	0.41	3.0612	2016-05-29 18:13:09
lweather_sensor	0.41	3.0612	2016-05-29 18:13:09

test_arduino (10)	conductivity	temperature	conductance	ct_date
test_arduino (10)	-0.009914363	25.76715100	-0.0021463439	2016-05-29 18:08:19
ibuy_ocean	-0.009929896	25.77231000	-0.0021064281	2016-05-29 18:08:26
ict_sensor	-0.007010262	25.77541000	-0.0015176529	2016-05-29 18:08:33
lqps	-0.019323230	25.77705800	-0.0041832295	2016-05-29 18:08:41
lweather_sensor	44.331745000	24.65520100	9.5973730000	2016-05-29 18:08:49
lbuoy_land	44.142075000	22.19750200	9.5563374000	2016-05-29 18:08:57
lbuoy_ocean	43.975353000	20.53793000	8.5202322000	2016-05-29 18:09:06
lct_sensor	43.9181444000	19.49345000	9.5078564000	2016-05-29 18:09:14
lqps_land	43.883801000	18.92721000	9.5004168000	2016-05-29 18:09:21
lqps_ocean	43.881302000	18.61468900	9.4998751000	2016-05-29 18:09:28
lweather_sensor	43.866584000	18.41932100	9.4971218000	2016-05-29 18:09:35
ibuy_ocean	43.8666047000	18.26949900	9.4965763000	2016-05-29 18:09:43
ict_sensor	43.866074000	18.12277900	9.4965763000	2016-05-29 18:09:51
lqps	43.850784000	18.04795800	9.4932690000	2016-05-29 18:09:58
lweather_sensor	43.852062000	18.00396000	9.4934545000	2016-05-29 18:10:05
lbuoy_land	43.863548000	17.94531100	9.4960318000	2016-05-29 18:10:13
lbuoy_ocean	43.849529000	17.89968100	9.4829953000	2016-05-29 18:10:21
lct_sensor	43.845715000	17.86871100	9.4921741000	2016-05-29 18:10:29
lqps_land	43.863564000	17.85242300	9.4960289000	2016-05-29 18:10:36
lqps_ocean	43.846692000	17.82797100	9.4899654000	2016-05-29 18:10:45
lweather_sensor	43.843163000	17.81005100	9.4924459000	2016-05-29 18:10:58
ibuy_ocean	43.843174000	17.77094100	9.4916267000	2016-05-29 18:11:10
ict_sensor	43.834236000	17.75790000	9.4899626000	2016-05-29 18:11:22
lqps	43.836800000	17.73670000	9.4910698000	2016-05-29 18:11:36
lweather_sensor	43.834221000	17.72855000	9.4902401000	2016-05-29 18:11:53
lbuoy_land	43.827873000	17.73182100	9.4896946000	2016-05-29 18:12:07
lbuoy_ocean	43.831703000	17.72366000	9.4891291000	2016-05-29 18:12:16
lct_sensor	43.838081000	17.71062100	9.4805176000	2016-05-29 18:12:25
lqps_land	43.835529000	17.69920900	9.4899664000	2016-05-29 18:12:32
lqps_ocean	43.830429000	17.69757800	9.4888630000	2016-05-29 18:12:40

<그림 3-149> 좌: 기상센서, 우: CT센서

<그림 3-148> 및 <그림 3-149>는 부이 입수 후 DB서버 PC에서 센서값들을 모니터링한 것이다. 내용은 시간차 순으로 변하는 값을 표시하였다. 내부 온습도 값은 거의 변화가 없는 것으로 보아 내부에 물이 새지 않고 잘 동작한다는 것을 알 수 있다. 결과는 움직임이 거의 없었기 때문에 위도와 경도값은 변화 값이 매우 미미하다(10m). 입수 후 가장 많이 변하는 값은 CT센서 값이다.

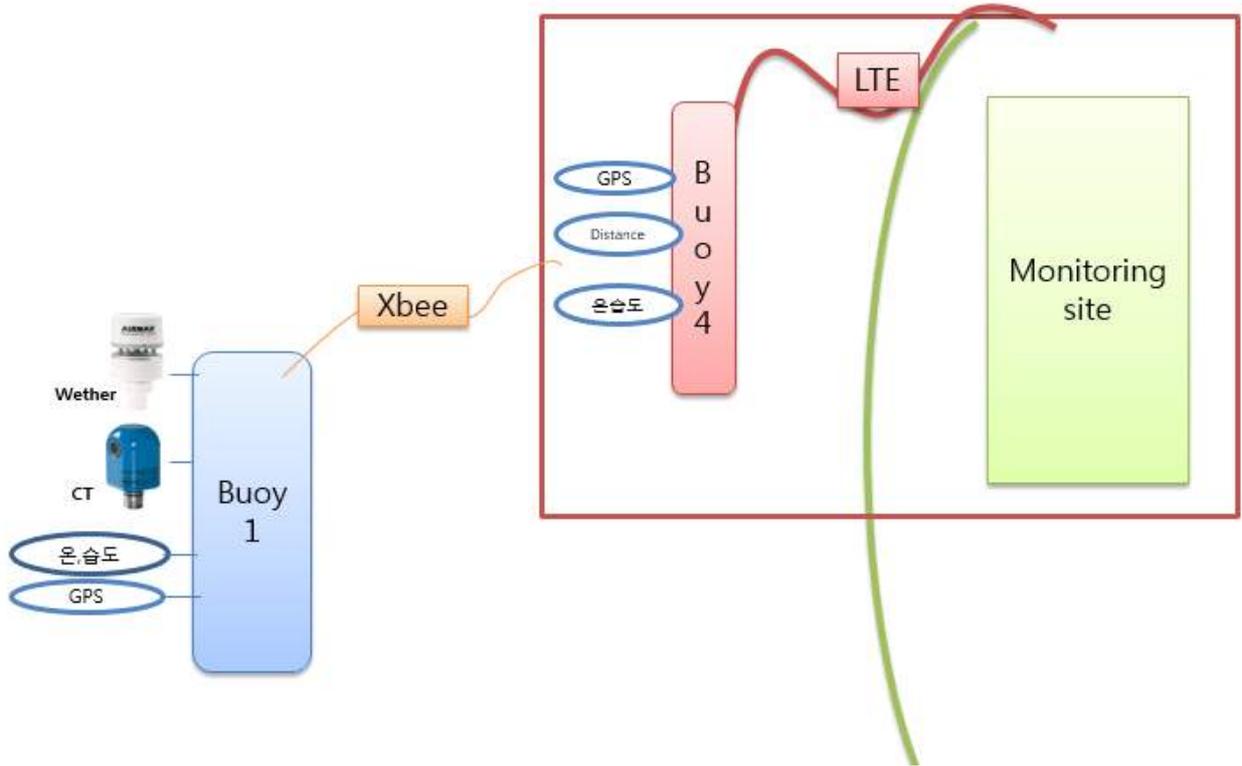
④ 부이 자체 이동



<그림 3-150> 부이가 이동하는 모습

<그림 3-150>은 부이 이동은 부표에서 10m내외로 움직인 것이다. 또한 조류가 세지 않아 이동이 쉬웠다.

(3) 부이간 통신을 위한 실험실 실험

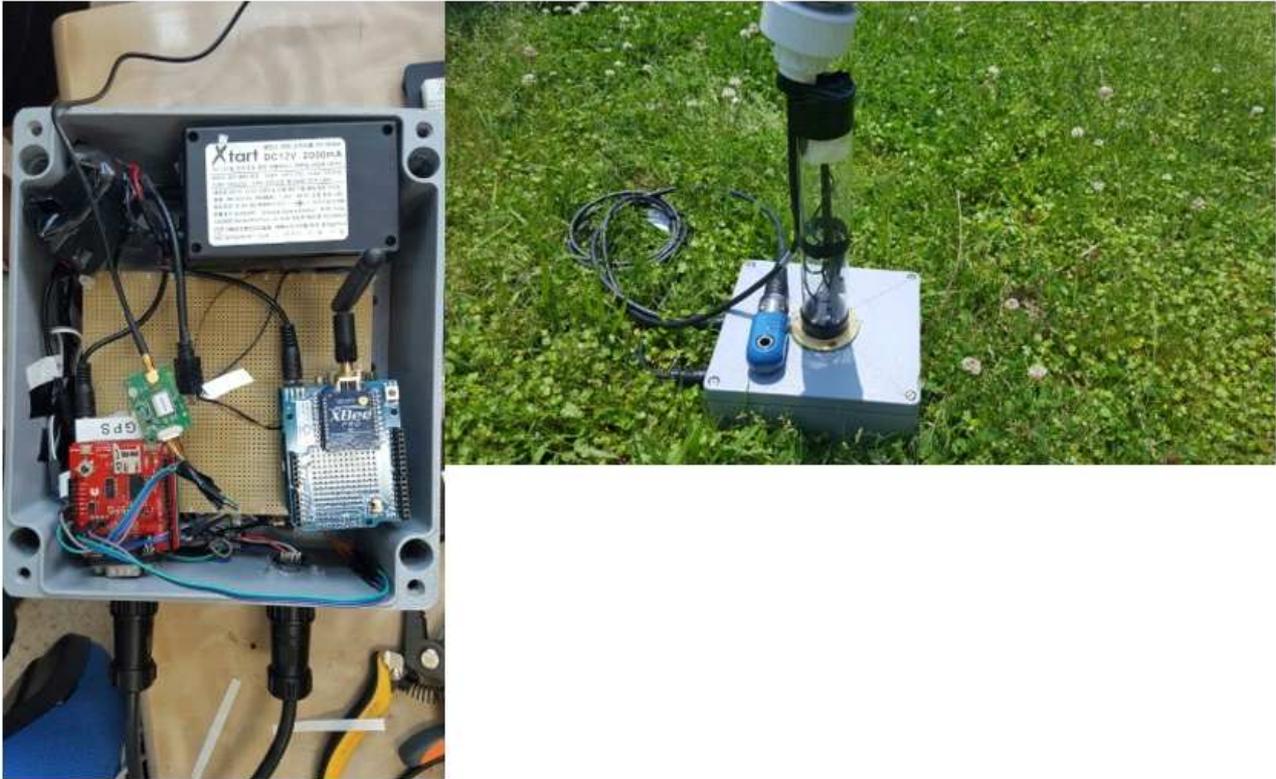


<그림 3-151> 실험 모식도

한국해양대학교 내항의 수심 6m의 해역에서 실험실 실험을 수행하였다. 본 연구과제에서 개발한 부이 시스템을 탑재하기 부이 몸체는 한국해양대학교에서 보유 중인 부이 몸체 1대를 사용했다. 한정된 연구비 및 연구 기간으로 인하여 해양 관측 센서를 모두 탑재한 부이는 1대만 구성이 가능했으나 <그림 3-151>에서 Buoy 4는 Buoy 1의 측정 데이터를 원격 모니터링 사이트로 전달해 주는 역할을 하므로 부이 간 통신 성능을 테스트함에 있어서 아무런 문제가 없는 것으로 판단된다. <그림 3-151>에서 Buoy 1은 부이 몸체에 탑재하여 근거리 해상에 위치하였고 Buoy 4는 부이 메인 시스템만 해안에 위치시켜서 부이 간 통신을 테스트하였다. CT(Conductivity and Temperature) 센서와 기상 센서, GPS, 습도 센서를 해양관측용 부이에 탑재하여 해양 정보 계측하였다. Xbee를 이용한 해양 측 부이의 데이터 값 송신하였다. 습도센서, 초음파센서, GPS를 해안의 부이에 탑재하여 정보를 계측하였다. 해안의 부이에서 Xbee로 수신한 데이터 및 해안 부이의 데이터는 LTE를 통해 DB로 송신하였다.

(가) 실험과정

해역으로 나가기 전 테스트를 하고, 해역으로 나가서 테스트한다. 테스트할 때에는 입수 전, 후로 나누어 서버 PC의 DB에서 그 값을 모니터링하고 해역으로 나가기 전에 테스트한다.



<그림 3-152> 해상 측 부이 좌: 내부사진 우: 외부 사진

<그림 3-152>는 테스트를 위한 해상 부이 시스템을 나타낸 것이다 Xbee전송을 위한 이 시스템은 부이와 결속되어 입수될 것이다. 해상 테스트를 위해 방수테스트를 선행 실험하였고, 동작상태가 정상인지 모두 확인하였다.



<그림 3-153> 해안 측 부이 좌: 내부사진 우: 외부 사진

<그림 3-153>은 테스트를 위한 해안 부이 시스템을 나타낸 것이다. 이 시스템은 입수되지 않고, 해상에서 측정된 값을 해안의 시스템으로 전송한다. 해역 테스트를 위해 방수 테스트를 선행 실험하였고, 동작상태가 정상인지 모두 확인하였다.

① DB값 확인(입수 전)

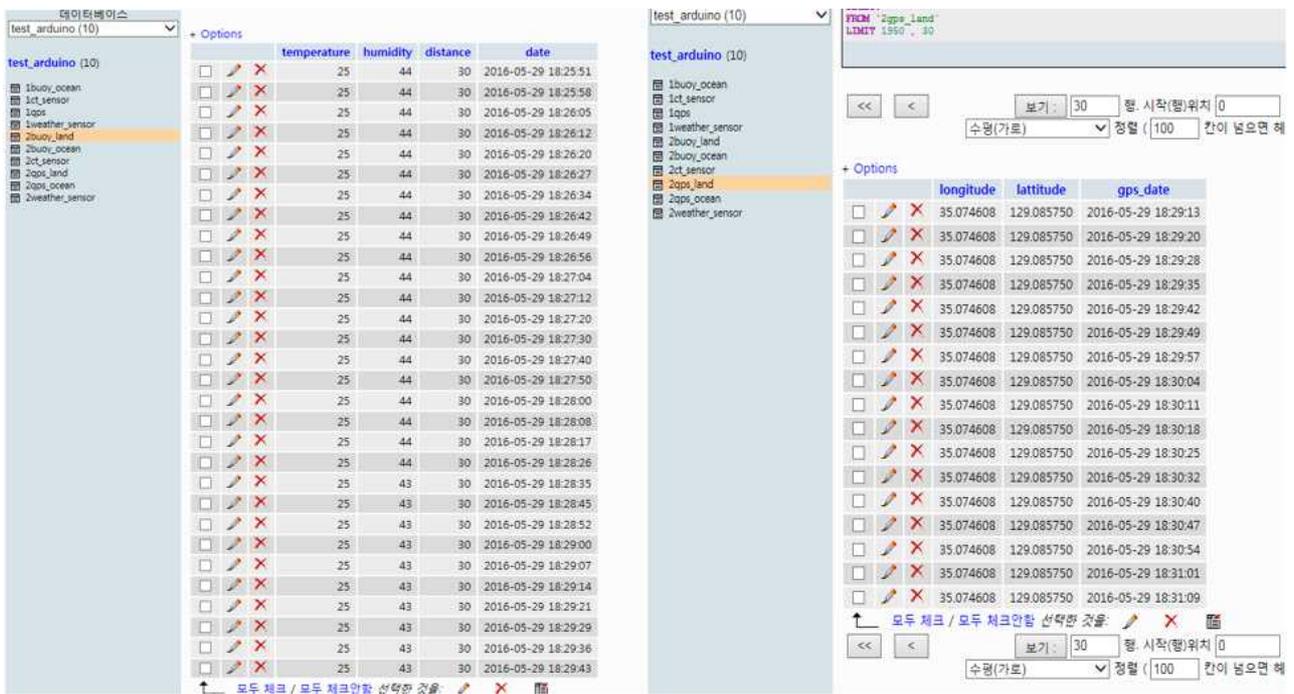
temperature	humidity	date
24	48	2016-05-29 18:27:55
24	48	2016-05-29 18:28:04
24	48	2016-05-29 18:28:12
24	48	2016-05-29 18:28:21
24	48	2016-05-29 18:28:30
24	48	2016-05-29 18:28:40
24	48	2016-05-29 18:28:48
24	49	2016-05-29 18:28:56
23	49	2016-05-29 18:29:03
23	49	2016-05-29 18:29:10
24	49	2016-05-29 18:29:17
23	49	2016-05-29 18:29:25
24	49	2016-05-29 18:29:32
23	49	2016-05-29 18:29:39

<그림 3-154> 좌: 내부 온습도(해상), 우: GPS(해상)

wind_speed	wind_dir	wind_date
1.49	-1.265	2016-05-29 18:26:58
1.49	-1.394	2016-05-29 18:27:06
0.46	-0.335	2016-05-29 18:27:14
1.74	-1.147	2016-05-29 18:27:24
0.10	1.724	2016-05-29 18:27:33
0.36	-2.953	2016-05-29 18:27:43
0.92	-1.262	2016-05-29 18:27:53
0.15	-1.669	2016-05-29 18:28:02
0.77	3.094	2016-05-29 18:28:11
0.87	-1.497	2016-05-29 18:28:20
0.30	2.190	2016-05-29 18:28:28
1.08	-2.611	2016-05-29 18:28:39
0.72	-2.004	2016-05-29 18:28:47
0.36	-2.340	2016-05-29 18:28:54
1.33	0.834	2016-05-29 18:29:02
0.82	-0.312	2016-05-29 18:29:09
0.72	-0.850	2016-05-29 18:29:16
1.74	0.267	2016-05-29 18:29:24
0.61	-0.445	2016-05-29 18:29:31
1.90	-0.382	2016-05-29 18:29:38
0.51	-0.312	2016-05-29 18:29:45
0.92	-1.018	2016-05-29 18:29:53
0.25	-2.511	2016-05-29 18:30:00
0.41	-1.316	2016-05-29 18:30:07
21.7	655296	2016-05-29 18:30:14
1.64	-2.086	2016-05-29 18:30:21
0.82	-3.255	2016-05-29 18:30:28
0.77	0.475	2016-05-29 18:30:35
0.61	-3.018	2016-05-29 18:30:43
0.51	-1.150	2016-05-29 18:30:50

conductivity	temperature	conductance	ct_date
-0.01346437	21.3990192	-0.0029149	2016-05-29 18:26:50
-0.01382339	21.4022674	-0.0029926	2016-05-29 18:26:57
-0.01437624	21.3924999	-0.0031123	2016-05-29 18:27:05
-0.01435697	21.4152984	-0.0031081	2016-05-29 18:27:13
-0.01126399	21.4299488	-0.0024385	2016-05-29 18:27:23
-0.01414276	21.4543819	-0.0030618	2016-05-29 18:27:31
-0.01158722	21.4771881	-0.0025085	2016-05-29 18:27:42
-0.01156354	21.5048809	-0.0025034	2016-05-29 18:27:51
-0.01409926	21.5065002	-0.0030524	2016-05-29 18:28:01
-0.01153436	21.5407085	-0.0024971	2016-05-29 18:28:10
-0.01149471	21.5667389	-0.0024885	2016-05-29 18:28:18
-0.01421049	21.5895805	-0.0030764	2016-05-29 18:28:27
-0.01438835	21.5928421	-0.0031149	2016-05-29 18:28:37
-0.01145727	21.6319274	-0.0024804	2016-05-29 18:28:46
-0.01414607	21.6661491	-0.0030625	2016-05-29 18:28:53
-0.01433679	21.6531085	-0.0031042	2016-05-29 18:29:01
-0.01396325	21.6677684	-0.0030229	2016-05-29 18:29:08
-0.01215714	21.6612472	-0.0026319	2016-05-29 18:29:15
-0.01432117	21.6726589	-0.0031004	2016-05-29 18:29:23
-0.01177224	21.6889457	-0.0025486	2016-05-29 18:29:30
-0.01431181	21.6840572	-0.0030994	2016-05-29 18:29:37
-0.01141707	21.6808090	-0.0024717	2016-05-29 18:29:44
-0.01429474	21.7052383	-0.0030947	2016-05-29 18:29:52
-0.01138624	21.7166500	-0.0024650	2016-05-29 18:29:59
-0.01174305	21.7231674	-0.0025423	2016-05-29 18:30:06
-0.01423968	21.7704181	-0.0030828	2016-05-29 18:30:20
-0.01172158	21.7492389	-0.0025376	2016-05-29 18:30:27
-0.01422481	21.7883472	-0.0030795	2016-05-29 18:30:34
-0.01132622	21.7883472	-0.0024520	2016-05-29 18:30:42

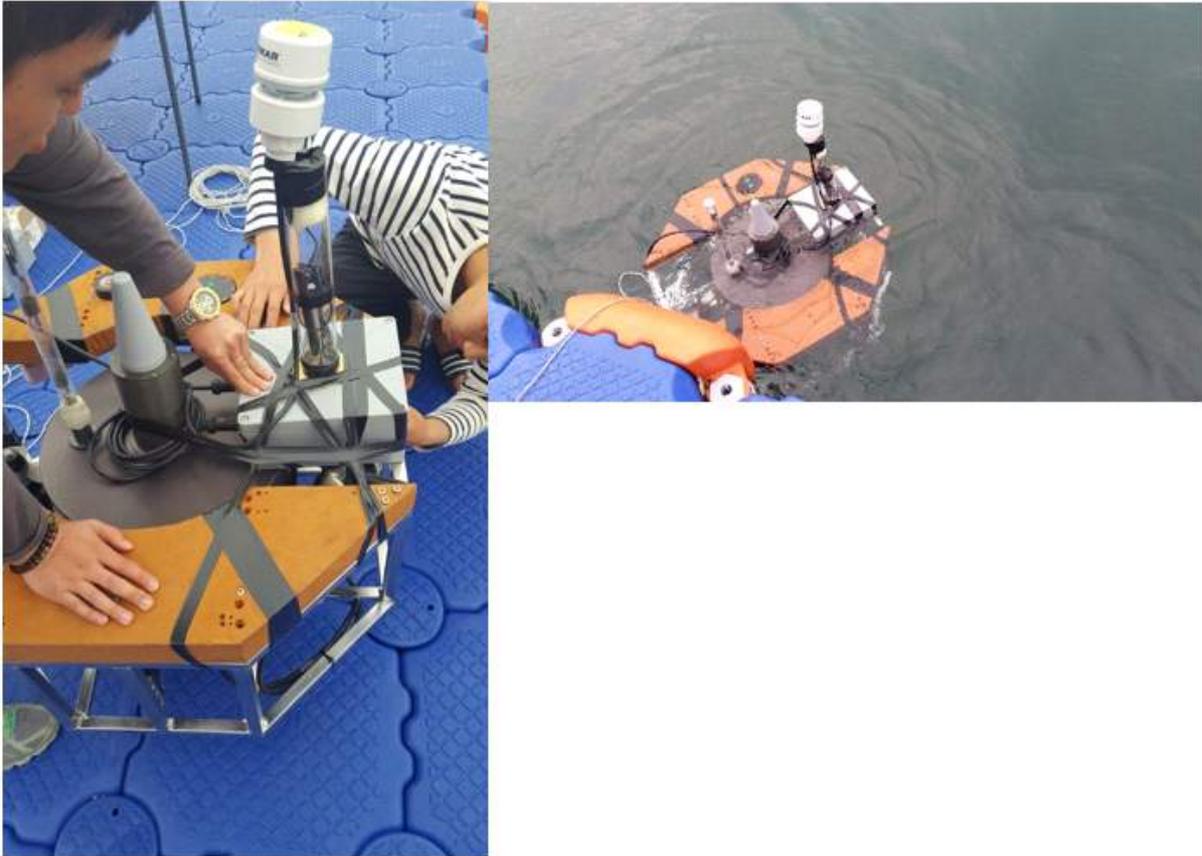
<그림 3-155> 좌: 기상센서(해상), 우: CT센서(해상)



<그림 3-156> 좌: 내부 온습도(해안), 우: GPS(해안)

<그림3-154>, <그림3-155>, <그림3-156>은 입수 전 DB값을 확인하기 위한 각 센서 값에 해당하는 DB테이블을 나타낸다. 수집된 데이터는 시간 순으로 변하는 값을 표시하기 때문에 시간별로 데이터값의 변동을 알 수 있다.

② 부이와 결속 후 입수



<그림 3-157> 좌: 부이와 결속 중, 우: 부이를 띄운 모습

<그림 3-157>은 부이에 시스템을 결속하는 모습을 나타낸 것이다. 수심이 얕고 조류가 약하므로 간단하게 테이프만으로 결속하였다.

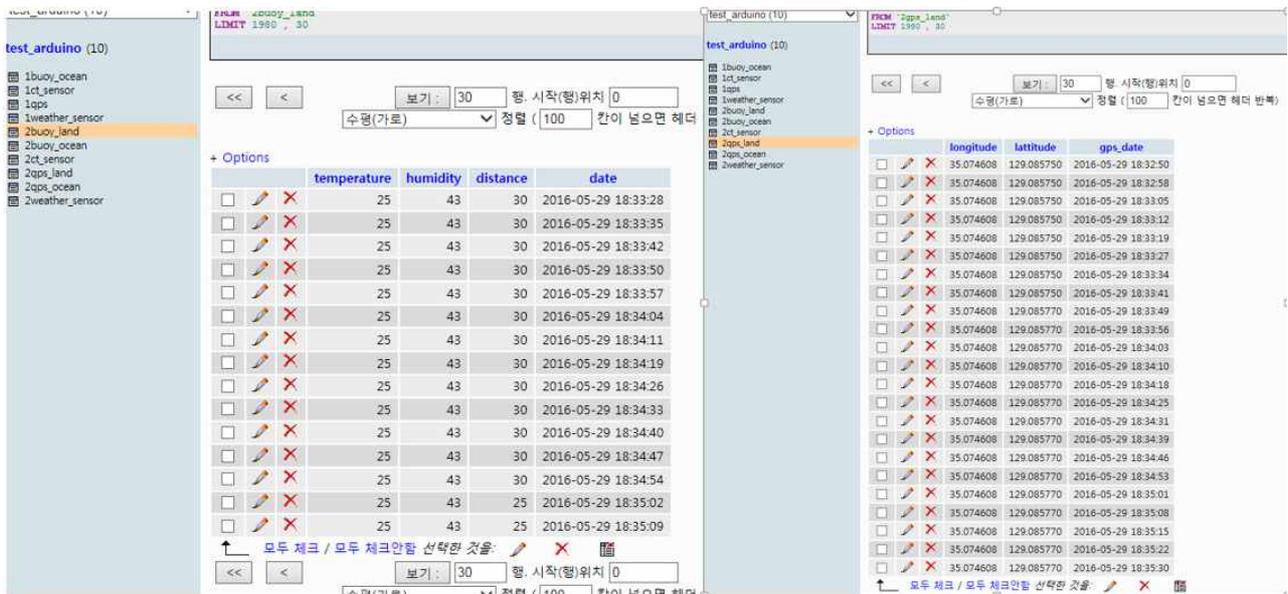
③ 입수 후 DB값 확인

longitude	latitude	gps_date
35.074600	129.08573	2016-05-29 18:31:14
35.074600	129.08573	2016-05-29 18:31:21
35.074600	129.08573	2016-05-29 18:31:28
35.074600	129.08573	2016-05-29 18:31:36
35.074600	129.08573	2016-05-29 18:31:43
35.074596	129.08573	2016-05-29 18:31:50
35.074596	129.08573	2016-05-29 18:31:57
35.074600	129.08573	2016-05-29 18:32:05
35.074600	129.08573	2016-05-29 18:32:12
35.074600	129.08573	2016-05-29 18:32:19
35.074600	129.08573	2016-05-29 18:32:26
35.074600	129.08573	2016-05-29 18:32:34
35.074600	129.08573	2016-05-29 18:32:41
35.074600	129.08573	2016-05-29 18:32:48
35.074600	129.08573	2016-05-29 18:32:56
35.074600	129.08573	2016-05-29 18:33:03
35.074600	129.08573	2016-05-29 18:33:10
35.074600	129.08573	2016-05-29 18:33:17
35.074600	129.08573	2016-05-29 18:33:25
35.074600	129.08573	2016-05-29 18:33:32
35.074600	129.08573	2016-05-29 18:33:39
35.074600	129.08573	2016-05-29 18:33:46
35.074600	129.08573	2016-05-29 18:33:54
35.074600	129.08573	2016-05-29 18:34:01
35.074600	129.08573	2016-05-29 18:34:08
35.074600	129.08573	2016-05-29 18:34:15
35.074600	129.08573	2016-05-29 18:34:23
35.074600	129.08573	2016-05-29 18:34:30
35.074600	129.08573	2016-05-29 18:34:37
35.074600	129.08573	2016-05-29 18:34:44
35.074600	129.085730	2016-05-29 18:34:51

<그림 3-158> 좌: 내부 온습도(해상), 우: GPS(해상)

wind_speed	wind_dir	wind_date
0.51	2.740	2016-05-29 18:30:57
0.92	-1.670	2016-05-29 18:31:05
0.77	3.086	2016-05-29 18:31:12
0.51	-1.463	2016-05-29 18:31:19
1.69	0.085	2016-05-29 18:31:26
0.72	-0.943	2016-05-29 18:31:34
1.38	-1.436	2016-05-29 18:31:41
2.16	-1.398	2016-05-29 18:31:48
1.38	-1.182	2016-05-29 18:31:55
1.18	-1.138	2016-05-29 18:32:03
1.95	-2.112	2016-05-29 18:32:10
0.15	-2.419	2016-05-29 18:32:17
0.25	1.723	2016-05-29 18:32:24
0.97	2.087	2016-05-29 18:32:32
0.46	2.049	2016-05-29 18:32:39
1.18	-1.669	2016-05-29 18:32:46
1.49	-0.852	2016-05-29 18:32:53
0.77	0.658	2016-05-29 18:33:01
0.25	0.784	2016-05-29 18:33:08
0.51	-1.684	2016-05-29 18:33:15
0.30	-2.546	2016-05-29 18:33:23
1.54	-1.792	2016-05-29 18:33:30
2.46	-2.646	2016-05-29 18:33:37
0.00	0.000	2016-05-29 18:33:44
0.77	1.394	2016-05-29 18:33:52
0.36	-2.457	2016-05-29 18:33:59
2.26	2.161	2016-05-29 18:34:06
0.82	2.469	2016-05-29 18:34:13
1.23	-2.077	2016-05-29 18:34:21
0.951	8.212	2016-05-29 18:34:28

<그림 3-159> 좌: 기상센서(해상), 우: CT센서(해상)



<그림 3-160> 좌: 내부 온습도(해상), 우:GPS(해안)

<그림 3-158>, <그림 3-159>, <그림 3-160>은 시간차 순으로 변하는 값을 표시하였다. 내부 온습도는 실험시간이 짧았기 때문에 변화가 적다. 같은 위치에서 실험하였기 때문에 위도와 경도값은 변화 값이 매우 미미하다(10m이동). 풍향, 풍속 값은 전체적으로 골고루 바뀌므로 바람이 한쪽방향으로 불지 않는다는 것을 알 수 있다. 입수 후 가장 많이 변하는 값은 CT센서 값이다. 해상부이의 온습도가 크게 바뀌지 않는 것으로 미루어보아, 시스템 내 물이 들어오지 않았음을 알 수 있다.

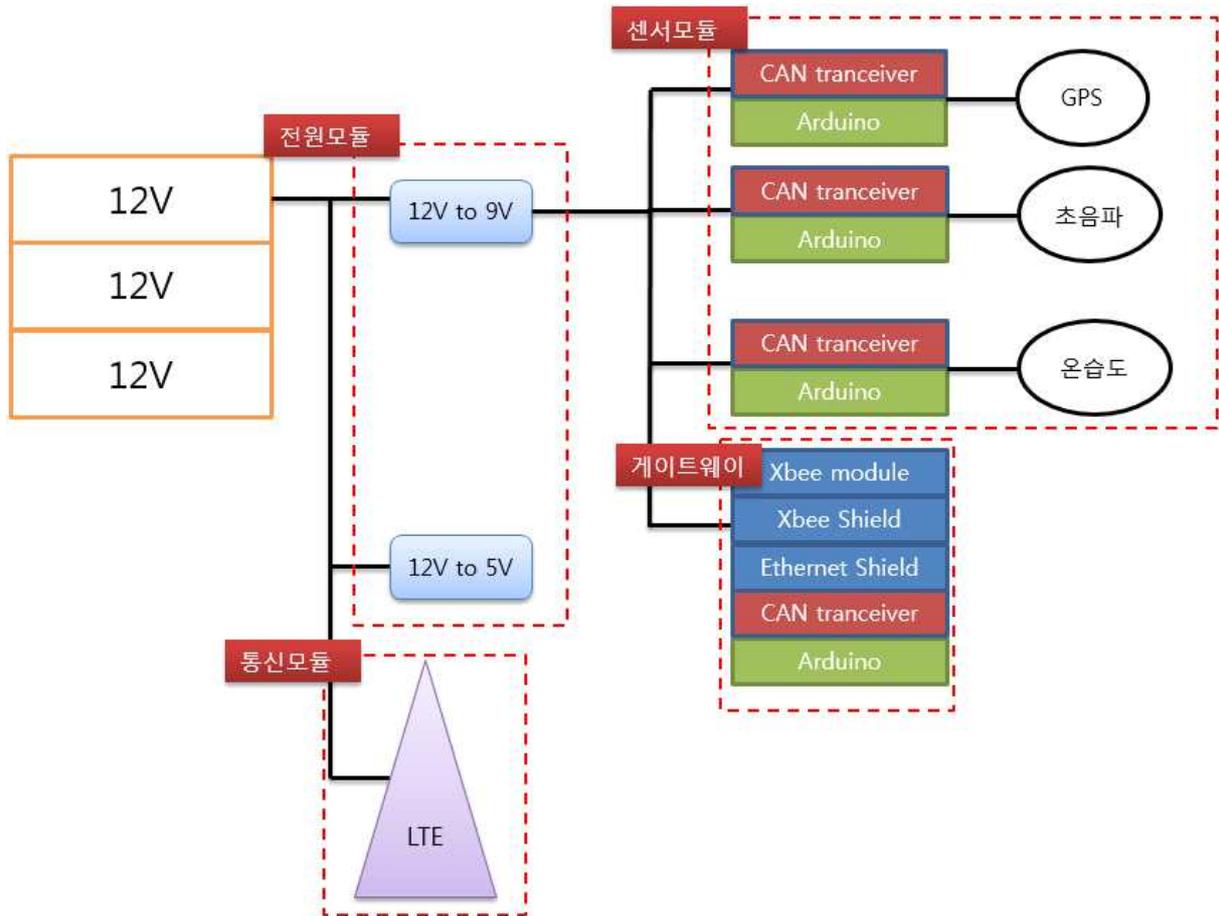
④ 부이 자체 이동



<그림 3-161> 부이가 이동하는 모습

<그림 3-161>처럼 부이 자체이동은 부표 주위 10m반경 내로 실험하였다.

다. 해양 관측용 부이 시스템의 전력소모 측정

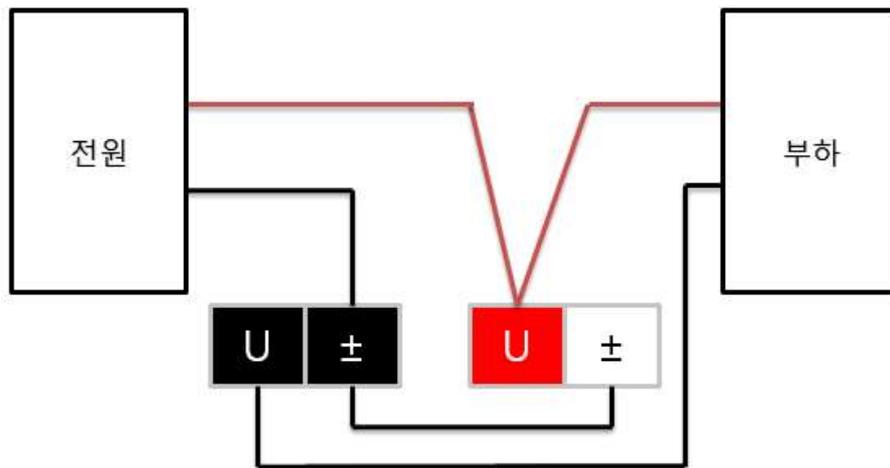


<그림 3-162> Buoy System 4의 모듈화 구성도

각 부이 시스템의 전력소모 측정은 실제 동작 상황을 고려하여 진행하였다. <그림 3-162>와 같이 전체 시스템을 네 부분(전원모듈, 센서 모듈, 통신모듈, 게이트웨이)으로 나누어 소비 전력을 측정하였다. 각 모듈의 전력 측정 이전에 각 센서 및 마이크로컨트롤러 등의 스펙에 대한 소모전력 일치 실험을 선행하였고 대부분의 스펙에 만족하는 것을 확인하였다. 전원모듈은 전압조절을 위한 DC컨버터류, 센서 모듈은 센서와 CAN 트랜시버를 포함한 마이크로컨트롤러, 통신모듈은 LTE 라우터, 게이트웨이는 XBee 모듈을 포함한 마이크로컨트롤러로 구성된다. 각 모듈은 HIOKI사의 PW3335 파워미터를 이용하여 <그림3-163>과 같이 측정하였다.



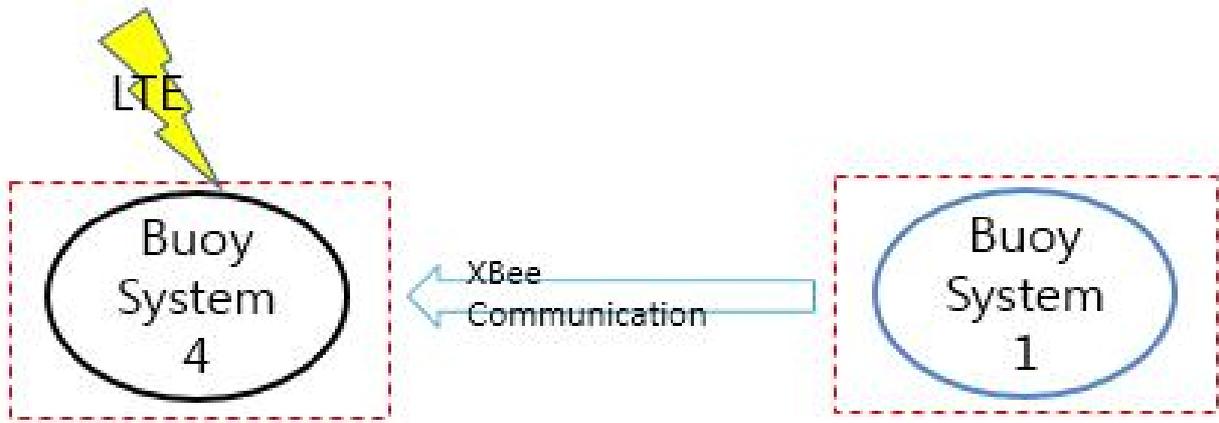
<그림 3-163> 파워미터를 이용한 각 시스템 전력측정 모습



<그림 3-164> 전력측정을 위한 결선도

전력 측정 시 계기손실로 입력전압 및 입력 전류 본 기기에 대한 결선방법에 따라 손실의 크기가 바뀌고 측정값에 오차를 준다. 이 계기 손실로 인한 측정값의 오차를 최소화하기 위하

여 IEC62301:2011(Household electrical appliance - Measurement of standby power) 규격에 따라 결선방법을 택하였다. 이 결선방법은 전류 입력단자를 부하 측에 결선하는 방법이므로 본 시스템 전력 측정에 적합하다.



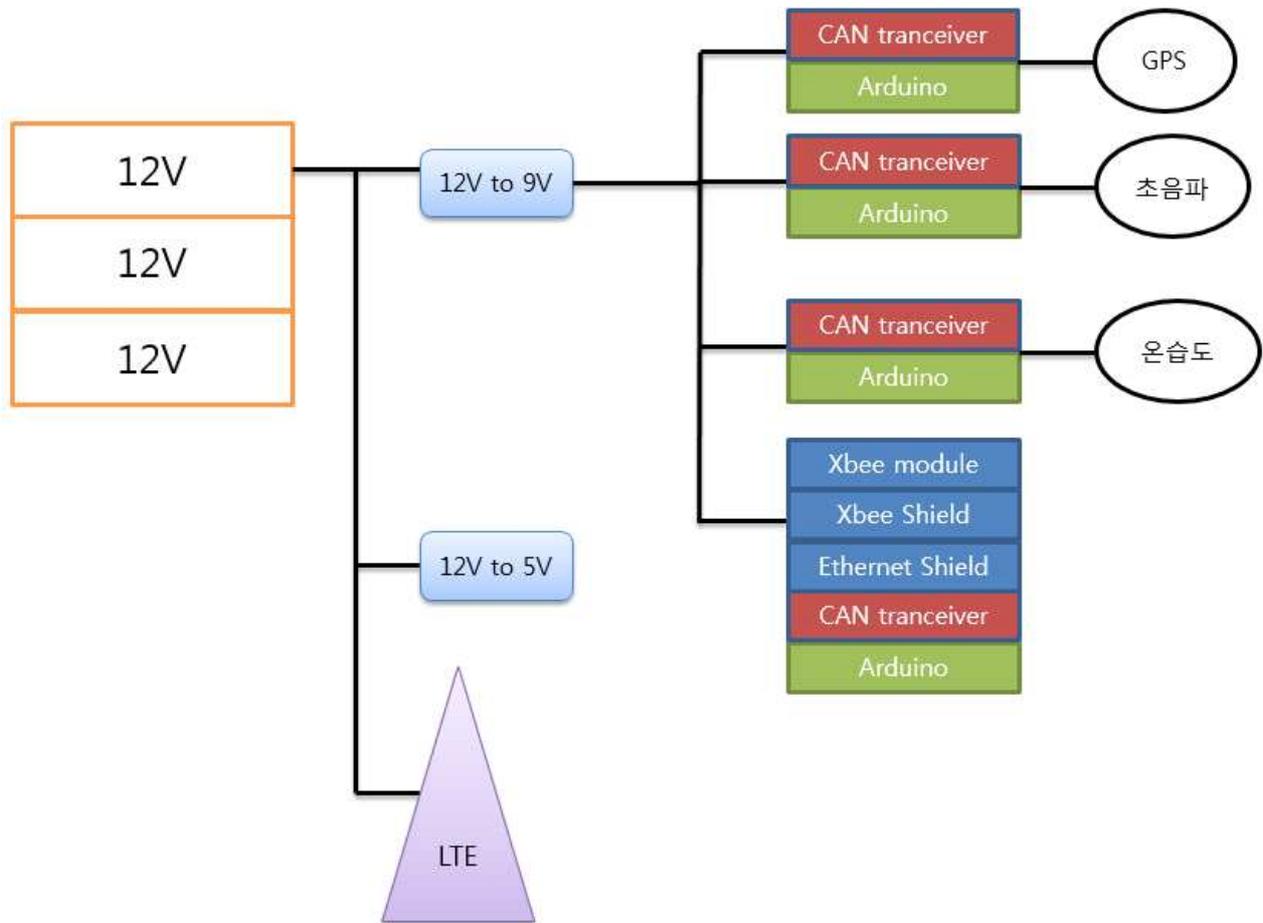
<그림 3-165> 실제동작 상황에서의 부이시스템 모식도

<그림 3-165>는 전력측정을 위해 실험역 테스트와 동일한 조건으로 진행하기 위한 모식도이다. 동일한 상황에서의 측정을 위해 모든 시스템은 동작 중이고 LTE 또한 데이터를 보내는 동안을 기준으로 측정하였다.

(1) Buoy System 4의 전력소모 측정

(가) Buoy System 4의 구성요소:

- GPS Module(Arduino Uno+CAN transceiver+GPS)
- Ultra sonic wave Module(Arduino Uno+CAN transceiver+Ultra sonic wave Sensor)
- Temperature,Humidity Module(Arduino Uno+CAN transceiver+Temperature,Humidity Sensor)
- Gateway(Arduino Mega+CAN transceiver+Ethernet Shield2+XBee Shield+XBee Module)
- LTE Router
- 12V to 9V Converter
- 12V to 5V Converter



<그림 3-166> Buoy System 4의 하드웨어 구성

<그림 3-166>은 Buoy System 4의 구성도이다. 이 시스템은 해역에서의 데이터를 XBee로 수신 후 저장하고 자체 센서들의 값도 포함하여 LTE 라우터를 통해 지상으로 전송시킨다.

(2) Buoy System 4의 전원모듈 소비전력

<표 3-24> Buoy System 4의 전원모듈 소비전력 측정 값

전원모듈	전압(V)	소비전류(mA)	소비전력(mW)
전압컨버터(9V)	12.0	153.0	1836.0
전압컨버터(5V)	12.0	9.5	114.5

전원모듈의 전원공급은 모두 병렬 연결된 3개의 12V 배터리로부터 공급된다. 전원모듈을 구성하는 전압컨버터의 소비전력은 부하전력에 따라 달라지며 현재 9V 컨버터 이하의 전력소모는 4680.0mW이다. 9V 컨버터의 부하전력당 소비전력은 0.392 정도의 값이 나온다. 센서 모듈을 늘렸을 때 예상 소비전력은 부하당 소비전력의 값에 비례하여 늘어나기 때문에 예측할 수 있다.

(3) Buoy System 4의 통신모듈 소비전력

<표 3-25> Buoy System 4의 통신모듈 소비전력 측정 값

통신모듈	전압(V)	소비전류(mA)	소비전력(mW)
LTE Router	12.0	253.5	3042.0

통신모듈에 해당하는 LTE 라우터는 데이터 송신 시 소비전류가 급격하게 증가한다. 이 값은 최대 480mA까지 측정이 되었지만 본 시스템에서 측정한 평균값은 253.5mA로 최대 소모전류 값과 차이가 크다.

(4) Buoy System 4의 각 센서 모듈 및 센서 소비전력

<표 3-26> Buoy System 4의 센서 모듈 소비전력 측정 값

센서 모듈 및 센서	전압(V)	소비전류(mA)	소비전력(mW)
GPS 센서 모듈	9.0	93.0	837.0
초음파 센서 모듈	9.0	69.0	621.0
온습도 센서 모듈	9.0	69.0	621.0

각 센서 모듈은 모두 마이크로컨트롤러(아두이노 Uno) 기반이므로 크게 차이가 나지 않는다. 그중에서 가장 소비전력이 큰 GPS 모듈은 GPS로부터의 전력소모가 다른 센서들보다 크다는 것을 알 수 있다.

(5) Buoy System 4의 게이트웨이 소비전력

<표 3-27> Buoy System 4의 게이트웨이 소비전력 측정 값

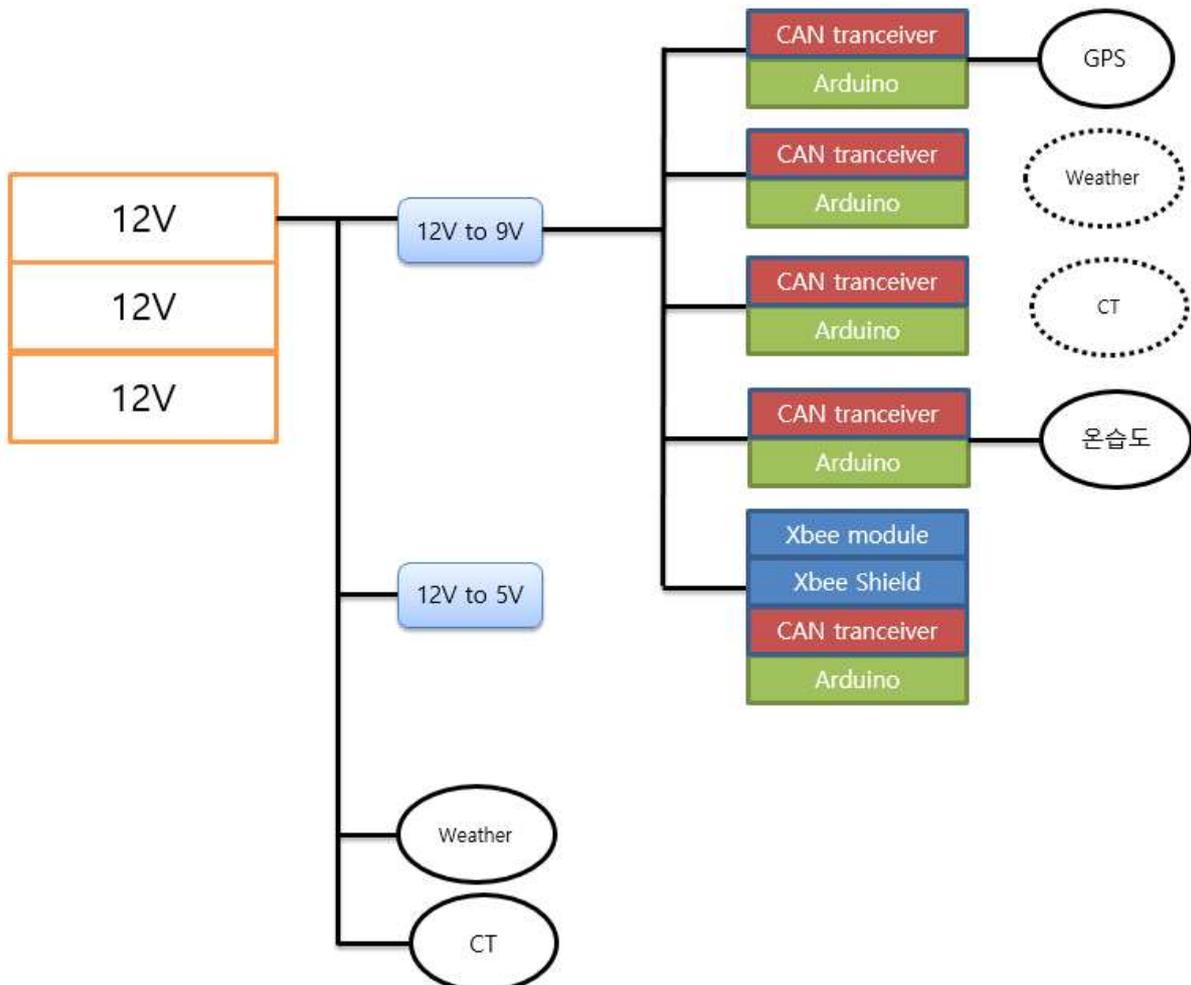
게이트웨이	전압(V)	소비전류(mA)	소비전력(mW)
게이트웨이(Arduino Mega)	9.0	350.0	3150.0

본 시스템에서 가장 소비전력이 큰 모듈은 게이트웨이이다. Buoy System 4에 사용되는 게이트웨이는 마이크로컨트롤러(아두이노 Mega)를 포함하여 CAN 트랜시버, Ethernet Shield 2, XBee 모듈을 탑재하고 있으므로 소비전류가 다른 부분에 비해서 상대적으로 매우 크기 때문이다.

(6) Buoy System 1의 전력소모 측정

(가) Buoy System 1의 구성요소

- GPS Module(Arduino Uno+CAN transceiver+GPS)
- CT Module(Arduino Uno+CAN transceiver)
- Weather Module(Arduino Uno+CAN transceiver)
- Temperature, Humidity Module(Arduino Uno+CAN transceiver+Temperature, Humidity Sensor)
- Gateway(Arduino Mega+CAN transceiver+Ethernet Shield2+XBee Shield+XBee Module)
- 12V to 9V Converter, 12V to 5V Converter
- CT Sensor
- Weather Sensor



<그림 3-167> Buoy System 1의 하드웨어 구성

(6) Buoy System 1의 전원모듈 소비전력

<표 3-28> Buoy System 4의 전원모듈 소비전력 측정 값

전원모듈	전압(V)	소비전류(mA)	소비전력(mW)
전압컨버터(9V)	12.0	120.7	1448.4
전압컨버터(5V)	12.0	9.5	114.5

Buoy System 4와 같이 9V 전압컨버터의 부하전력당 소비전력은 0.379가 나온다. 앞에서 측정되었던 Buoy System 4의 9V 전압컨버터의 부하전력당 소비전력 0.392와 오차는 0.013으로 미미한 수준이다.

(7) Buoy System 1의 각 센서 모듈 및 센서 소비전력

Buoy System 1의 CT 센서와 기상 센서는 Buoy System 4의 센서와는 다르게 12V 전원을 사용한다. 마이크로컨트롤러로 인가되는 전압 레벨과 센서로 인가되는 전압 레벨이 서로 다르므로 별도로 전원공급을 한다. 측정결과 각 센서 모듈이 소비하는 전력들은 Buoy System 4와 차이가 없었지만 별도로 12V 전원을 인가해준 CT 센서와 기상 센서의 소비전력이 추가로 늘어남으로써 전체 소비전력이 증가하였다.

<표 3-29> Buoy System 4의 센서 모듈 소비전력 측정 값

센서 모듈	전압(V)	소비전류(mA)	소비전력(mW)
GPS센서 모듈	9.0	93.6	842.4
온습도 센서 모듈	9.0	67.7	609.6
CT센서 모듈(센서 별도전원)	9.0	73.1	657.9
CT센서(전원부)	12.0	28.0	336.5
기상센서 모듈(센서 별도전원)	9.0	68.0	612.3
기상센서(전원부)	12.0	117.9	1415.8

(8) Buoy System 1의 게이트웨이 소비전력

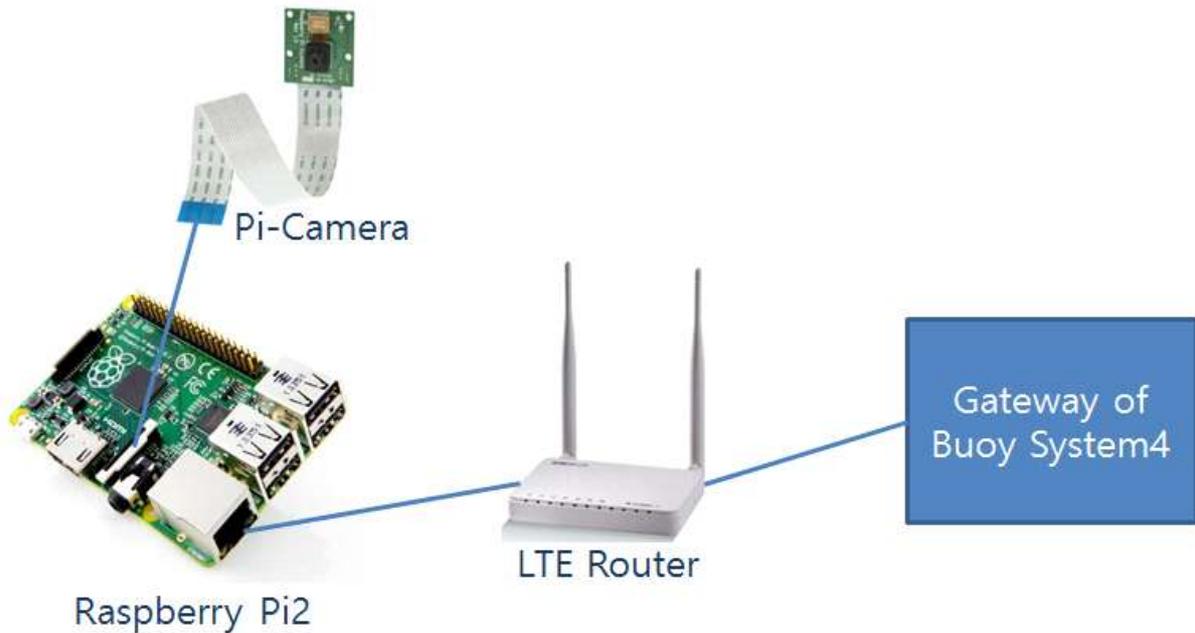
<표 3-30> Buoy System 4의 게이트웨이 소비전력 측정 값

게이트웨이	전압(V)	소비전류(mA)	소비전력(mW)
게이트웨이(Arduino Uno)	9.0	125.7	1331.4

Buoy System 1의 게이트웨이 소비전력은 Buoy System 4와 비교하면 상대적으로 낮다. 이는 LTE 라우터의 미사용과 마이크로컨트롤러로 아두이노 메가 대신 아두이노 우노를 사용하였기 때문이다. 이 때문에 변동하는 소비전력의 폭은 좁았으며 측정이 Buoy System 4보다 쉽게 이루어졌다.

(9) 영상 촬영시스템의 전력소모 측정

영상 촬영시스템의 구성요소는 Camera 모듈(Raspberry Pi2 + Pi-Camera)과 LTE 라우터, 부이시스템의 게이트웨이로 이루어져 있다.



<그림 3-168> 영상 촬영시스템의 하드웨어 구성

<그림 3-168>은 영상 촬영시스템의 구성도이다. 이 시스템은 영상촬영을 한 후 LTE Router를 통해 지상으로 촬영한 영상들을 전송한다. 카메라 모듈의 소비전력은 상황별로 측정하였다.

(가) 영상 촬영시스템의 상황별 소비전력

<표 3-31>은 영상 촬영시스템의 상황별 소비전력을 나타낸다. 영상촬영이 되지 않을 때, 영상촬영은 하고 있으나 서버로 영상을 전송하지 않을 때, 영상촬영과 서버로 영상 전송을 동시에 수행할 때로 나누어 측정하였다.

<표 3-31> 영상 촬영시스템의 상황별 소비전력 측정 값

상황	전압(V)	소비전류(mA)	소비전력(mW)
영상촬영 미실행 시	5.0	326.4	1632.0
영상촬영만 실행 시	5.0	532.1	2660.5
영상촬영 및 파일전송 실행 시	5.0	591.7	2958.5

제 4 장 과제목표 달성도 및 대외기여도

제 1 절 과제목표

본 연구주제는 궁극적으로 육상에 비해 낮은 해양 분야의 ICT 융합기술을 개발하는 것을 목적으로 한다. 이를 위하여 본 연구과제에서는 다양한 해양관측 정보를 획득하는데 있어서 매우 중요한 역할을 하는 해양관측 부이의 기존의 문제점을 개선하고 활용범위를 넓히기 위하여 해양관측용 부이에 특화된 ‘해양 IoT 표준 플랫폼’의 기능을 설계하고, 구성 모듈을 검토하여 실용화 가능한 수준으로 표준화된 플랫폼을 제안하는 것으로 목표로 한다. 또한, 본 연구를 통하여 제안된 ‘해양 IoT 표준 플랫폼’의 핵심 요소기능을 구현하고, 해양관측용 부이에 탑재가 가능하도록 해양 IoT 표준 플랫폼 시제품을 제작 및 시험하여 실용화 가능한 수준의 완성도를 확보하기 위한 기술지침을 마련하는 것을 목표로 한다.

또한, 본 과제에서는 다음과 같은 정량적 목표를 가지고 연구를 진행하였다. 먼저, 학술활동 계획으로서 스마트 센서 모듈, 부이 통신네트워크, 부이제어 및 플랫폼 개발 관련하여 3편의 국내 등재지 논문과 3건의 학술회의 발표를 목표로 한다. 다음으로, 지적재산권 출원 계획으로서 스마트 센서 모듈과 부이 플랫폼 관련 국내 특허출원 2건 및 스마트 센서 모듈 제어, 부이 ad-hoc 네트워크 송수신, 부이 메인시스템 제어 관련 프로그램 등록 3건을 목표로 한다. 마지막으로, 인력양성계획으로서 4명의 석사과정 학생연구원을 참여시킴으로써 알고리즘 개발 및 시스템 설계를 통하여 해양 IoT 플랫폼 설계 기술 관련 실무 능력을 겸비한 인력을 양성하는 것을 목표로 한다.

제 2 절 목표 달성도 및 대외기여도

1. 목표 달성도

본 과제에서는 설정한 목표를 달성하기 위하여 수립한 추진전략 및 수행방법에 따라 연구과제를 수행하였다. 과제 수행의 결과로서 정량적 및 정성적 목표를 모두 달성하였다. 먼저, 본 연구과제에서는 2차례의 전문가 초청 기술 세미나를 통하여 해양 IoT 서비스 시나리오 및 플랫폼 요구사항을 분석하였고 해양 특성화 요구사항에 따른 활용방안을 도출하는 등 요구사항 분석을 통하여 수요자의 요구사항을 충족시킬 수 있는 연구 결과를 도출하였다. 특히, 해양 특성화 요구사항에 따른 활용방안으로서 부이를 활용한 HNS 원격탐지기술을 2차 세미나에서 관련 전문가와 논의하였고 향후 본 연구과제의 결과와 연관된 후속 연구 방안을 논의하는 등 과제 결과를 활용하기 위하여 노력하였다. 또한, 본 연구과제 참여연구원들은 지속적으로 연구노

트를 성실히 작성 및 관리하여 과제수행기간 동안 200여 쪽에 달하는 연구노트를 남겼다. 본 연구과제에서 목표로 하는 논문, 지적재산권 등의 정량적 성과를 100% 달성하였으며, 국외 논문발표 1건(증빙4)은 당초 목표를 초과달성했다. 마지막으로, 실험실 내에서의 테스트뿐만 아니라 실험역 해상 테스트까지 진행함으로써 실제 환경에서 동작을 검증하기 위한 노력을 기울였다. 다음은 본 과제의 구체적인 목표 달성도를 기술한다.

가. 정량적 성과

본 과제에서는 다양한 학술활동과 지적재산권 출원을 통하여 <표 4-1>과 같이 과제 목표를 초과 달성하였다.

<표 4-1> 과제 목표 정량적 성과

구 분		목표(건)	달성 실적(건)	주저자 실적	달성도		증빙자료(제출)*	비고
국외 논문	SCI	-				%		
	SCIE	-				%		
국내 논문	SCI	-				%		
	SCIE	-				%		
	등재지	3	3	3	100	%	증빙1(게재) 증빙2(게재) 증빙3(게재)	- - 2016.6
특허출원	2	2	2	100	%	증빙8(출원) 증빙9(출원)	한국	
기 타	국외 학회 발표	-	1	1	100	%	증빙4(발표)	2016.7.11
	국내 학회 발표	3	3	3	100	%	증빙5(발표) 증빙6(발표) 증빙7(발표)	- - -
	프로그램 등록	3	3	3	100	%	증빙10(등록) 증빙11(등록) 증빙12(등록)	공표년월일: 2016.5.4. (등록일자: 2016.6.3.)

또한, 본 과제의 세부연구목표별 핵심기술개발 목표는 <표 4-2>와 같이 모두 달성하였다.

<표 4-2> 세부연구목표별 핵심기술개발 목표 달성도

구분		목표	목표도출 근거	달성	평가(검증) 방법	
분야	유형	지표명				2015년
과학기술적 성과	핵심기술 개발	동시접속 센서 모듈	20개	해양관측용 부이 평균 다중접속 센서 노드수	30개*	설계도면 (실장실험)
		통신도달 거리	5km	부이간 Ad-hoc 네트워크 도달 거리	6km**	실장실험
		데이터 전송속도	10Mbps	LTE 기반 전송속도	10.168Mbps** *	실장실험
		소비전력	300W	최대출력 연속동작 시	< 15W****	실측

* 현재 부이 게이트웨이에서 사용된 프로세서의 처리능력으로 인하여 5개 센서 모듈의 처리에 15%의 리소스가 사용되므로 30개의 센서 모듈 사용 시 90% 이내의 리소스를 사용하게 됨.

** 실외 필드 테스트를 통하여 4홉 네트워크 구성 시 대략 6km의 거리에서 통신이 가능함을 확인.

*** 부이 게이트웨이 시스템에서 촬영한 영상을 육상 모니터링 사이트의 서버로 영상을 전송하여 상향링크 LTE 전송속도를 측정함(3장 3절 실험결과 참조).

**** 전체 시스템 동작 시 소비전력 측정 결과임(3장 3절 실험결과 참조).

나. 정성적 성과

본 연구과제에서는 세부연구목표를 <표 4-3>과 같이 모두 달성하였으며 과제 결과물은 논문 및 지적재산권 출원을 통하여 대외적으로 발표하였다.

<표 4-3> 목표별 달성내용 및 달성도

목표	달성내용	달성도	증빙자료 설명/제출 (필요시)
○ 서계 스마트 플랫폼 센설	<ul style="list-style-type: none"> ○ 스마트 해양관측 센서 모듈 설계 기술 확보 <ul style="list-style-type: none"> - 해양관측 센서의 설계 및 모듈화 기술 ○ 센서 모듈의 다중접속 인터페이스 도출 <ul style="list-style-type: none"> - 다양한 해양관측 센서의 특성 및 I/O 인터페이스 분석 - 센서 모듈의 다중인터페이스 도출을 위한 기존 인터페이스 프로토콜의 분석 - 센서 모듈의 다중접속을 위한 CAN 기반의 인터페이스 및 프로토콜 도출 ○ 센서 모듈 구동 S/W 플랫폼 도출 <ul style="list-style-type: none"> - 센서 모듈 다중접속 인터페이스 프로토콜 및 구동 S/W 구현 	100 %	실적/결과보고서 증빙2(논문게재) 증빙5(논문발표) 증빙6(논문발표) 증빙9(특허출원) 증빙11(프로그램등록)
○ 통신네트워크 모듈 설계	<ul style="list-style-type: none"> ○ 실시간 영상 데이터 전송이 가능한 고속통신 모듈 설계 <ul style="list-style-type: none"> - LTE 기반의 고속통신을 지원할 수 있는 통신 네트워크 플랫폼 설계 - 고성능 카메라모듈을 이용한 영상 기록 및 촬영 영상 전송 구현 ○ 해양관측 부이들 간의 Ad-hoc 네트워크 구성 연구 <ul style="list-style-type: none"> - 해양관측 부이들 간의 mesh 네트워크 구성 및 통신 테스트 	100 %	실적/결과보고서 증빙3(논문게재) 증빙9(특허출원) 증빙10(프로그램등록)
○ IoT 플랫폼 통합관리 제어 시스템 설계	<ul style="list-style-type: none"> ○ 플랫폼 구성 모듈들의 통합 인터페이스 방식 설계 <ul style="list-style-type: none"> - CAN기반의 센서 데이터 패킷 및 인터페이스 설계 ○ IoT 플랫폼 동작상태 모니터링 및 자가진단 기능 설계 <ul style="list-style-type: none"> - 부이 내부 모니터링 기능 및 센서의 등록 및 관리를 위한 다중 접속 프로토콜 설계 ○ 효율적 전원관리 방안 연구 <ul style="list-style-type: none"> - 전력소모 효율을 고려하여 각 센서로부터 필요한 데이터들만 추출 및 압축하여 전송할 수 있는 전송 방식 설계 	100 %	실적/결과보고서 증빙4(논문발표) 증빙7(논문발표) 증빙8(특허출원) 증빙12(프로그램등록)
○ IoT 플랫폼 시제품 제작	<ul style="list-style-type: none"> ○ 개별 구성 모듈 구현 <ul style="list-style-type: none"> - 개별 구성 모듈 구현 및 수밀 가공 설계 ○ 플랫폼 구성 모듈들의 최적 결합 연구 <ul style="list-style-type: none"> - 해양 관측용 부이의 제작 	100 %	실적/결과보고서 증빙3(논문게재) 증빙4(논문발표) 증빙9(특허출원)
○ 시제품 성 능 시험	<ul style="list-style-type: none"> ○ 개별 구성요소의 성능 확보를 위한 시험 <ul style="list-style-type: none"> - 스마트 센서 플랫폼, 통신네트워크, 제어 시스템의 동작 시험 - 커넥터 및 센서 부분의 수밀 실험 ○ 해양 관측용 부이의 실험 시험 <ul style="list-style-type: none"> - IoT 플랫폼 전체 동작 실험 시험 - 부이간 통신을 위한 실험 시험 - 해양관측용 부이의 자세위치제어 시험 	100 %	실적/결과보고서 증빙1(논문게재) 증빙3(논문게재)

다. 결과의 우수성

(1) 한국모바일학회 2015 추계학술대회 우수논문상 수상

- 논문 제목: 해양관측 부이를 위한 해양 IoT 표준 플랫폼 (증빙5)
- 일자: 2015년 11월 27일

본 논문은 다양한 해양관측 정보를 획득하는데 있어서 매우 중요한 역할을 하는 해양관측 부이의 기존의 문제점을 개선하고 활용범위를 넓히기 위하여 해양관측용 부이에 특화된 ‘해양 IoT 표준 플랫폼’의 기능과 시스템 구조를 도출함으로써 실용화 가능한 수준의 표준화된 플랫폼을 구성할 수 있는 방안을 제시한 것으로서, 본 연구과제의 핵심 내용에 대한 학문적/실용적 우수성을 인정받은 것이라 할 수 있다.

(2) LTE 기반의 고속통신을 지원할 수 있는 통신 네트워크 플랫폼 설계 (증빙 3, 9 참조)

SKT와 KT에서 해상 LTE 서비스를 목적으로 커버리지 향상을 위한 노력을 많이 기울이고 있으므로 LTE 기반의 고속통신을 지원할 수 있는 통신 네트워크 플랫폼을 설계하고 적용함으로써 해상에서 부이의 통신 가능 거리의 확대와 데이터 전송 능력의 향상을 기대할 수 있다. 따라서, 센서 측정 데이터뿐만 아니라 영상 등 대용량 데이터의 고속 전송이 가능하며 필드 테스트를 통하여 동작을 확인하였다.

(3) 해양관측 부이들 간의 Ad-hoc 네트워크 구성 연구 (증빙 3, 9, 10 참조)

부이들 간에 mesh network를 구성함으로써 LTE 통신 가능 범위를 벗어나더라도 다수의 릴레이 부이를 통하여 측정 데이터를 전송할 수 있다. 이러한 통신 기능을 이용하여 해상의 위험유해물질 (HNS) 원격 탐지하는데 부이를 활용하는 방안을 논의하고 후속 과제 도출을 추진하고 있다.

(4) 센서 다중 접속 프로토콜 및 게이트웨이 개발 (증빙 4, 7, 8, 12 참조)

기존 CAN 버스를 기반으로 센서의 인식 및 등록, 관리를 용이하게 할 수 있는 새로운 다중 접속 프로토콜을 설계하고 구현하였다. 기존 CAN 버스를 기반으로 하므로 기존 인터페이스와 역호환이 가능하다는 장점을 가진다.

(5) 해양 관측 센서의 개발 및 모듈 제작 (증빙2, 6, 11 참조)

해양 관측 센서를 실제로 제작하고 모듈화할 수 있는 기술을 축적하였다.

(6) 자세위치제어가 가능한 해양관측용 부이의 설계 및 제작 (증빙1 참조)

해양관측용 부이에 운동성을 부여하여 자세위치제어가 가능하게 함으로써 기존 부이에 비해 다양한 임무 및 역할 수행이 가능할 것으로 기대된다.

2. 대외 기여도

본 연구를 통하여 확보된 관측용 부이 구성의 자유도, 정보 획득/전송 능력의 확장 등의 정성적 결과는 부이를 활용한 해양연구의 확장에 기여할 것이다. 또한, 내수면 감시용 부이, 방재용 부이 등 새로운 부이에 관한 개념 정립과 다양한 응용 가능성이 입증되어 후속 연구 및 실용화를 통한 새로운 부가가치 발생이 기대된다. 해양관측용 부이에 특화된 해양 IoT 플랫폼의 요구사항을 도출함으로써 표준 플랫폼을 설계하기 위한 기반 기술을 확보하였으며, 해양관측 부이용 해양 IoT 표준 플랫폼의 핵심 구성요소인 스마트 센서/고속통신/제어 모듈에 대한 설계 가이드라인을 제공하였다. 기존의 다양한 구성 모듈들의 단순한 결합이 아닌 인터페이스의 단일화 및 통합관리가 가능한 단일 해양 IoT 플랫폼 설계 기술을 확보함으로써 관련 기술 개발에 활용할 수 있을 것이다. 뿐만 아니라, 해양관측 부이용 해양 IoT 표준 플랫폼을 제시함으로써 해양관측용 부이의 개발/유지/보수에 소요되는 시간 및 노력이 감소되어 예산절감으로 이어질 것으로 기대된다.

또한, 본 연구과제에 참여한 연구원간 공동 연구에 대한 긍정적 경험이 축적되어 우수 연구인력 양성에 기여하였다. 특히, 알고리즘 개발 및 시스템 설계를 통하여 해양 IoT 플랫폼 설계 기술 관련 실무 능력을 크게 향상 시켰다. 이러한 연구원들의 연구 활동을 통하여 해양관측 부이를 위한 해양 IoT 플랫폼 설계 기술에 대한 IPR을 확보하고 확보한 기반 기술을 유관 산업으로 전파함으로써 관련 산업 발전에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 뿐만 아니라, 해양산업 발전, 해양영토 관리, 해양 재난안전 대비와 같은 국가적 아젠다에 부흥하는 기술 개발을 통하여 관련 산업의 활성화에 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

제 5 장 과제결과의 활용계획

본 연구과제에서 개발한 해양 IoT 플랫폼 기술은 해상 기후·관측용 부이의 정보 획득/전송 능력 확장으로 다양한 응용이 가능하다. 예를 들면, 적조경보시스템, 해상 유류유출사고 감시 시스템, 해상 유해위험물질 감시시스템을 위하여 부이를 활용할 수 있을 것이다. 특히, 선박해양플랜트 연구소 주관의 해수부 2016년 해양수산환경기술개발 사업; “위험유해물질(HNS) 사고 관리기술 개발”과 관련하여 본 연구과제의 결과를 적용할 수 있는 방안을 검토하였으며, 센서 모듈개발 결과 중에서 액체센서 모듈과 관련된 내용과 부이용 통신 기술과 관련된 내용이 적용 가능할 것으로 판단되어 향후 후속 연구가 기대된다.

해양 IoT 표준 플랫폼 요소 설계 기술을 오픈소스 기술로 공개하여 다양한 연관 활용기술 개발이 가능할 것이다. 개발된 IoT 플랫폼 요소기술을 이용하여 다양한 해양 서비스 분야에서 IoT 기술의 적용이 가능하다. 따라서, 본 연구과제의 결과는 해양관측용 첨단 부이를 위한 IoT 시스템 설계 시 표준모델로 활용 가능할 것으로 기대된다. 또한, 개발된 새로운 해양 IoT 표준 플랫폼 요소기술을 한국해양대학교 산학협력 가족회사 등 다양한 IoT 기술을 필요로 하는 기업체로 기술이전이 가능할 것으로 기대된다.

마지막으로, 본 연구과제에서는 스마트 센서 플랫폼, 통신 네트워크 모듈, 통합 인터페이스에 대한 연구를 수행하였으나 향후 해상 IoT 기술의 보다 활발한 응용을 위해서는 에너지 하베스팅, 저전력 통신 및 시스템 구동에 대한 추가 연구가 필수적이다. 따라서, 본 연구과제의 결과를 바탕으로 추가 연구를 수행하여 보다 새로운 해양 IoT 기술을 도출할 수 있을 것으로 기대된다.

제 6 장 결론

본 연구과제는 해양 관측 정보를 보다 원활히 수집하고 해상에서 다양한 임무를 수행할 수 있는 부이 시스템을 개발하기 위하여 해양 IoT 플랫폼을 설계하고 구현하는 것을 목표로 하였다. 육상에서 동작하는 시스템과 달리 해상 및 수중에서 동작하는 시스템의 구성요소들은 방수 및 수밀이 매우 중요하므로 실제 해양에서 사용이 가능한 시스템을 구현하기 위해서는 상대적으로 높은 비용과 오랜 제작 및 테스트 기간을 필요로 한다. 또한, 해상에 배치되어 동작하는 시스템의 경우 접근성이 떨어지므로 통신, 전력공급, 시스템 유지 및 관리의 어려움이 있으므로 육상의 ICT 기술 적용 환경과는 차이가 있다. 이에, 본 연구과제에서는 해양 분야의 특성을 고려하여 통신 가능 거리의 확장, 전력 소모량 감소 방안, 센서 모듈의 인터페이스 통합 및 새로운 프로토콜 등을 개발함으로써 해양 ICT를 위한 도전 문제들을 해결하고자 했다.

본 연구과제를 통하여 해양 IoT 서비스 시나리오 및 플랫폼의 요구사항을 보다 명확히 도출할 수 있었다. 이를 바탕으로 부이 시스템을 위한 해양 IoT 플랫폼의 기능을 설계하고, 구성 모듈을 구현했다. 또한, 센서 측정 데이터의 모니터링을 위한 데이터베이스 및 모니터링 화면까지 구현하여 동작을 시험했다. 본 연구과제에서는 해양 IoT를 위한 해양 관측 센서 개발부터 측정 데이터의 수집 관리와 모니터링을 위한 시스템까지 개발함으로써 해양 관측을 위한 토달 솔루션을 제공할 수 있다. 또한, 다양한 I/O 인터페이스를 CAN 버스 기반의 단일화된 인터페이스로 통합함으로써 시스템 개발 시 인터페이스 설계를 간단히 할 수 있다는 장점이 있다. 본 연구에서 새로이 도출된 센서 다중 접속 프로토콜은 기존 CAN 버스를 기반으로 하므로 부이, 선박 등 CAN 버스를 이용하는 기존의 시스템에 호환성을 유지하며 쉽게 적용될 수 있다는 장점을 가진다.

본 연구에서는 해상 부이와 육지 모니터링 사이트 사이의 통신 수단으로서 LTE 통신 방식을 새로이 적용함으로써 향후 e-Navigation에서 적용될 것으로 예상되는 LTE-M (LTE maritime)을 이용하여 보다 넓은 통신 커버리지를 확보할 수 있을 것으로 기대된다. LTE 통신 방식을 적용함으로써 고속 데이터 전송하므로 영상과 같은 대용량 데이터를 전송할 수 있어 해상 감시와 같은 새로운 임무를 수행할 수 있는 기술적 가능성을 확보했다. 또한, 메쉬 네트워크를 적용한 멀티 홉 통신네트워크를 구축함으로써 부이간 또는 부이와 선박 간 통신을 통하여 부이의 통신 가능 영역을 더욱 확장함으로써 부이의 활용성을 높이고 해상 감시와 같은 새로운 임무를 수행할 수 있는 기술적 가능성을 확보하였다.

제 7 장 참고문헌

- [1] 윤한삼, 권준혁. (2012.8). 태풍 무이파 내습시 서남해안 해양관측부이 기상파랑자료 비교 연구. 한국해양환경·에너지학회지, 15(3), 170-176.
- [2] 심재설, et al. "황해중부해역에서의 대형 해양관측부이의 운용." Ocean and Polar Research (Note) 31.4 (2009): 401-414.
- [3] 장유순, et al. "파랑모델과 부이 자료를 이용한 파랑인자 특성 분석." (2003).
- [4] 유승협, et al. "기상청 부이 관측결과를 이용한 파랑모델 비교." 대기 16.4 (2006): 279-301.
- [5] 남성현, 윤재열, and 김구. "동해 실시간 해양관측 부이로부터 관측한 태풍 매미에 대한 연안해양의 반응 고찰." J Korean Soc Oceanogr 9.3 (2004): 111-118.
- [6] Kim, Young-Seup, and Gi-Man Hong. "Estimation of marine meteorological elements using the satellite and Buoy data." J Korean Meteorol Soc 38.3 (2002): 253-259.
- [7] 심재설, et al. "황해중부해역에서의 대형 해양관측부이의 운용." Ocean and Polar Research (Note) 31.4 (2009): 401-414.
- [8] 심재설, et al. "종합관측부이 개발 및실시간 관측기술." 한국해양과학기술지 11.1 (1999): 56-67.
- [9] 이동규, 오재호, and 서영상. "연근해용 소형기상관측부이의개발." J Korean Soc Oceanogr 4.2 (1999): 155-159.
- [10] Eduardo Bolas, Nuno Borges de Carvalho, José Neto Vieira and Paulo Mónica de Oliveira "e-Navigation and the Internet of (Maritime) Things -Challenges and Opportunities-", AnaCom, Inc.
- [11] Rob Bradenham, Ken Krooner "Bringing the industrial internet to the marine industry and ships into the cloud" , October 2013, ESRG Technology Group
- [12] 이광일, 송문섭, and 장병태. "E-navigtion과 해양 사물인터넷(IoT)의 국제표준 및 기술 동향" Electronics and Telecommunications Trends. Vol. 29, No.5, Oct. 2014, pp. 18-29.
- [13] Choi, Hyeung-Sik, and Joon-Young Kim. "트랙기반 수중건설로봇의 운동 모델링에 관한 연구." Dimensions 5800.3495: 2290.
- [14] 이석환, 조성민, 김창민, 김형호, 양한욱, 오지은, 장지호. (2016.5). ITO 인쇄박막을 이용한 원격 감시형 위험유해물질 검출 센서 모듈 제작에 관한 연구. 한국마린엔지니어링학회지, 40(4), 325-329.
- [15] 이운현, et al. "해양관측을 위한 다중 홉 릴레이 네트워크 기반의 부이 시스템 구현." 한국항행학회논문지 20.3 (2016): 182-189.
- [16] Si Moon Kim, Woon Hyun Lee, Hyuk Jin Kwon, and Jeongchang Kim, "Design and preliminary Implementation of an IoT-Based System for Ocean Observation Buoys," in Proc. of ITC-CSCC 2016, Okinawa, Japan, pp. 865-867, July 2016.
- [17] 김정창, 정성훈, "해양관측 부이를 위한 해양 IoT 표준 플랫폼," 한국모바일학회 추계학술

대회, vol. 12, no. 2, Nov. 2015.

- [18] 김창민, 최정훈, 김형호, 양한욱, 오지은, 조성민, 이석환, 장지호, “ITO 인쇄박막 센서의 제작과 원격 감시형 위험유해물질 센서 구현에 관한 연구,” 한국물리학회 부울경지부 학술발표회, pp. 27, Dec. 2015.
- [19] 이운현, 김시문, 권혁진, 김정창. (2016.1). 해양관측 부이시스템을 위한 게이트웨이 설계. 한국통신학회 학술대회논문집,199-200.

제 8 장 부록

1 절 프로그램소스 코드

<CT센서 모듈 구동 S/W>

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include <mcp_can.h>
#include <SPI.h>
unsigned char can_data_C[30]; //Conductivity에 해당하는 CAN데이터
unsigned char can_data_t[30]; //Temperature에 해당하는 CAN데이터
unsigned char can_data_c[30]; //Conductance에 해당하는 CAN데이터
unsigned char buf[210]; //CAN데이터 저장공간
unsigned char Request[1]={'R'}; //Header R
unsigned char Ack1[1]; //Header A1
unsigned char Ack2[1]; //Header A2
unsigned char len=0; //CAN데이터 길이
unsigned char Sensortype[3]={'S','C','T'}; //Header 센서타입
int count = 0; //반복 및 카운트 변수
int i,j,k,l,m,n=0;
SoftwareSerial mySerial(4, 5); //CT센서 RX,TX
MCP_CAN CAN(10); //CAN Tranceiver와 SPI통신하는 핀번호
void setup() {
  Serial.begin(9600); //PC-아두이노 시리얼 통신 시작
  mySerial.begin(9600); //아두이노-CT센서 시리얼 통신 시작
  START_INIT:
  if(CAN_OK == CAN.begin(CAN_250KBPS)) //CAN boadrate=250Kbps
  {
    Serial.println("CAN BUS Shield init ok!");
  }
  while(1){ //Ack1을 받을때까지 R Header전송
    CAN.sendMsgBuf(0x10,0,1,Request);
    CAN.readMsgBuf(&len, Ack1);
    Serial.println("Need Ack1 receiving");
    if(Ack1[0]=='A' && len==1)
```

2 절 실적 증빙 자료

1. 국내 논문게재 3편 및 제출 1편

- (증빙1) 최동호, 이영진, 홍승민, Mai The Vu, 최형식, 김준영, “트랙기반 수중건설로봇의 운동 모델링에 관한 연구,” 한국해양공학회지, vol. 29, no. 5, pp. 386-391, Oct. 2015.
- (증빙2) 장지호, 이석환, 양한욱, 김형호, 오지은, 김창민, 조성민, “ITO 인쇄박막을 이용한 원격 감시형 위험유해물질 검출 센서 모듈 제작에 관한 연구,” 마린엔지니어링학회지, vol. 40, no. 4, pp. 325-329, May. 2016.
- (증빙3) 이운현, 권혁진, 김시문, 정성훈, 김정창, “해양관측을 위한 다중 홉 릴레이 네트워크 기반의 부이 시스템 구현,” 한국항행학회논문지, vol. 20, no. 3, pp. 151-156, Jun. 2016.
- (증빙13) 최동호, 홍승민, 이영진, 김준영, “호버링 타입 자율무인잠수정 ‘OCTAGON’의 테스트 베드 개발,” 마린엔지니어링학회지, 제출, 2016.

2. 국외 논문발표 1편

- (증빙4) Si Moon Kim, Woon Hyun Lee, Hyuk Jin Kwon, and Jeongchang Kim, “Design and preliminary Implementation of an IoT-Based System for Ocean Observation Buoys,” in *Proc. of ITC-CSCC 2016*, Okinawa, Japan, pp. 865-867, July 2016.

3. 국내 논문발표 3편

- (증빙5) 김정창, 정성훈, “해양관측 부이를 위한 해양 IoT 표준 플랫폼,” 한국모바일학회 추계 학술대회, vol. 12, no. 2, Nov. 2015.
- (증빙6) 김창민, 최정훈, 김형호, 양한욱, 오지은, 조성민, 이석환, 장지호, “ITO 인쇄박막 센서의 제작과 원격 감시형 위험유해물질 센서 구현에 관한 연구,” 한국물리학회 부울경지부 학술발표회, pp. 27, Dec. 2015.
- (증빙7) 이운현, 김시문, 권혁진, 김정창, “해양관측 부이시스템을 위한 게이트웨이 설계”, 한국통신학회 동계종합학술발표회 논문집, pp. 199-200, Jan. 2016.

4. 국내 특허출원 3건

- (증빙8) 김정창, 이운현, 김시문, “해양 IoT 플랫폼을 위한 CAN 버스 기반의 데이터 송수신 시스템 및 방법,” Korean Patent, 출원번호 10-2016-0054656, 등록일: May 03, 2016.
- (증빙9) 김정창, 이운현, 김시문, 권혁진, “해양 관측 부이를 위한 데이터 수집 및 모니터링 방법 및 시스템,” Korean Patent, 출원번호 10-2016-0057391, 등록일: May 11, 2016.

5. 프로그램등록 3건

- (증빙10) 김정창, 권혁진, “해양관측 부이의 mesh(메시) 네트워크 송수신 프로그램,” Korean Patent, 등록번호 C-2016-013490, 등록일: Jun 3, 2016.
- (증빙11) 김정창, 김시문, “해양관측 부이의 센서 모듈 제어 프로그램,” Korean Patent, 등록번호 C-2016-013491, 등록일: Jun 3, 2016.
- (증빙12) 김정창, 이운현, “해양관측 부이의 게이트웨이 제어 프로그램,” Korean Patent, 등록번호 C-2016-013492, 등록일: Jun 3, 2016.

주 의

1. 이 보고서는 한국해양과학기술원에서 수행한 주요사업의 연구결과 보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 한국 해양과학기술원에서 수행한 주요사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.