

T0020000

최 중
연구보고서

외해 수중 가두리 양식장용 자동 감시 및 관리 시스템 개발
Development for monitoring and management system
for ocean fish farm

2008. 09

주관연구기관 : 한국해양대학교

농림수산식품부

제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “외해 수중 가두리 양식장용 자동 감시 및 관리 시스템 개발”
과제의 최종보고서로 제출합니다.

2008 년 09 월 13 일

주관연구기관명 :	한국해양대학교
주관연구책임자 :	오진석
세부연구책임자 :	박동국
세부연구책임자 :	조성환
연 구 원 :	곽준호
연 구 원 :	조관준
연 구 원 :	강철원
연 구 원 :	정혜미
연 구 원 :	김비아
연 구 원 :	정성영
연 구 원 :	오유미

연 구 원 : 함 연 재
연 구 원 : 류 우 준
연 구 원 : 이 충 기
협동연구기관명 : 국립수산과학원
협동연구책임자 : 정 성 재
협동기관연구원 : 양 용 수
협동기관연구원 : 신 종 근
협동기관연구원 : 손 병 규
협동기관연구원 : 배 재 현
협동기관연구원 : 이 경 훈

요 약 문

I. 제 목

외해 수중 가두리 양식장용 자동 감시 및 관리 시스템 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

세계인구의 증가로 머지않은 미래의 식량수급에 큰 차질이 예상되고 있는 가운데, 사람들은 이를 극복하기 위한 방법으로 바다에 눈을 돌리기 시작하였다. 우리 지구는 전 표면적의 70%에 해당하는 매우 넓은 면적의 바다를 가지고 있으며, 해양에서 얻을 수 있는 식량생산의 잠재력은 육상에 비하여 매우 크다.

이러한 점에 착안하여 미국이나 노르웨이 등 바다를 끼고 있는 여러 선진국에서는 자국 실정에 맞게 바다 목장과 같은 사업을 추진하고 있다. 미국 해양대기청(NOAA)은 지역공동체들과 협력하여 패류양식과 어류양식 발전을 도모해 오고 있는데, 이는 양식업 발전으로부터 일자리, 어업소득 창출 등 경제적 이익이 클 것으로 기대되기 때문이다. 더욱이 외해양식업 발전에 따라 해면어업 어획량 감소를 보충할 수 있는 수산물 생산이 가능해지고, 세계 총수산물 공급에도 크게 기여할 것으로 기대된다. 지금까지 NOAA 기금에 의해 수중가두리를 이용한 외해양식 시험사업이 뉴햄프셔, 푸에르토리코, 하와이에서 행해져 왔는데, 시험사업 결과는 외해 수중 가두리에 의한 어류양식 생산성이 아주 뛰어난 것으로 나타났을 뿐만 아니라, 해양환경에 대한 영향도 양호한 것으로 조사되었다.

노르웨이의 마린테크(MARINTEK)에서도 부상식 가두리 시설의 수리 모형실험 및 수치해석에 관한 연구를 수행하고 있고, 미국은 뉴햄프셔 대학(University of New Hampshire)에서도 외해 수중 가두리 시설에 관한 수리 모형실험 및 수치해석에 관한 연구 수행하고 있다.

최근 우리나라에서도 한국형 외해 양식을 위한 외해 수중 가두리 양식장의 연구·개발이 수행 중에 있으며, 이에 따라 해상 가두리 양식장을 위한 감시 및 관리 시스템 구축에 대한 국내 기술의 연구·개발이 절실한 시점이다. 외해 수중 가두리 양식장용 환경 모니터

링 시스템의 경우 육상의 양식장 모니터링 시스템과는 달리 염분이나 태풍, 파도 등의 해상의 열악한 조건에서도 높은 신뢰성을 가지고 동작하여야 하며, 수명이나 효율성의 측면에서도 육상의 것보다 높아야 한다.

이러한 외해 수중 가두리 양식장용 환경 모니터링 시스템에 대한 기술은 세계적으로도 아직 완전히 선점하고 있는 분야가 아니므로 우리나라도 조속한 기술개발을 통해 종합적인 양식기술의 선진국으로 도약하는 발판을 마련해야 할 것이다.

III. 연구개발 내용 및 범위

외해 수중 가두리 양식장용 자동 감시 및 관리 시스템의 개발을 위하여 다음과 같은 연구 내용을 수행하였다.

- 외해 수중 가두리의 환경 데이터를 수집하여, 해수 유동 관측을 비롯한 해양 화학 분석, 가두리 양식장의 퇴적물 특성 분석, 양식장 수질 변화 등의 항목에 대하여 연구 분석하였다.
- NH_4^+ , DO, pH, 클로로필-a 등의 환경인자 측정 기법에 대하여 흡광광도법, 중화적정법, 이온 전극법, 플라로그래피식, 갈바니전지식, 잉클러-아지드화나트륨 변법, 지시자를 이용한 방법, 수소 전극을 이용한 방법, 안티모닉 전극을 이용한 방법, 유리 전극을 이용하는 방법, 형광측정법 등에 대하여 조사하고 본 연구 개발 과제에 맞는 방법을 선정하였다.
- 이온 전극을 이용하여 환경인자들을 측정하기 위하여 이온 전극의 특성에 대하여 조사하고 이온 전극을 자동화 계측하는 방법에 대하여 연구하여, 이온 전극 자동화 장치를 설계·개발 하였다. 이온 전극 자동화 장치는 각종 용기와 펌프, 밸브, 모터 등으로 이루어져 있으며, 이들은 해상 환경에 가장 적합하게 제작되었다.
- 외해 수중 가두리 양식장 관리 시스템의 전력원으로 사용하기 위한 태양광 전력 시스템에 대하여 연구하고 이를 바탕으로 최대전력추종 제어장치를 설계·개발하였다.
- 이온 전극 자동화 장치의 제어를 비롯한 각종 환경 인자들의 데이터 수집 기능을 수행하는 IT 기반의 제어시스템 신호처리 모듈을 설계하여 시제품에 적용하였다. 제어시스템 신호처리 모듈은 각종 모터 및 밸브 제어, 이온 전극의 신호 수집을 비롯하여 육상의 HOST PC와의 통신 기능을 포함하여 원격 모니터링이 가능하도록 하

였다.

- 해상에서 무선 통신 시스템의 구조에 대하여 육상의 상황과 비교하여 연구하고 외해 수중 가두리 양식장 환경에 적용할 수 있는 구조에 대하여 설계하고 실험하였다. 무선 LAN 기반의 해상 무선 통신 시스템은 대용량의 데이터를 수집할 수 있어 양식장의 영상 감시 시스템 구현을 가능하게 하였으며, 다른 장비와의 연동성을 크게 높여 장치의 확장성과 다른 시스템으로의 적용성이 향상되었다.
- 수중 카메라와 영상 신호 처리 모듈을 이용하여 수중 감시 시스템을 개발하였다. 수중 카메라는 수심 50m 의 수압에도 견딜 수 있어 가두리 감시용으로 적합하며, 영상 신호 처리 모듈은 NTSC 방식의 카메라 신호를 Mpeg-4로 압축하여 디지털로 전송하였다.
- 해상 환경에서 발생할 수 있는 누전 등의 사고 대책으로 누전 감시 시스템을 설계·개발하였으며, 수중에 노출된 장비 뿐만 아니라 다른 장비들의 전력소모도 모니터링 할 수 있도록 하여 보다 효율적인 전원 관리가 가능하도록 하였다.
- 해상에서 부족한 전력을 보완하기 위하여 태양광 발전 시스템에 풍력이나 파력 발전 시스템을 연계할 수 있는 하이브리드 전력 공급 시스템에 대하여 연구·개발하였으며, 전원 관리 제어 모듈과 연동하여 통합적인 전력 관리 시스템이 구성되도록 하였다.
- 가두리 양식장의 상하 이동장치를 위하여 위치 검출 시스템의 구성 방안에 대하여 연구하고 가장 적합한 방법으로 개발하였다. 또한 기구적인 제동장치인 워기어와 전자 브레이크 등을 사용하여 위치 고정 시스템도 설계하였다.
- 공기와 전기를 함께 이용하는 연동형 위치 이동 시스템을 개발하기 위하여 새로운 가두리 양식장의 림 구조형태를 제안하고, 공기/전기를 함께 제어할 수 있는 제어 시스템을 임베디드 컨트롤러를 사용하여 개발하였다.
- 다년간 걸쳐 연구·개발된 모듈들을 종합하여 실제 해상에서 실험하였으며, 이를 위해 실험용 부이를 제작, 장기간 실험하면서 개발된 기술의 상용화 작업을 수행하였다.

IV. 연구개발 결과

외해 수중 가두리 양식장용 환경 감시 및 관리 시스템의 연구 개발 내용을 수행한 결과 년차별로 다음과 같은 결과를 확보할 수 있었다.

1. 1차년도

- 측정기법 (온도, pH , NH_4^+)
 - ▶ 환경 DB 분석을 통한 온도 측정 포인트 확정
 - ▶ pH , NH_4^+ 측정 자동화 알고리즘 개발
 - ▶ pH , NH_4^+ 이온센서자동 세척 및 보정 알고리즘 개발
 - ▶ 유속 및 기타 측정 포인트에 대한 알고리즘 확보
- 신호처리 모듈 개발
 - ▶ RF 모뎀을 이용한 다중통신알고리즘 개발
 - ▶ CDMA, AIS와 연동 가능한 프로토콜 개발
 - ▶ 해상 통신 가능 거리 2000m 확보
- 다중 신호처리 모듈 개발
 - ▶ 하나의 모듈 네 개의 신호처리가 가능한 모듈 개발
 - ▶ 측정 신호별 측정 오차 $\pm 5\%$ 이내 유지 기술 확보
 - ▶ 다중 신호처리 모듈의 확장 기술 개발
- IT 기반의 제어시스템 신호처리 모듈 개발
 - ▶ 신호처리 모듈과 연계하여 통신 거리 2000m 확보
 - ▶ 수신된 데이터의 통신 오류 분석 기술 개발
 - ▶ LabVIEW 기반의 화면 모니터링 시스템 개발
 - ▶ 자동화 시스템의 화면 제어 기술 개발
- 태양광 전력공급시스템 개발
 - ▶ 과충전, 과방전 방지 기술 개발
 - ▶ MPPT 제어 기술 개발
 - ▶ IT기반의 제어 시스템과 연동하여 전력 공급 시스템

- ▶ 모니터링 가능하도록 하는 연계기술 개발
- 외해 수중 가두리 양식장 DB 구축
 - ▶ 외해 수중 가두리 양식장의 측정 인자 선별
 - ▶ IT 기반의 제어시스템과 연계하여 수집된 DB를 분석, 진단하는 기능 개발
 - ▶ IT 기반의 제어시스템과 연계하여 인터넷 모니터링이 가능하도록 개발

2. 2차년도

- 수중카메라 측정기법 및 측정알고리즘 개발
 - ▶ 수중 영상 신호를 전달하기 위한 방법으로 무선보다 유선이 실용적임을 검증
 - ▶ 웹서버를 이용한 영상 신호 전송 알고리즘 확보
- Vision 신호처리 모듈 개발
 - ▶ 수중 카메라 실태를 조사·선정
 - ▶ 수중 카메라의 영상신호를 Mpeg 4 타입으로 압축
 - ▶ 5.8GHz 대역의 주파수를 이용하여 실시간 감시 가능
- 수중카메라 제어시스템용 입출력 신호처리 모듈 개발
 - ▶ PTZ 제어가 가능한 제어 모듈 설계 및 개발
 - ▶ 해상 환경용 무선 감시 시스템의 구조 설계 및 개발
- 수중카메라용 라이트 전원 제어관리시스템 개발
 - ▶ 조명에 대한 부하를 상황에 따라 제어하여 효율적인 전원관리가 가능하도록 함
 - ▶ 조명이외의 다른 장치들의 전원 관리 제어 기능 포함
- 누전 등 비상시 수중 전원 차단 시스템 개발
 - ▶ 수중카메라 전원 및 수중 라이트 전원 부분에 대한 누전 감지 알고리즘 개발
 - ▶ 과전류 전원 차단 시스템 등 비정상적인 동작에 대한 감지 및 전원 차단 시스템 개발
- 신호처리용 프로토콜 설계
 - ▶ TCP/IP 프로토콜을 기반으로 한 신호처리 시스템 확보
 - ▶ RS232-Ethernet 상호 연동 모듈 설계 및 개발
- 하이브리드 전력공급 시스템 개발
 - ▶ 하이브리드 기반의 충·방전 제어 시스템 설계 및 개발
 - ▶ 출력 전력에 따른 독립적 스위칭 기술 도입

3. 3차년도

- 위치제어기법 및 알고리즘
 - ▶ 한국형 가두리 양식장의 새로운 형태를 제안
 - ▶ 공기 및 전기를 이용한 하이브리드 형태의 위치제어기법에 대한 알고리즘을 확보
- 위치 검출 시스템
 - ▶ 가변저항과 고해상도 A/D 컨버터를 이용하여 기구적으로 간결하고 정확도가 높은 검출 시스템을 개발
- 전동기 제어시스템
 - ▶ 일반 삼상 유도 전동기를 비롯한 각종 전동기를 사용하여 가두리 위치 제어가 가능한 제어시스템을 개발
- Hybrid 연동 제어시스템
 - ▶ 공기를 제어하는 압축기 및 밸브, 전기적 구동원인 전동기를 사용하여 동시 제어가 가능한 제어장치 개발
 - ▶ 공기와 전기 방식을 연계하여 보다 효율적인 위치 이동 시스템을 구현
- MP 기반의 위치제어기
 - ▶ 임베디드 컨트롤러를 사용하여 사용자의 조작이 용이
 - ▶ 자동/수동 모드를 두어 Fail-safe 개념을 적용
 - ▶ 데이터 통신을 통하여 가두리의 현재 수심을 모니터링 가능하도록 구성
- 위치 유지시스템
 - ▶ 기구적으로 전자 브레이크와 워기어를 사용하여 가두리와 연결된 부분의 제동력 확보
 - ▶ 가두리 구조적으로 하부림 고정대를 설치하여 기본적인 위치유지 가능
- 파력 발전 연계형 전력공급체계
 - ▶ 환경 감시 시스템용 부이 등에 설치 가능한 파력발전 장치에 대해 연구 및 설계
 - ▶ 파력 발전의 특성을 반영하여 2차년도 하이브리드 전원 공급 시스템을 보완
- 외해 수중 가두리 양식장용 환경 감시 및 관리 시스템 시제품
 - ▶ 통합 실험용 부이를 제작하여 실제 해상에서 장기간 실험
 - ▶ 모듈별 상용화 및 전체 통합 시스템의 상용화 제의

V. 연구개발 결과의 활용계획

- 외해 수중 가두리 양식장용 자동감시 및 관리시스템 국내 및 국제 특허 출원
- 외해 수중 가두리 양식장용 자동감시 및 관리시스템 지침서 제공
- 외해 수중 가두리 양식장용 관리시스템 모델 제시 및 실용화 보급
- 양식어업 구조 조정에 대한 정책 자료 제공
- 외해 수중 가두리 양식장용 관리시스템 브랜드화 및 중국, 동남아시아 등 국외 수출
- 외해 수중 가두리 양식장을 비롯한 다른 해상 부유 시설물의 무선 통신 분야에 대한 기반 기술을 확보
- 하이브리드 전원 제어 시스템에 대한 연구 개발 내용은 차세대 독립형 시스템의 기반 기술로 활용 가능

SUMMARY

I . Title

Development for monitoring and management system for ocean fish farm

II. Aim of the project

Nowadays the predicted global food crisis is the key issue on the minds of most government officials and business figures throughout the world because of the food shortage and soaring food prices. As a result, they are increasingly looking to the sea which is 70% of the surface area on the earth to tackle this crisis. For example, many advanced countries which are located by the sea such as the USA and Norway have tried to promote some projects like ocean fish farming to their own circumstances. For instance, National Oceanic and Atmospheric Administration(NOAA) in the USA has been cooperating with local communities to develop shellfish and fish farming which are expected to boost their economy through the creation of jobs and income from fisheries. Moreover ocean fish farming is also expected to contribute toward the world supply of marine products because it could supplement the decreasing haul from traditional open sea fishing. In addition, the impact on the environment is also minimal. Not only MARINTEC in Norway has been conducting studies about simulation facilities, but also New Hampshire University in the USA has been investigating underwater fish farm facilities. Recently, Korea has been undertaking studies for ocean fish farming off the coast of Korea. Therefore it is very important time to establish our own monitoring/management system for ocean fish farm. There are many differences between ocean fish farm and a traditional fish farm, especially about system because it is operated under extreme conditions such as a high salinity, a big typhoon and a frequent wave. In addition, its life expectancy and efficiency must also be greater than the latter system. although some advanced countries which are mentioned above have already been conducting the research about

ocean fish farm, its monitoring/management technology hasn't been occupied completely. Therefore if the Korean government urgently invests in developing its technology, it would be a great opportunity for Korea to become an advanced country in ocean fish farm area in the world.

III. Contents of the project

This project is to develop monitoring/management system for ocean fish farm and its contents follow.

- Collected all data materials of ocean fish farm and analyzed and studied them
 - Seawater flow
 - Chemical analysis of seawater
 - Characteristic of deposit in a fish farm
 - Changing of water quality in a fish farm
- Surveyed measurement methods of environmental factors such as NH_4^+ , DO , pH , and Chlorophyll-a and selected suitable methods among them for this project
 - Absorption spectrophotometry method
 - Neutralization propriety method
 - Ion selective electrode method
 - Polarographic method
 - Galvanic battery method
 - Winkler with Azid modification method
 - Using indicator method
 - Using hydrogen electrode method
 - Using antimonite electrode method
 - Using glass electrode method
 - Fluorescence measurement method
- Studied characteristics of ion electrode to measure environmental factors and studied automatic measuring methods of ion electrode to measure

environmental factors and studied automatic measuring methods of ion electrode.

- Studied solar power generation system to use it as a power source for ocean fish farm management system and designed and developed MPPT controller based on these results.
- Designed a signal processing module for the control system based on IT to collect data from all kinds of environmental factors and to control the ion electrode automation system. Moreover, it was applied to its approval. In addition, not only this module collects signals from all kinds of motors, valves and ion electrode, but also the module makes it possible to be monitored remotely including communication with a HOST PC in land.
- Studied wireless communication system at sea compared with at land and designed and tested the system which is suitable for ocean fish farm. Wireless communication system based on LAN makes it possible to collect huge amounts of data, as a result, this system makes it possible to monitor the system with video data from fish farm. In addition, the system makes it much easy to connect with the other equipment, therefore its potential extension and applications with the other system are improved.
- Developed the monitoring system under water using an underwater camera and video signal processing module. The underwater camera is suitable for monitoring fish farm because it stands against 50m depth of water pressure. Video signal processing module compressed NTSC camera signal into Mpeg-4 digital signal for its transmission.
- Designed and developed short circuit monitoring system as a countermeasure of an electric leakage. In addition, all power consumption is monitored to manage power efficiently.
- Studied and developed the hybrid power supply system to be able to

connect with solar and wind or solar and wave power generation system for complement shortage of power at sea. In addition, the hybrid system is also linked with power management control module, as a result it is possible to integrate it with power management system.

- Studied the fish farm position detecting system for an up and down shifter and selected and developed most suitable method. In addition, steady position system is also developed using mechanical barkers such as worm gear and electronic breaker.
- Introduced new rim structure of fish farm to develop hybrid positioning system using air and electricity together and its control system is also developed using embedded controller to control air and electricity together.
- Tested complete system on the open sea using experimental buoy for a long time and conducted its commercial usage

IV. Result of the project

The project was conducted over a three year period. The results follow:

1. First year

- Measurement techniques for temperature, pH and NH_4^+
 - ▶ Determined a point to measure temperature according to environmental DB
 - ▶ Developed an algorithm to measure pH and NH_4^+ automatically
 - ▶ Developed an algorithm to clean pH and NH_4^+ ion sensors automatically
 - ▶ Determined an algorithm for measurement points for velocity of a moving fluid and the others
- Determined an algorithm for measurement points for velocity of a moving fluid and the others

- ▶ Developed multi communication algorithm using RF modem
- ▶ Developed a protocol to be able to communicate with CDMA and AIS
- ▶ Ensured 2,000m communication range on the sea
- Developed multi-signal processing module
 - ▶ Developed a module which is able to process 4signals
 - ▶ Developed techniques to keep measurement within $\pm 5\%$ error according to measured signals repectively
 - ▶ Developed techniques to utilize multi signal processing module
- Developed signal processing module for the control system based on IT
 - ▶ Ensured 2,000m communication distance with signal processing module
 - ▶ Developed analysis techniques of communication errors
 - ▶ Developed monitoring system based on LabVIEW
- Developed solar power generation system
 - ▶ Developed protection techniques for overcharging and over discharging
 - ▶ Developed MPPT control techniques
 - ▶ Developed power supply system which is linked with the control system based on IT
 - ▶ Developed linking techniques to undertake monitoring
- Established DB of ocean fish farm
 - ▶ Selected measurement factors of ocean fish farm
 - ▶ Developed analysis and examination techniques of collected DB with the control system based on IT
 - ▶ Developed an internet monitoring system linked to the control system based on IT

2. Second year

- Developed calibaration algorithm and techniques for an underwater camera
 - ▶ Proved cable to be more appropriate than wireless for transmitting of image signals under water

- ▶ Ensured transmission algorithm for image signals using web server
- Developed vision signal processing module
 - ▶ Surveyed underwater cameras to select most appropriate one
 - ▶ Compressed image signals into Mpeg4
 - ▶ Ensured real time monitoring system using 5.8GHz
- Developed input/output signal processing module to control the underwater camera
 - ▶ Developed and designed control module for PTZ control
 - ▶ Developed and designed wireless monitoring system to monitor marine environment
- Developed power control system for an underwater camera lighting system
 - ▶ Ensured efficient power management by controlling light power consumption relevant to circumstances
 - ▶ Included power management control for other equipment as well
- Developed an emergency underwater power cut off system (i.e. short circuit)
 - ▶ Developed short circuit detection algorithm for the underwater camera power unit and underwater light unit
 - ▶ Developed abnormal operation and cut off power detection system (i.e. over current cut off system)
- Designed signal processing protocol
 - ▶ Ensured signal processing system based on TCP/IP protocol
 - ▶ Developed and designed linked module with RS232-Ethernet
- Developed hybrid power generation system
 - ▶ Developed and designed a hybrid charge and discharge control system
 - ▶ Introduced independent switching techniques according to output power

3. Third year

- Positioning control techniques and algorithm
 - ▶ Introduced new Korean type of fish farm
 - ▶ Utilised positioning control algorithm using an air and electric hybrid system

- Position detection system
 - ▶ Developed a detection system which is mechanically simple with high accuracy using variable resistors and a high resolution A/D convertor
- Electric motor control system
 - ▶ Developed a three phase induction electric motor control system for fish farm position
- Hybrid control system
 - ▶ Developed control system for compressor and valves which control the and electric motor simultaneously
 - ▶ Developed efficient positioning system which varies according to the air pressure and electric motor
- Position controller based on MP
 - ▶ Developed a user friendly system using imbedded controller
 - ▶ Applied a fail-safe concept use of an auto/manual mode
 - ▶ Designed monitoring system to monitor current fish farm's depth
- Steady position system
 - ▶ Maintain braking power using electric break and worm gear
 - ▶ Ensure steady positioning via mechanical links to the outer corners of the fish farm
- Power supply mechanism connected with the wave power generator
 - ▶ Studied and designed a wave power generation system which could be installed on the buoy to monitor the environmental conditions
 - ▶ complemented second year's hybrid power supply system with wave power generation system
- Approval of environmental monitoring and management system for ocean fish farm
 - ▶ Ling term trials on the open sea using experimental buoy
 - ▶ Proposed commercial usage of complete system and also each module as well

V. Application plan of the project

- Apply for Korean and International patents of automatic monitoring and management system for ocean fish farm
- Service guide book about automatic monitoring and management system for ocean fish farm
- Present model for fish farm management system and advertise its utility
- Provide data material to assist reconstruction policy of fishery industry
- Produce and market ocean fish farm management system for export to China and Southeast Asia nations
- Future plan to develop fundamental wireless communication techniques to be applicable to other floating facilities
- Utilize the hybrid power control system for the next generation stand-alone power generation systems

CONTENTS

Chapter 1. Summary of research development	1
1.1 Necessity of research development	1
1.2 Aim and contents of research development	5
1.2.1 Final goal	5
1.2.2 Propulsion strategy and method	6
1.2.3 Expectation effect	9
1.2.4 Application plan	9
Chapter 2. Internal and external technical development present condition and science technology information	10
2.1 Internal and external technical development present condition	10
2.1.1 Internal technical development present condition	10
2.1.2 External technical development present condition	13
2.2 Problem point of research development	15
2.3 Prospect of research development subject	17
Chapter 3. Accomplishment contents and result	18
3.1 Theory and access method	18
3.1.1 NH_4^+ , DO , pH , Etc. environment factor measurement method	18
3.1.2 Ion electrode	23
3.1.3 Sola power generation	34
3.1.4 Wave power generation	43
3.1.5 Wireless communication system	50
3.1.6 Image processing system	68
3.1.7 Up-down movement system	75
3.2 Research contents	88
3.2.1 Ocean fish farm environment data collection and analysis	88
3.2.2 Ocean fish farm environmental monitoring and management system H/W plan and production	103

3.2.3 Ocean fish farm environmental monitoring and management system S/W production	215
Chapter 4. Research development attainment of objective and coherence of relationfield	232
4.1 Research development attainment of objective and oneself evaluation of attainment	232
4.1.1 First year	232
4.1.2 Second year	234
4.1.3 Third year	236
4.2 Coherence in Relation field	238
4.2.1 Technical side	238
4.2.2 Economic industrial side	238
Chapter 5. Application plan of research and development result	240
Chapter 6. References	241

List of Table

Table 1.1 Present condition of ocean fish farm in our country	2
Table 3.1 The quality of the NH_4^+ electrode	26
Table 3.2 The quality of the pH electrode	26
Table 3.3 Type of ion electrode and Example of sensing membrane	30
Table 3.4 The efficient sola sell	34
Table 3.5 Comparison of wireless lan technique	54
Table 3.6 Comparison of DSSS and FHSS methods	59
Table 3.7 Quality table of wireless lan modem I	63
Table 3.8 Quality table of wireless lan modem II	63

Table 3.9 Quality table of underwater camera	74
Table 3.10 Quality table of PLC(CuBLOC)	84
Table 3.11 Quality of water result of Site a and Site b	101
Table 3.12 Rearing temperature and mortality temperature of various oceanic life	102
Table 3.13 Type and comparison of transfer pump	114
Table 3.14 Experimental table of discharge quantity in Metering pump	116
Table 3.15 Exhaust attachment valve / Comparison of pump feature	117
Table 3.16 Comparison table of exhaust time	118
Table 3.17 Comparison table of gear motor	121
Table 3.18 Comparison around agitation system	121
Table 3.19 Comparison table of CUP in control device	138
Table 3.20 Comparison table of each enterprise of underwater camera	165
Table 3.21 Specification of the selected underwater camera	166
Table 3.22 Difference of each structure of wireless image system	169
Table 3.23 Specification of hardware of image signal processing module	170
Table 3.24 2.4GHz - specification of 16dBi patch antennae	173
Table 3.25 5.8GHz - specification of 23dBi patch antennae	174
Table 3.26 The image reception ratio in experimental place	176
Table 3.27 The case which uses the acryl (specific gravity 1.2)	196
Table 3.28 The case which uses the ABS (specific gravity 1.02)	196
Table 3.29 Protocol control character	223
Table 4.1 Development target attainment chart in first year	232
Table 4.2 Development target attainment chart in second year	234
Table 4.3 Development target attainment chart in third year	236

List of Figures

Figure 1.1 The damage amount of ocean fish farm facilities which are caused by typhoon etc.	3
---	---

Figure 1.2 The damage amount which is caused by red tide occurrence	3
Figure 1.3 Research and development final goal	5
Figure 1.4 Propulsion strategic system diagram	6
Figure 1.5 Development prospective plans of ocean fish farm DB construction field	7
Figure 1.6 Development prospective plans of underwater camera	7
Figure 1.7 Development prospective plans of ocean fish farm location control system	8
Figure 2.1 Sea area model of marine ranch	10
Figure 2.2 The leisure style marine ranch which is a development plan	11
Figure 2.3 Ocean fish farm in Jeju island	12
Figure 2.4 Conceptual plan of NOAA underwater fish farm	12
Figure 2.5 An air view of ocean fish farm in Hawaii	13
Figure 2.6 Prospective plan of Ocean fish farm establishment	14
Figure 3.1 Basic configuration of the Ion Selective Electrode system	29
Figure 3.2 Structures of Ion Selective Electrode	31
Figure 3.3 Occurrence of electron and electron hole pair by light	35
Figure 3.4 The electric current which flows in pn junction by consistency, electric potential difference	35
Figure 3.5 Voltage - current curve of solar battery module	36
Figure 3.6 Control flowchart of MPPT algorithms	39
Figure 3.7 Buck converter basic circuit	41
Figure 3.8 Buck converter waveform	41
Figure 3.9 OWC (Oscillating Wave energy Converter)	45
Figure 3.10 The picture of Mighty Whale	45
Figure 3.11 Wave energy converter (Salter Duck)	46
Figure 3.12 Conceptual plan of Tapchan	47
Figure 3.13 Floating wave generation system	48
Figure 3.14 Wave energy converter (Wave Rider)	49
Figure 3.15 Multi-path phenomenon	52

Figure 3.16 Basic structures of diffusion bandwidth	56
Figure 3.17 Bit pattern of DSSS methods	57
Figure 3.18 Frequency hopping pattern of FHSS methods	58
Figure 3.19 Parameter of IEEE 802.11a wireless modem and transmit rate	61
Figure 3.20 Friss by wireless LAN mordem	65
Figure 3.21 Plane earth by wireless LAN mordem	67
Figure 3.22 H/W Structure of the network video server	72
Figure 3.23 Conceptual plan of underwater camera	73
Figure 3.24 A picture developed of Korean ocean fish farm by National Fisheries Research & Development Institute	75
Figure 3.25 Conceptual plan of Korean ocean fish farm	76
Figure 3.26 Conceptual plan of Electric up-down movement	77
Figure 3.27 Shape of the up and down Rim	78
Figure 3.28 Shape and Structure of the rim contents	79
Figure 3.29 Conceptual plan of the control unit	81
Figure 3.30 A sequence circuit diagram(3Ø) of up-down movement	86
Figure 3.31 Result of velocity of flow observation in ocean fish farm(30m)	88
Figure 3.32 Moving trace of measuring plate	89
Figure 3.33 Results of ADCP continual tidal velocity of flow	90
Figure 3.34 Tidal current ellipse diagram of the observed and modeled value	91
Figure 3.35 Vertical distribution of temperature & salinity by the ocean fish farm	95
Figure 3.36 DIN Density in the ocean fish farm installed	97
Figure 3.37 Granularity diagram around the ocean fish farm	98
Figure 3.38 Diagram of the ocean fish farm around sediment. (Sorting, skewness, kurtosis)	98
Figure 3.39 Varied of organic material from the ocean fish farm installed ..	100
Figure 3.40 Conceptual plan of ion electrode management system	104
Figure 3.41 Constituent plan of ion electrode movement device	106
Figure 3.42 Ion electrode movement device of first prototype	107

Figure 3.43 Ion electrode movement device of secondary prototype	108
Figure 3.44 Ion electrode movement device of final prototype	109
Figure 3.45 Keeping container and measuring container of first prototype	111
Figure 3.46 Keeping container and measuring container of secondary prototype	112
Figure 3.47 Keeping container and measuring container of final prototype	113
Figure 3.48 Specification of motor drive in metering pump	114
Figure 3.49 A picture at each metering pump	115
Figure 3.50 A picture and External shape of DC solenoid valve	118
Figure 3.51 Installed solenoid Valve at each prototype	119
Figure 3.52 Agitating magnets and agitating device of first prototype	123
Figure 3.53 Agitating magnets and agitating device of secondary prototype	124
Figure 3.54 A bottle for reagent charge of first prototype	126
Figure 3.55 A bottle for reagent charge of secondary prototypes	127
Figure 3.56 A bottle for reagent charge of final prototype	128
Figure 3.57 Multi signal processing module of first prototype	130
Figure 3.58 Multi signal processing module of secondary and final	132
Figure 3.59 Power conversion circuit	133
Figure 3.60 Experimental waveform of power conversion circuit	134
Figure 3.61 Experimental waveform of multi signal processing module	135
Figure 3.62 Constituent plan of DAU module	136
Figure 3.63 Control system module by each prototype	143
Figure 3.64 Chip selective and output latch circuit	144
Figure 3.65 Experimental waveform of chip selective and output latch circuit	145
Figure 3.66 Power on reset of 75HC574	146
Figure 3.67 Pump and valve drive circuit	147
Figure 3.68 Experimental waveform of pump and valve drive circuit	148
Figure 3.69 Metering pump start and stop waveform at ISA solution put in	148
Figure 3.70 Solenoid valve start and stop waveform	148
Figure 3.71 Agitation system drive circuit of first prototype	149

Figure 3.72	Waveform at agitation system drive of first prototype	150
Figure 3.73	Agitation system drive circuit of secondary and final prototype	151
Figure 3.74	Agitation system drive switching waveform of secondary and final prototype	151
Figure 3.75	Step motor drive circuit for Ion electrode movement	152
Figure 3.76	Step motor drive switching waveform	153
Figure 3.77	The waveform follows in operation of the motor	155
Figure 3.78	DC gear motor, junction signal and waveform of step motor of the first prototype	155
Figure 3.79	A/D converter control circuit	156
Figure 3.80	Experimental waveform of A/D converter data transfer	157
Figure 3.81	The communication circuit applied in the prototype	158
Figure 3.82	Waveform of communication circuit	158
Figure 3.83	Circuit of solar power generation system of prototype	159
Figure 3.84	Control block of solar power supply system of prototype	160
Figure 3.85	Circuit diagram of solar power supply system of first prototype	160
Figure 3.86	Solar power supply system of first prototype	161
Figure 3.87	Solar power supply system circuit diagram of final prototype ..	162
Figure 3.88	A installed picture Solar power generation system final prototype	163
Figure 3.89	Confirmation experiments MPPT of control operation	164
Figure 3.90	Wireless image communication method in the land	167
Figure 3.91	Proposed wireless image communication method in research and development subject	169
Figure 3.92	Image signal processing control module	171
Figure 3.93	Internal circuit of image signal processing module	172
Figure 3.94	The selected underwater camera	172
Figure 3.95	the antenna picture used in experiment (left - 2.4GHz , right - 5.8GHz)	173
Figure 3.96	A experimental picture	175

Figure 3.97 Image signal experiment use place wireless LAN	175
Figure 3.98 Image reception ratio of each experiment	177
Figure 3.99 Signal processing module	181
Figure 3.100 Connect cable conceptual plan of power control module	182
Figure 3.101 Power management control module	185
Figure 3.102 The emergency under water power shut-off module	186
Figure 3.103 The load operational condition follows in voltage of capacitor ·	187
Figure 3.104 Load operational condition at the electric leakage detected	188
Figure 3.105 Hybrid power supply system module	190
Figure 3.106 Experiment of hybrid power supply system	191
Figure 3.107 The location detection method used by encoder	192
Figure 3.108 The location detection method used by the cam, the limit switch and the counter	193
Figure 3.109 The location detection method used by a variable resistance ..	194
Figure 3.110 Detail plan of electric underwater up-down movement	195
Figure 3.111 The installed picture of the ocean fish farm model	197
Figure 3.112 Interlocking control systems based MP	201
Figure 3.113 The operation by switch input	203
Figure 3.114 Operation experiment of automatic mode	204
Figure 3.115 Up-down movement device of the ocean fish farm model	205
Figure 3.116 Infrastructure external plan	207
Figure 3.117 Infrastructure internal plan	209
Figure 3.118 The picture of experimental buoy installation	214
Figure 3.119 Revision algorithm and detection algorithm	216
Figure 3.120 Servo function of ion electrode DAU module	217
Figure 3.121 Maine program source of ion electrode DAU module	218
Figure 3.122 The used message passing for multi signal processing module	220
Figure 3.123 Multi network composition based on wireless LAN	221
Figure 3.124 Definition of interlocking communication protocol	222
Figure 3.125 Main control algorithm of ocean fish farm movement system (CuBLOC)	224

Figure 3.126 Set algorithm of ocean fish farm movement system (CuBLOC) ·	225
Figure 3.127 A part of servo function embodied the set algorithm of up-down movement system	226
Figure 3.128 Program source embodied the main algorithm of up-down movement system	227
Figure 3.129 Monitoring screen	231

목 차

요약문	3
SUMMARY	9
CONTENTS	17
제 1 장 연구개발의 개요	1
제 1 절 연구개발의 필요성	1
제 2 절 연구개발의 목표와 내용	5
1. 최종 목표	5
2. 추진전략 및 방법	6
3. 기대효과	9
4. 활용방안	9
제 2 장 국내외 기술개발 현황 및 과학기술정보	10
제 1 절 국내외 기술개발 현황	10
1. 국내 기술개발 현황	10
2. 국외 기술개발 현황	13
제 2 절 연구개발의 문제점	15
제 3 절 연구개발 과제의 전망	17
제 3 장 연구 개발 수행 내용 및 결과	18
제 1 절 이론 및 접근방법	18
1. NH_4^+ , DO, pH, 등의 환경인자 측정방법	18
2. 이온 전극	23
3. 태양광	34
4. 파력	43
5. 무선 통신 시스템	50
6. 영상처리 시스템	68
7. 상하 이동 시스템	75

제 2 절 연구내용	88
1. 가두리 양식장 환경데이터 수집 및 분석	88
2. 가두리 양식장 환경 감시 및 관리 시스템 H/W 설계 및 제작	103
3. 가두리 양식장용 환경 감시 및 관리 시스템 S/W 제작	215
제 4 장 연구개발 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	232
제 1 절 연구개발 목표 달성도 및 달성도에 대한 자체평가	232
1. 1차년도	232
2. 2차년도	234
3. 3차년도	236
제 2 절 관련분야에의 기여도	238
1. 기술적 측면	238
2. 경제 · 산업적 측면	238
제 5 장 연구개발결과의 활용계획	240
제 6 장 참고문헌	241

표 목 차

표 1.1 우리나라 가두리 양식시설 분포현황[단위 : %]	2
표 3.1 NH_4^+ 전극의 기본적인 특성	26
표 3.2 pH 전극의 기본적인 특성	26
표 3.3 이온전극의 종류와 감응막 조성의 예	30
표 3.4 태양광 셀의 효율	34
표 3.5 무선 LAN 기술의 비교	54
표 3.6 DSSS와 FHSS 방식의 비교	59
표 3.7 무선 LAN 모뎀 제원표 I	63
표 3.8 무선 LAN 모뎀 제원표 II	63

표 3.9 수중 카메라 제원표	74
표 3.10 PLC(CuBLOC) 제원표	84
표 3.11 site A 와 site B 의 수질 조사 결과	101
표 3.12 각종 수산 생물의 적정 사육 수온 및 폐사 온도	102
표 3.13 이송용 펌프의 종류 및 비교	114
표 3.14 정량펌프 토출량 실험표	116
표 3.15 배출부 부착용 밸브/펌프 사양 비교	117
표 3.16 배출 시간 비교표	118
표 3.17 DC 기어 모터 비교표	121
표 3.18 교반 전후의 온도 비교	121
표 3.19 제어장치에 사용된 CPU 비교표	138
표 3.20 업체별 수중카메라 비교표	165
표 3.21 선정된 수중 카메라 사양	166
표 3.22 무선 영상 시스템 구조별 특성 차이	169
표 3.23 영상 신호 처리 모듈의 하드웨어 사양	170
표 3.24 실험에 사용된 2.4GHz - 16dBi 패치 안테나 사양	173
표 3.25 실험에 사용된 5.8GHz - 23dBi 패치 안테나 사양	174
표 3.26 실험 장소에 따른 영상 수신율	176
표 3.27 아크릴(비중 1.2)을 사용하는 경우	196
표 3.28 ABS(비중 1.02)를 사용하는 경우	196
표 3.29 프로토콜 제어문자	223
표 4.1 1차년도 연구개발 목표 달성도	232
표 4.2 2차년도 연구개발 목표 달성도	234
표 4.3 3차년도 연구개발 목표 달성도	236

그 립 목 차

그림 1.1 태풍 등으로 인한 해상가두리 양식시설의 피해 금액 (억원)	3
그림 1.2 적조 발생으로 인한 피해 금액 (억원)	3
그림 1.3 연구개발 최종목표	5
그림 1.4 추진전략 계통도	6
그림 1.5 양식장 DB 구축 분야 개발 예상도	7
그림 1.6 수중카메라 분야 개발 예상도	7
그림 1.7 양식장치 위치 조절시스템 개발 예상도	8
그림 2.1 바다목장 시범해역	10
그림 2.2 개발 예정인 레저형 바다목장	11
그림 2.3 제주도의 외해 수중 가두리 양식	12
그림 2.4 NOAA 외해 수중 가두리 양식장의 개념도	12
그림 2.5 하와이 외해양식 가두리 조감도	13
그림 2.6 외해 수중 가두리 설치 예상도	14
그림 3.1 이온전극법에 사용하는 장치의 기본구성	29
그림 3.2 이온전극의 구조	31
그림 3.3 빛에 의한 전자-정공 쌍의 발생	35
그림 3.4 농도, 전위차에 의해 pn접합에 흐르는 전류	35
그림 3.5 태양전지의 모듈(module)의 전압-전류() 곡선	36
그림 3.6 MPPT 알고리즘의 제어 흐름도	39
그림 3.7 벡 컨버터 기본 회로	41
그림 3.8 벡 컨버터 파형	41
그림 3.9 진동수주형 파력장치	45
그림 3.10 Mightly Whale의 사진	45
그림 3.11 Salter Duck 형 파력에너지 변환장치	46
그림 3.12 Tapchan 개념도	47
그림 3.13 플로팅 파력 발전 시스템	48
그림 3.14 Wave Rider 형 파력발전 시스템	49

그림 3.15 다중경로(Multi-path) 현상	52
그림 3.16 확산 대역의 기본 구조	56
그림 3.17 DSSS 방식의 비트 패턴(chip)	57
그림 3.18 FHSS 방식의 주파수 호핑 패턴	58
그림 3.19 IEEE 802.11a 무선 모뎀 블록과 전송률에 따른 파라미터	61
그림 3.20 무선 LAN 모뎀에 따른 수신전력(Friss)	65
그림 3.21 무선 LAN 모뎀에 따른 수신전력(Plane earth)	67
그림 3.22 네트워크 비디오 서버의 H/W 구조	72
그림 3.23 수중카메라 설계 개념도	73
그림 3.24 국립수산과학원에서 개발한 한국형 외해 수중 가두리 설치 사진	75
그림 3.25 한국형 외해 수중 가두리의 설계 개념도	76
그림 3.26 전기식 상하 이동 장치의 설계 개념도	77
그림 3.27 상·하부 림의 구성 형상	78
그림 3.28 림 구성품의 형상 및 세부 구조	79
그림 3.29 8제어 장치의 개념도	81
그림 3.30 상하 이동 장치의 기본 시퀀스 회로(3 ϕ)	86
그림 3.31 외해 수중 가두리 양식장의 수심 30m 유속관측결과	88
그림 3.32 측류판 이동궤적	89
그림 3.33 ADCP 연속측류결과	90
그림 3.34 관측값과 모델값의 조류타원도	91
그림 3.35 외해 수중 가두리 양식장 근방의 수온·염분의 수직 분포	95
그림 3.36 외해 수중 가두리 양식장 설치 전후의 DIN 농도	97
그림 3.37 외해 수중 가두리 양식장 부근의 입도조성도	98
그림 3.38 외해 수중 가두리 양식장 부근의 퇴적물 분급도, 왜도, 첨도	98
그림 3.39 외해 수중 가두리 양식장 설치 전·후의 유기물질 변화	100
그림 3.40 이온 전극 관리 시스템 개념도	104
그림 3.41 이온 전극 이동용 장치 구상도	106
그림 3.42 1차 시제품의 이온 전극 이동용 장치	107
그림 3.43 2차 시제품의 이온 전극 이동용 장치	108
그림 3.44 최종 시제품의 이온 전극 이동용 장치	109
그림 3.45 1차 보관용기 및 측정용기의 시제품	111

그림 3.46 2차 보관용기 및 측정용기 시제품	112
그림 3.47 최종 시제품의 보관용기 및 측정용기	113
그림 3.48 정량 펌프의 구동용 모터 사양	114
그림 3.49 각 시제품별 정량펌프 설치 사진	115
그림 3.50 DC 솔레노이드 밸브의 사진 및 외형도	118
그림 3.51 각 시제품에 설치된 솔레노이드 밸브	119
그림 3.52 1차 시제품의 교반용 자석 및 교반장치	123
그림 3.53 2차 및 최종 시제품의 교반장치	124
그림 3.54 1차 시제품의 시약보관용 물통	126
그림 3.55 2차 시제품의 시약보관용 물통	127
그림 3.56 최종 시제품의 시약보관용 물통	128
그림 3.57 1차 시제품의 다중 신호 처리 모듈	130
그림 3.58 2차 및 최종 시제품의 다중 신호 처리 모듈	132
그림 3.59 전원 변환 회로	133
그림 3.60 전원 변환 회로 실험 파형	134
그림 3.61 다중 신호 처리 모듈의 실험 파형	135
그림 3.62 DAU 모듈의 구성도	136
그림 3.63 각 시제품별 I제어시스템 모듈	143
그림 3.64 칩 선택 및 출력 래치 회로	143
그림 3.65 칩 선택 및 출력 래치 회로 실험 파형	144
그림 3.66 75HC574의 Power On Reset	145
그림 3.67 펌프 및 밸브 구동 회로	146
그림 3.68 펌프 및 밸브 구동 회로 실험 파형	147
그림 3.69 ISA 용액 투입 시 정량펌프 구동 및 정지 파형	148
그림 3.70 솔레노이드 밸브의 구동 및 정지 파형	148
그림 3.71 1차 시제품의 교반 장치 구동 회로	149
그림 3.72 1차 시제품의 교반 장치 구동시 파형	150
그림 3.73 2차 및 최종 시제품의 교반 장치 구동 회로	151
그림 3.74 2차 및 최종 시제품의 교반 장치 구동 스위칭 파형	151
그림 3.75 이온 전극 이동용 스텝 모터 구동 회로	152
그림 3.76 스텝 모터 구동 스위칭 파형	153

그림 3.77 모터의 동작에 따른 파형	155
그림 3.78 1차 시제품의 DC 기어 모터와 점점 신호, 스텝핑 모터의 동작 파형	155
그림 3.79 A/D Converter 제어 회로	156
그림 3.80 A/D Converter 데이터 전송 실험 파형	156
그림 3.81 시제품에 적용된 통신 회로	157
그림 3.82 통신 회로 실험 파형	158
그림 3.83 시제품의 태양광 전력 공급 시스템의 회로	159
그림 3.84 시제품의 태양광 전력 공급 시스템의 제어 블록도	160
그림 3.85 1차 시제품의 태양광 전력 공급시스템의 회로도	160
그림 3.86 1차 시제품의 태양광 전력 공급 시스템	161
그림 3.87 최종 시제품의 태양광 전력 공급 시스템 회로도	162
그림 3.88 최종 시제품의 태양광 전력 공급 시스템 장착 사진	163
그림 3.89 MPPT 제어 동작 확인 실험	164
그림 3.90 육상에 사용 중인 무선 영상 통신 방법	167
그림 3.91 연구 개발 과제에서 제안하는 무선 영상 통신 방법	169
그림 3.92 영상 신호 처리 모듈	171
그림 3.93 영상 신호 처리 모듈 내부 회로 모습	172
그림 3.94 선정된 수중 감시 카메라	172
그림 3.95 실험에 사용된 안테나 사진(좌 - 2.4GHz, 우 - 5.8GHz)	173
그림 3.96 실험 장면 사진	175
그림 3.97 무선 LAN 이용 영상 신호 실험 장소	175
그림 3.98 각 실험별 영상 수신율	177
그림 3.99 신호처리 모듈	181
그림 3.100 전원 제어 모듈의 결선 개념도	182
그림 3.101 전원 관리 제어 모듈	185
그림 3.102 비상 수중 전원 차단 모듈	186
그림 3.103 축전지 전압에 따른 부하 동작 상태	187
그림 3.104 누전 감지시 부하 동작 상태	188
그림 3.105 하이브리드 전력 공급 시스템 모듈	190
그림 3.106 하이브리드 전력 공급 시스템의 실험	191
그림 3.107 엔코더를 이용한 위치 검출 방법	192

그림 3.108	캠과 리미트 스위치, 카운터를 이용한 위치 검출 방법	193
그림 3.109	가변저항을 이용한 위치 검출 방법	194
그림 3.110	전기적 수중 이동 장치의 세부도	195
그림 3.111	제작된 모형 가두리 설치 모습	197
그림 3.112	MP 기반 연동 제어 시스템	201
그림 3.113	스위치 입력에 따른 동작	203
그림 3.114	자동 모드의 동작 실험	204
그림 3.115	모형 가두리 양식장 상하 이동장치	205
그림 3.116	구조물 외형 도면	207
그림 3.117	구조물 내부 도면	209
그림 3.118	실험용 부이 설치 사진	214
그림 3.119	보정 알고리즘 및 검출 알고리즘	216
그림 3.120	이온 전극 DAU 모듈의 서브 함수	217
그림 3.121	이온 전극 DAU 모듈의 메인 프로그램 소스	218
그림 3.122	다중 신호처리 모듈을 위해 사용된 메시지 패싱	220
그림 3.123	무선 LAN 기반의 다중 통신망 구성	221
그림 3.124	연동 통신 프로토콜의 정의	222
그림 3.125	가두리 위치 이동 시스템(CuBLOC)의 주제어 알고리즘	224
그림 3.126	가두리 위치 이동 시스템(CuBLOC)의 설정 알고리즘	225
그림 3.127	상하 이동 시스템의 설정 알고리즘을 구현한 서브 함수의 일부	226
그림 3.128	상하 이동 시스템의 메인 알고리즘을 구현한 프로그램 소스	227
그림 3.129	모니터링 화면	231

제 1 장 연구개발의 개요

제 1 절 연구개발의 필요성

세계인구가 증가하는 반면, 육상에서의 식량 생산 증가량은 인구증가율에 크게 뒤지고 있어 머지않은 미래의 식량수급에 큰 차질이 예상되고 있다. 이를 극복하기 위해서는 육상의 농업에 의한 생산량을 획기적으로 증대시켜야하지만 오히려 육상 경작지는 환경오염, 기후변화, 경작지의 사막화, 산업화, 도시화 등으로 매년 감소하고 있는 실정으로 육상에서의 식량증산은 한계가 있는 것이 현실이다. 따라서 인류의 장기적인 식량 확보는 결국 바다에서 그 해결책을 찾을 수밖에 없는 것이다.

우리 지구는 전 표면적의 70%에 해당하는 매우 넓은 면적(3.6억 km²)의 바다를 가지고 있으며, 해양에서 얻을 수 있는 식량생산의 잠재력은 육상에 비하여 큰 것이 사실이다. 그러나 바다에서도 비교적 생산성이 높은 대륙붕 해역이 지구 전반적인 현상으로 육상과 같이 최근에 도시의 대형화, 연안 매립 등에 의한 산업시설의 확대 등의 환경파괴로 생산성의 저하를 야기하고 이와 더불어 수산물의 고부가가치에 의한 남획이 수산자원의 감소를 가속화시키고 있다. 그러므로 연안의 쾌적한 환경 및 어장조성, 자원관리 등을 통한 지속적 생산성 유지가 당면한 주요 현안으로 대두되고 있다.

우리나라의 경우에도 연안해역의 생산성 저하와 수산자원 고갈로 연근해의 어업생산증가 추세가 최근 둔화되었고, 이를 보완할 수 있는 원양어업은 신해양법 발효에 따른 각 연안국들의 200해리 배타적 경제수역 선포로 생산량 또한 감소추세에 있다. 인접한 일본과 중국 등 국가 간의 어업협정을 어민들의 입지를 더욱 어렵게 만들고 있는 실정이다. 반면에 건강식품으로써의 수산물 선호도는 날로 증가하여 그 수요량을 충족하기 어려워 결국 시장개방과 때를 맞추어 수입 수산물의 양은 날로 증가 추세에 있다. 이와 같은 현상은 우리 어업을 붕괴시키는 요인이 될 수가 있다. 그러므로 잡는 어업에서 기르는 어업으로의 획기적인 전환이 절실히 요구되고 있다. 해양선진국들은 이와 같은 상황에 대처하기 위하여 수산자원의 증대방안 중 하나로 미개발 수산자원의 개발 및 기존 자원의 양식 기술은 물론 자원의 생산 잠재력을 인위적인 관리기법을 통하여 모든 기술력을 집중하려는 새로운 기술의 하나로 “바다목장”이라는 개념을 도입하게 되었다.

바다목장은 넓게 보면 양식적 생산방식과 증식생산방식의 양 방식을 포함하는 것으로 1970년대 일본에서 “해양목장”이라는 용어가 탄생했으며, 잠깐 사이에 바다목장에 대한

인식과 더불어 이를 어업의 이상형·미래형으로 생각하는 사람이 많다. 따라서 현재의 재배어업보다는 훨씬 더 포괄적이며 미래지향적인 개념으로 확립되었다. 바다의 신선한 해양생물이 풍요로운 식탁을 꾸미는 시대가 올 것으로 기대된다.

최근 30년간 우리나라의 양식어업은 급속한 발전을 이루어 왔다. 특히 1990년대 후반 이후부터 내면 양식어장의 가두리 양식이 법적인 규제를 받아 대부분 철거된 이후 현재까지 양식 생산되고 있는 어류의 대부분은 해산 어류이며 이들의 60%~70% 이상이 해상 가두리 양식장에서 양식 생산되고 있다.

우리나라의 해면 양식어장 개발은 1960년대에 김, 미역 등 해조류 중심의 양식에서 1970년대에는 굴, 피조개 등 패류양식어업으로 발전되었고, 1980년대부터는 넙치, 방어, 돔 등 어류와 진주조개 등 고소득 어·패류 양식으로 확대되었으며, 현재 양식되고 있는 품종은 넙치, 돔, 조피볼락, 굴, 피조개, 바지락, 김, 미역, 톳, 우렁쟁이, 새우, 가리비, 전복 등 약 50여종으로 늘어났다. 또한 매년 새로운 품종의 적극적인 개발로 양식품종도 다양화 되어가고 있으며, 기술적 진전과 더불어 양식 시설이 확장되어 단위 생산성도 향상되었다. 이러한 양식 발달의 추세는 우리나라에서 매우 활발하게 진행되고 있으며, 이것은 우리나라가 일찍부터 양식에 많은 연구를 해온 결과에 기인한다고 볼 수 있다.

표 1.1 우리나라 가두리 양식시설 분포현황 [단위 : %]

지역	서해	동해	남해
비율	10	8	82

그러나 최근 급속한 발전에 따른 여러 가지 부작용이 나타나고 있다. 그 일례로 우리나라 가두리 시설의 약 82%가 남해안의 내만에 집중 시설되어 있어 생활오수와 공장폐수의 유입 및 한정된 영역에서 장기간의 고밀도 양식으로 양식장들의 자가 오염 등으로 어장환경이 악화되고 있다. 또한 적조라 불리는 유해성 조류의 이상증식 현상이 매년 그 발생 범위를 확대시키면서 지속적인 발생과 어병의 빈번한 발생으로 어업인에게 막대한 피해를 입히고 있다.

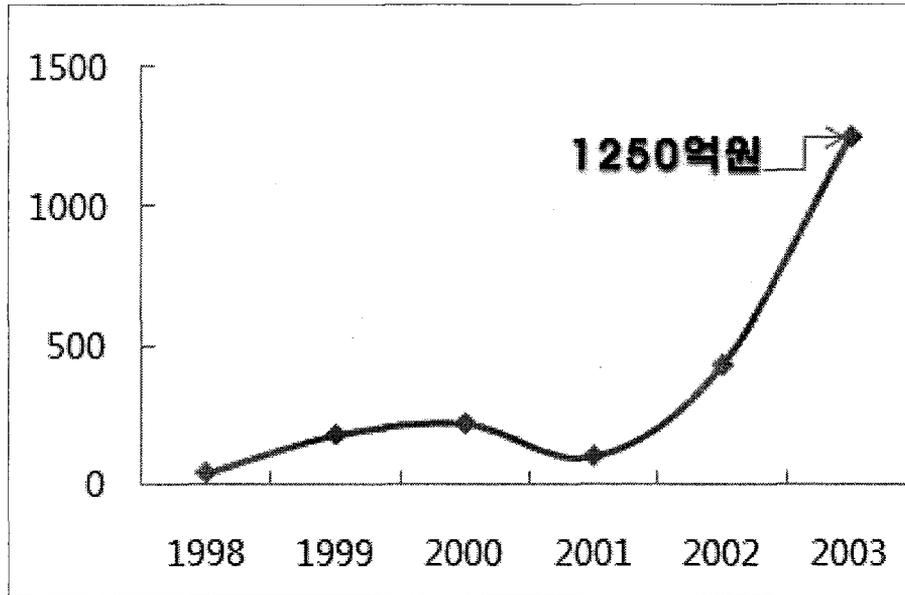


그림 1.1 태풍 등으로 인한 해상가두리 양식시설의 피해 금액 (억원)

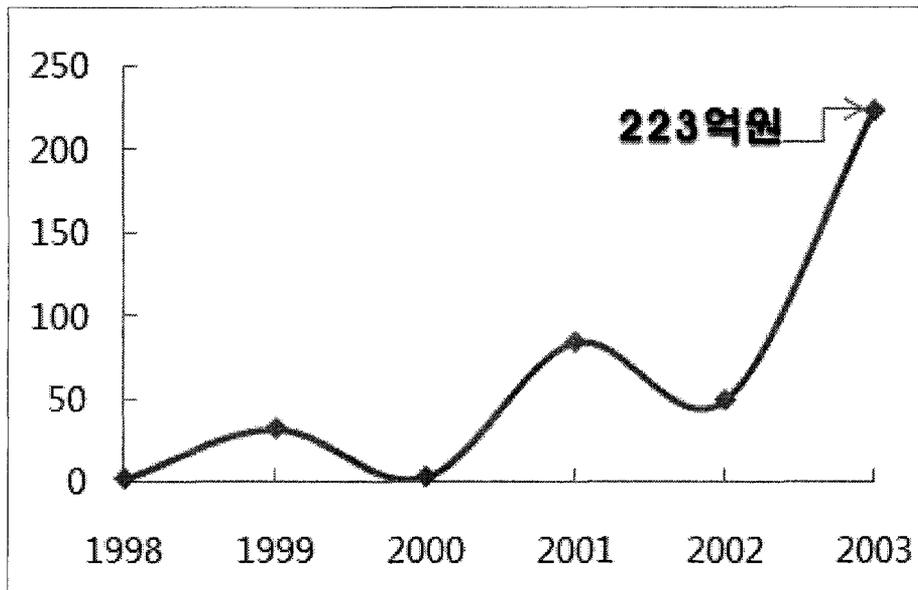


그림 1.2 적조 발생으로 인한 피해 금액 (억원)

이러한 문제를 해결하기 위해 가두리 양식장의 환경 개선을 위한 새로운 양식 방법이나 관련 시설의 확충 또는 연구·개발이 이루어지고 있으며, 적조 예방을 대한 여러 가지 대책도 마련되고 있다. 그러나 근본적인 문제 해결을 위해서는 해상 가두리 양식장의 환경 모니터링 시스템을 통한 지속적인 감시 체계를 구축하여 수집한 자료들로 분석하여 데이터베이스화(DB)하고, 이를 체계적으로 분석하여 우수한 관리시스템을 개발해야 한다. 이를 위해 해상 가두리 양식의 감시 및 관리자동화를 통한 관리 비용을 절감하고, 효율

증대가 가능한 기술개발이 절실히 요구된다. 최근 한국형 외해 양식을 위한 해상가두리 양식장의 연구·개발이 이루어지고 있으며, 외해 수중 가두리 양식장을 위한 감시 및 관리 시스템 구축에 대한 국내 기술의 연구·개발이 절실한 시점이다.

우리나라 가두리 양식업의 품종 개량 기술이나 육성기술은 세계적인 수준으로 올라와 있으나 가두리 양식장의 환경 관리 기술이나 자동화 기술 분야 등과 같은 고부가가치 분야의 기술은 선진국에 미치지 못하는 것이 현실이다. 그러므로 본 과제를 통해 확보한 기술로 선진국 수준의 외해 수중 가두리 양식장 기술 보유국으로 거듭나야 할 것으로 사료된다.

현재 국외의 선진국에서는 육상은 물론 해상용 환경 모니터링 시스템을 개발하여 가두리 양식장 관리에 사용하고 있다. 노르웨이의 경우 STROVIK 사에서 자동급이장치를 이용한 양식장 자동화 시설의 일부로 환경 모니터링 기능을 포함하여 완전한 양식장 자동화를 구현하고 있으나 해상용 환경 모니터링 시스템의 경우 그 시설이 미비하여 아직 연구·개발 단계로 머물러 있거나 상용화된 경우는 경제적 비용 부담이 매우 큰 것이 현실적인 문제점으로 대두되고 있다.

국내에서는 연구용으로 환경 모니터링 시스템을 갖춘 곳이 있을 뿐 실제 운용하고 있는 곳은 거의 찾아볼 수 없는 실정이다. 그러나 현재 양식장의 환경 모니터링 시스템에 대한 기술은 세계적으로도 아직 완전히 선점하고 있는 분야가 아니므로 우리나라도 조속한 기술개발을 통해 종합적인 양식기술의 선진국으로 도약하는 발판을 마련해야 할 것이다.

제 2 절 연구개발의 목표와 내용

1. 최종 목표

- 외해 수중 가두리 양식시설 DB 구축
- 환경인자 측정기법 및 측정 알고리즘 개발
- 온도, pH, 유속, NH_4^+ 등의 환경 데이터 처리시스템 개발
- 수중생태환경 영상감시시스템을 활용한 관리시스템 개발
- 긴급 재해에 대비한 외해 수중 가두리 시설 자동 위치조절시스템 개발

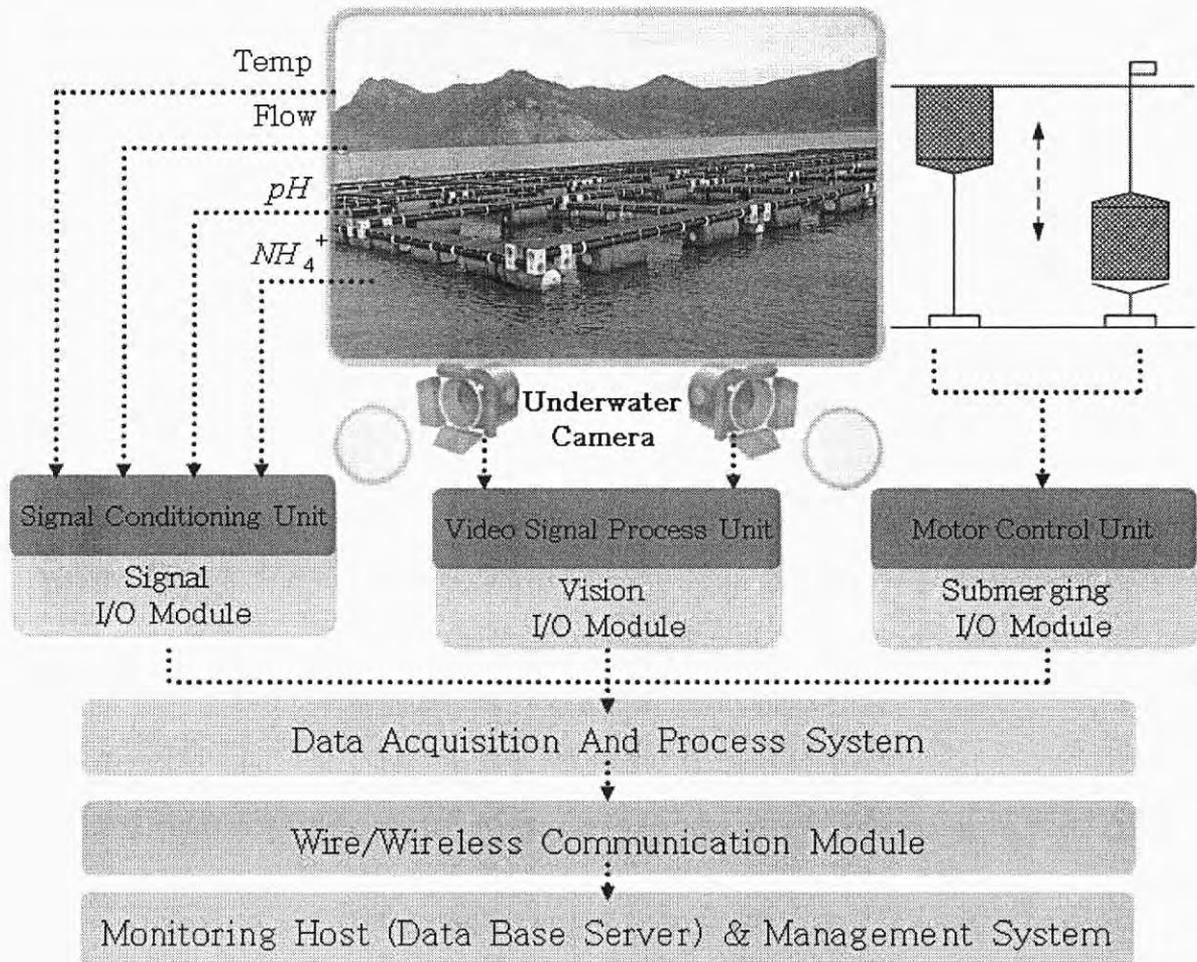


그림 1.3 연구개발 최종목표

2. 추진전략 및 방법

현재 양식분야에 대한 연구는 미국, 일본 등의 일부 선진국을 제외하고는 체계적인 연구가 수행되고 있지 못하다. 특히 본 연구개발 대상의 연구는 실용화 과정을 거쳐야 하는 어려운 점을 가지고 있다. 수산 분야는 미래에 예측되는 다양한 양식장치 및 관리시스템에 대한 특허가 현실적인 점을 고려하지 않고 많이 출원되어 있다.

본 연구개발 과정에서는 특허, 개발방향 등에 대한 상세한 정보를 사전에 조사하여 연구를 수행하고자 한다. 이를 위해 한국과학기술정보연구원에 자문교수로 활동하고 있는 연구책임자를 중심으로 다양한 정보를 체계적으로 조사 및 분석하여 연구계획서 및 연구개발 방향을 정립하고자 한다.

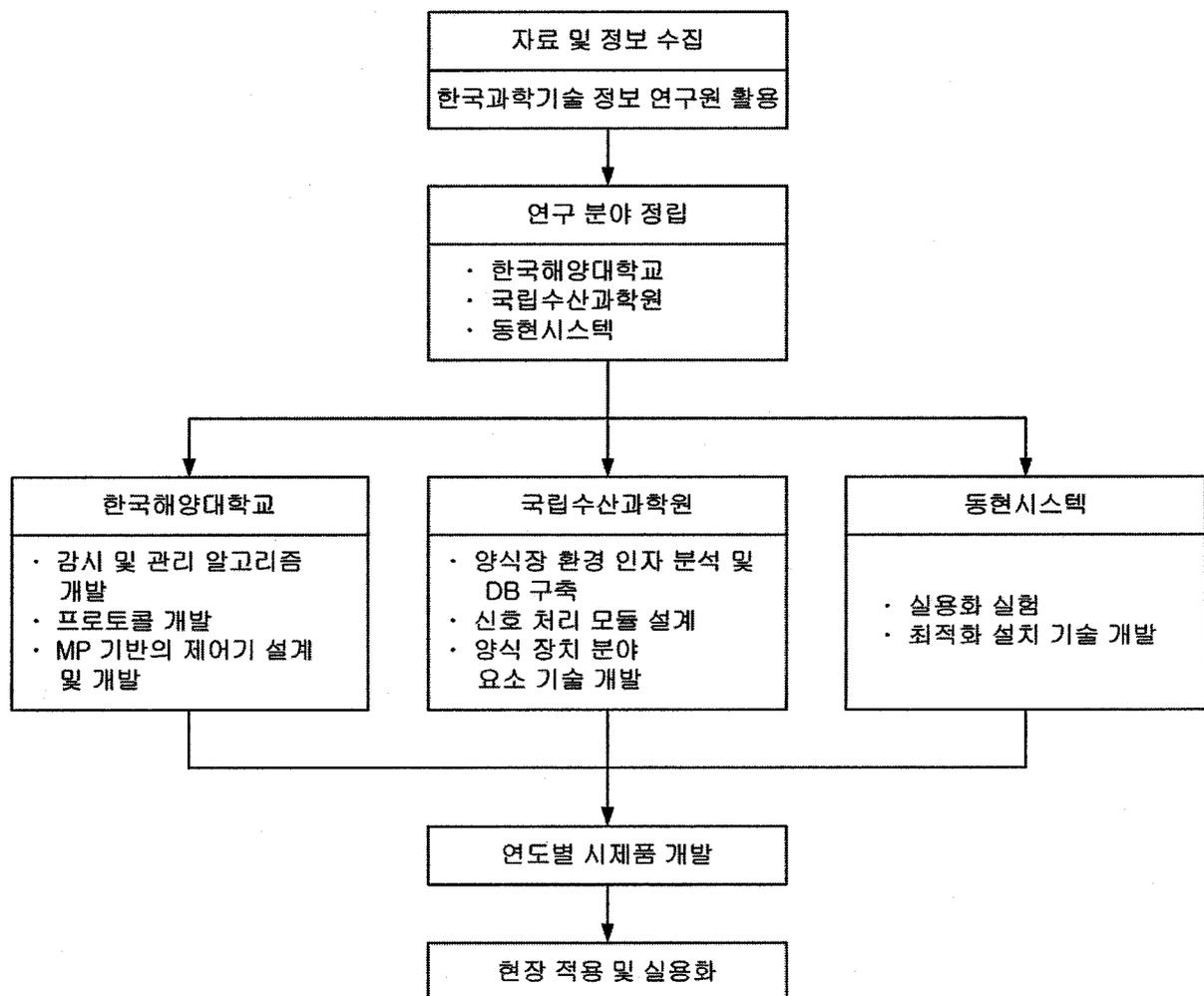


그림 1.4 추진전략 계통도

연구개발의 실용화를 위해 학교, 연구소, 기업이 동참하는 산학연의 형태로 연구를 수행하고자 한다. 대학은 연구 인력이 많이 요구되는 분야인 알고리즘 및 실험장치 설계 및 개발 분야를 담당하고, 수산과학원은 현장에 접목할 수 있는 연동 기술 분야 개발을 수행하며, 기업은 실제 설치 및 내구성을 확보하기 위한 현장 기술 분야의 핵심기술을 담당한다. 그림 1.4는 추진전략 계통도를 나타내었다.

또한 성공적인 연구결과를 도출하기 위해서는 체계적인 연구수행계획과 더불어, 연구대상의 연구범위 및 연구내용을 정립할 필요가 있다. 그림 1.5는 양식장 DB구축 분야 개발 예상도이고, 그림 1.6 및 그림 1.7은 수중카메라 분야 개발 예상도 및 양식장치 위치 조절 시스템 개발 예상도이다.

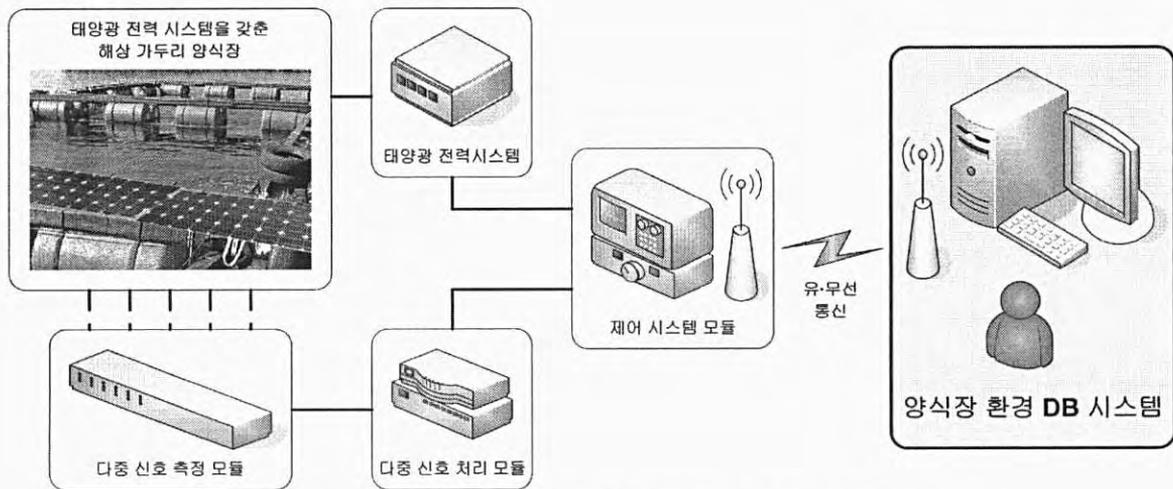


그림 1.5 양식장 DB 구축 분야 개발 예상도

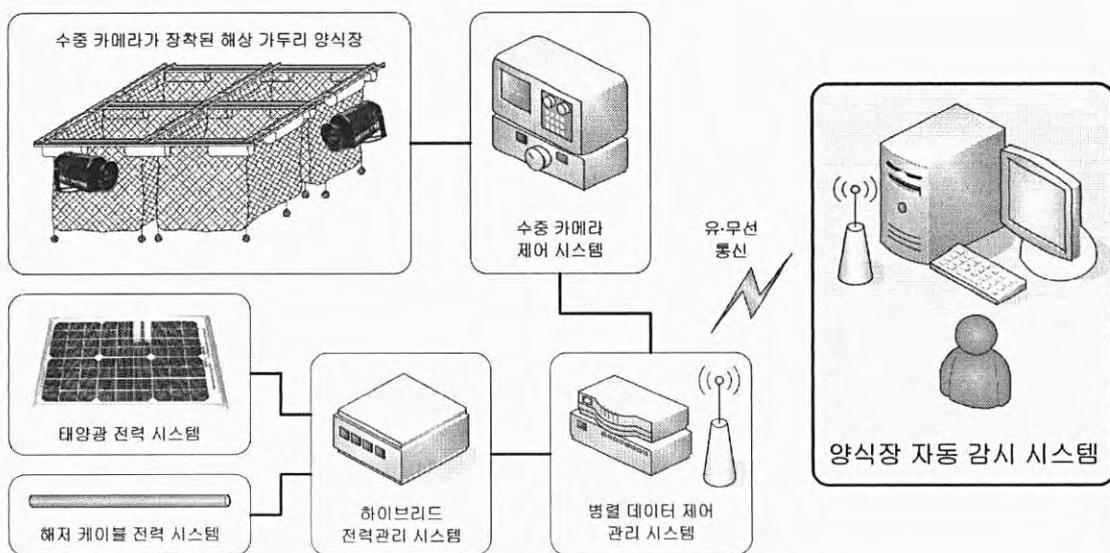


그림 1.6 수중카메라 분야 개발 예상도

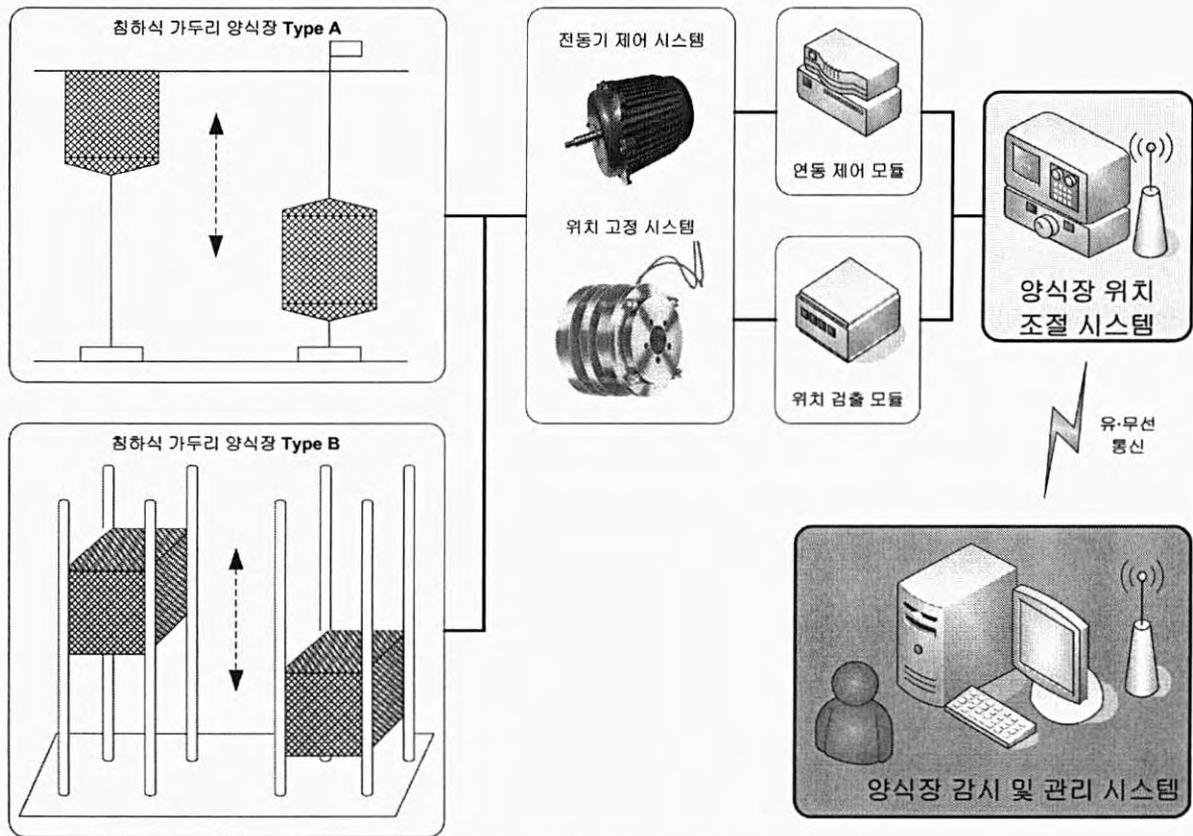


그림 1.7 양식장치 위치 조절시스템 개발 예상도

참여기업은 수산분야의 다양한 시스템개발 및 양식장치 설치 경험을 보유하고 있는 기업으로, 본 연구에서는 연도별 개발대상의 시제품의 실용화 실험 및 최적화 설치기술을 개발하는 역할을 담당한다.

3. 기대효과

- 연구개발 결과를 해상 및 육상 양식시설 자동화 분야의 기반기술로 활용 가능
- 해상 환경 특성 조사에 필요한 DB 제공
- 바다목장 감시 및 관리시스템의 핵심기술로 활용 가능
- 외해 수중 가두리 양식시설용 감시관리체계에 IT 기술을 접목하는 계기가 됨
- Clean 에너지를 활용한 양식시설 감시시스템 확보
- 감시 카메라시스템 제어기술은 해상의 생태환경 및 오염분야에도 활용 가능
- 외해 수중 가두리의 내구성(5년→20년) 증대
- 적조, 태풍, 폭풍으로부터 양식시설 보호 : 359억원/년
- 외해 수중 가두리 양식시설 브랜드화 : 수출 100만불, 수입대체 5억원/년

4. 활용방안

- 외해 수중 가두리 양식시설용 자동감시 및 관리시스템 국내 및 국제 특허 출원
- 외해 수중 가두리 양식시설용 자동감시 및 관리시스템 지침서 제공
- 외해 수중 가두리 양식시설용 관리시스템 모델 제시 및 실용화 보급
- 양식어업 구조 조정에 대한 정책 자료 제공
- 외해 수중 가두리 양식시설용 관리시스템 브랜드화 및 중국, 동남아시아 등 국외로 수출 가능

제 2 장 국내외 기술개발 현황 및 과학기술정보

제 1 절 국내외 기술개발 현황

1. 국내 기술개발 현황

한국해양연구원은 1994년부터 3년간 과학기술부 사업으로 바다목장 조성을 위한 예비 조사에 착수해 동·서·남해안과 제주 연안의 특성에 맞는 바다목장 모델을 제안했다. 이를 토대로 농림수산식품부는 각기 다른 유형의 바다목장을 5개 지역에 시범적으로 만든 다음 그 성과에 따라 인근해역으로 확장하기로 결정했다. 이는 어류가 좋아하는 환경을 조성하는 기술을 핵심으로 기획되었고, 체계적으로 관리하지 않고 어업을 한 탓에 줄어드는 어획량을 바다목장을 통하여 양식업에 관한 고유 브랜드화를 시도하고 있다.



그림 2.1 바다목장 시범해역

바다목장은 전 바다 공간을 체계적으로 이용·관리해 가축을 기르는 목장처럼 자연산 수산자원을 지속적으로 생산할 수 있는 시스템이다. 뿐만 아니라 국민들이 레저활동을 즐길 수 있는 공간으로 활용한다는 개념까지 포함된다. 바다목장 시범해역 중 북제주 지역의 수중체험형은 종래의 인공어초등과 달리 외해에 도입되는 새로운 방식이다.

바다목장의 장점은 양식하게 되는 어류의 특징을 분석하고 그에 알맞은 환경을 조성하여 인위적으로 먹이를 주는 한계를 해결하여 생태계를 최대한 손상시키지 않고 가꾸어 나가는데 있다. 이로써 바다목장 수산물은 맛이나 신선도 면에서 자연산과 다름없어 시장에서 충분히 경쟁력을 갖출 수 있을 것으로 기대하고 있다.



그림 2.2 개발 예정인 레저형 바다목장

바다목장 시범해역 중 제주도의 외해 수중 가두리 양식장은 태풍 ‘나비’의 위력에도 안전함을 입증한바 있다. 6m가 넘는 파도에 연안의 가두리 양식장이 피해를 입은 반면 외해 수중 가두리 시설물은 케이지의 상태 및 양식중인 돌돔의 상태에도 아무런 피해가 없었다. 수중으로 들어가면서 파도의 영향이 상쇄되기 때문이다. 태풍이나 자연재해의 피해를 최소화 할 수 있다는 점에서 국내 양식업계의 새로운 대안으로 떠오르고 있다. 외해양식은 버려지는 사료가 없어 환경오염을 예방하고 살균제와 항생제를 사용하지 않는다는 특징이 있다. 이로써 식품의 안전성을 확보하였고 면적당 생산량을 비교하더라도 외해양식장의 케이지 하나에서 생산되는 양을 육상에서 양식하려면 10배의 면적이 필요하다는 점에서 외해 수중 가두리 양식은 많은 장점을 지니고 있다.

바다목장 사업의 자원조성파트를 이끌고 있는 한국해양연구원 해양자원연구부 책임연구원 명정구 박사는 “바다는 이제 단순히 생선을 생산하는 ‘공장’ 이 아니다”라며 “연안 자원을 늘리기 위한 모델로서 뿐만 아니라 차 한잔 마시면서 수중경관을 즐길 수 있는 신개념 여가공간으로서 한 몫하게 될 것”이라고 내다보고 있다.



그림 2.3 제주도의 수중 가두리 양식

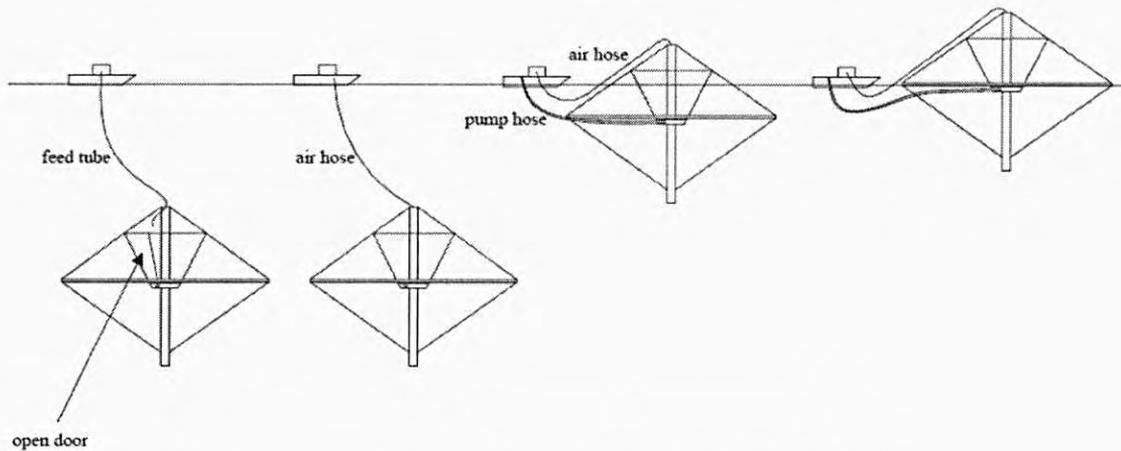


그림 2.4 NOAA 수중가두리 양식장의 개념도

이러한 바다목장 사업의 가장 중요한 기술이 바로 외해 수중 가두리 양식장이다. 국립수산물과학원 및 한국해양연구원에서 사각형 및 원형 가두리 시설에 대한 수리 모형실험이

수행되고 있지만 현재 우리나라의 외해 수중 가두리 시설 설계 기술 개발 연구는 초기 단계로, 기술 수준은 미국, 유럽 등 양식시설 선진국 대비 20% 내외 수준이다. 국내에서 외해 가두리 설계 외력 산정을 토대로 한 가두리 시설의 역학적 특성에 관한 수치해석 연구는 수행되지 않았다. 도입된 기술도 해외의 기술을 그대로 가지고 온 것으로 국내기술의 개발이 시급한 실정이다.

2. 국외 기술개발 현황

노르웨이 및 미국에서는 주로 부상식 및 수중 가두리 시설에 대한 역학적 특성 연구(수치해석, 수리 모형실험)를 수행하였으나, 수중 모터를 이용한 침하식 가두리 시설 개발에 관한 연구는 수행된 바가 없다.

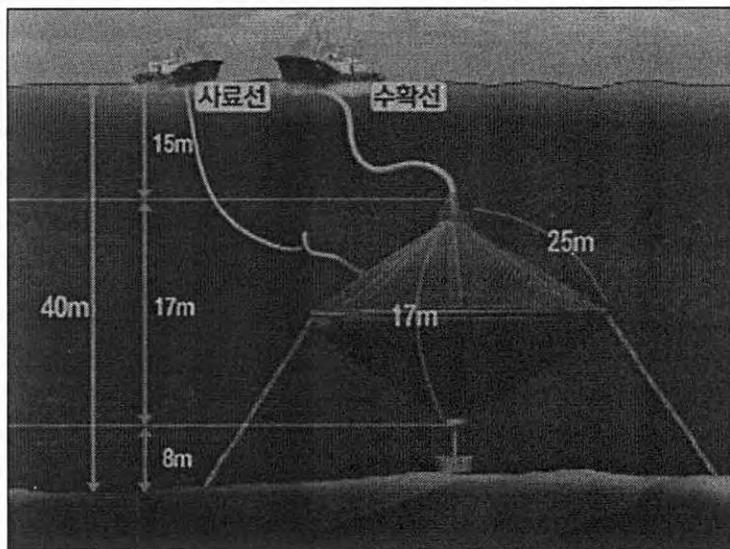


그림 2.5 하와이 외해양식 가두리 조감도

미국이나 노르웨이 등 바다를 끼고 있는 다른 나라에서도 자국 실정에 맞게 조금씩 다른 방식으로 바다목장 사업을 추진 중이다. 일본에도 20여개의 바다목장이 있다. 미국 해양대기청(NOAA)은 증가하고 있는 수산물 국내 수요에 부응하기 위해서 양식업 발전을 도모하기 위해 노력하고 있다. 현재 미국 수산물 소비의 70% 이상은 수입수산물에 의존하고 있는데, 수입수산물의 40% 이상은 양식수산물임을 감안할 때 미국 국내 양식업을 발전시켜 대외의존도를 줄이고, 낙후 연안지역에 경제 활성화와 고용 증대 기대하며 외해 양식업에 정책적 초점을 두고 있다.

지난 수년 동안 NOAA는 지역공동체들과 협력하여 패류양식과 어류양식 발전을 도모해 오고 있는데, 이는 양식업 발전으로부터 일자리, 어업소득 창출 등 경제적 이익이 클 것으로 기대되기 때문이다. 더욱이 외해양식업 발전에 따라 해면어업 어획량 감소를 보충할 수 있는 수산물 생산이 가능해지고, 세계 총수산물 공급에도 크게 기여할 것으로 기대된다.

지금까지 NOAA 기금에 의해 수중 가두리를 이용한 외해양식 시험사업이 뉴햄프셔, 푸에르토리코, 하와이에서 행해져 왔는데, 시험사업 결과는 외해 수중 가두리에 의한 어류양식 생산성이 아주 뛰어난 것으로 나타났을 뿐만 아니라, 해양환경에 대한 영향도 양호한 것으로 조사되었다.

노르웨이의 마린테크(MARINTEK)에서 부상식 가두리 시설의 수리 모형실험 및 수치해석에 관한 연구 수행을 수행하고 있고, 미국은 뉴햄프셔 대학(University of New Hampshire)에서 외해 수중 가두리 시설에 관한 수리 모형실험 및 수치해석에 관한 연구 수행하고 있다.

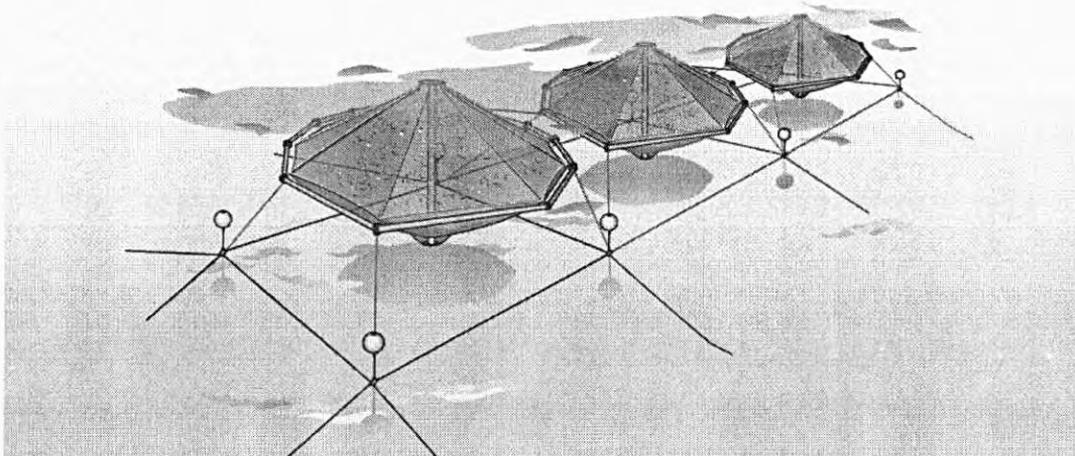


그림 2.6 외해 수중 가두리 설치 예상도

제 2 절 연구개발의 문제점

현재 노르웨이, 호주, 미국 등의 선진국에서 연구·개발되어 사용하고 있는 외해 수중 가두리 양식장의 환경 모니터링 시스템은 일반적으로 양식에 직접적인 영향이 있는 온도와 유속, pH 를 측정하고 있으며, 외해 수중 가두리 양식장의 경우 주변의 환경적 요인을 파악할 수 있도록 파고, 유속 등이 추가적으로 측정되고 있다. 국외에서 이루어진 환경 모니터링 시스템은 대부분의 경우 양식장 자동화 시스템을 위한 환경 모니터링 체계를 구축하여 사용되고 있는 것이 일반적이다. 고가의 환경 모니터링 시스템의 경우에도 그 역할이 자동 급이 시스템에 초점이 맞추어져 있으므로, 지속적인 자료 수집을 통한 자료 분석이나 경보 기능 같은 것은 기대하기 어려운 실정이다. 국내에서는 환경 모니터링 기능이 포함된 양식장 자동화에 관한 연구는 극히 부분적으로 수행되고 있으며, 모두 자동 급이 장치를 위한 부가적인 시스템에 불과하고, 현재는 연구·개발 단계에 머물러 있는 실정이다. 이러한 모니터링 시스템은 가두리 양식업을 하는 어업인들이 그 실태를 정확하게 파악하기 어려울 뿐만 아니라, 지속적인 자료 수집으로 얻을 수 있는 체계적인 양식 관리 시스템 구축을 어렵게 한다.

외해 수중 가두리 양식장용 모니터링 시스템의 경우 육상의 양식장 모니터링 시스템과는 달리 염분이나 태풍, 파도 등의 해상의 열악한 조건에서도 높은 신뢰성을 가지고 동작하여야 하며, 수명이나 효율성의 측면에서도 보완·개선되어야 할 것이다. 현재 국내·외 모두 외해 수중 가두리 양식장에 대한 환경 모니터링 시스템 구축에 대한 기술 수준은 연구·개발 단계에 있으므로 본 과제의 수행을 통하여 얻은 기술로서 환경 모니터링 분야를 선점하여야 할 것으로 사료된다.

미국, 일본 등의 선진국에서는 해상의 환경에 능동적으로 대처하는 외해 수중 가두리 양식장의 이동(상하 및 위치) 시스템을 양식장 관리시스템과 연동하는 연구도 수행되고 있다. 그러므로 본 연구의 수행과정에 이러한 분야를 포함한 연구가 수행되는 것이 바람직할 것으로 생각한다.

현재 우리나라의 양식기술은 세계적인 수준으로 올라와 있으나 양식장 관리에 관한 통합적인 기술력은 그에 비해 미흡한 것이 사실이다. 기존에 개발된 침하식 가두리 시설은 압축공기의 주배기에 의해 시설물이 부양 및 침하가 이루어지므로 시설물이 항상 평형 상태가 유지되어야 하며, 공기 주입호스, 밸브 등 각종 주변기기 등에 대한 정기적인 점검과 교체가 필요하다. 공기를 이용한 시설은 사용자가 취급하기 매우 어려울 뿐만 아니

라 시설물의 무게 밸런스가 맞지 않을 경우에는 시설물이 뒤집힐 수 있으므로 주의해야 한다. 본 연구의 최종 개발 목표인 수중모터를 이용한 침하식 가두리 시설은 기존의 압축 공기를 이용한 침하식 가두리 시설과 시스템 원리 및 구성과 부침 방법, 조작 방법 등이 큰 차이가 있다.

수중 모터를 이용한 침하식 가두리 시설은 2004년 국내 및 국제(일본) 특허 출원되어 있다. 연구 결과와 추후 수리 모형실험의 결과로부터 도출되는 외해 (침하식) 가두리 시설의 설계 요소 기술은 동 가두리 시설의 최적 모델 개발에 활용될 수 있고, 개발될 수중 모터를 이용한 침하식 가두리 시설 개발 기술은 노르웨이, 미국 등 외해 양식시설 선진국들의 연구 결과와 개념이 다르므로 관련기술의 도입과는 차이가 있다.

개발될 외해 가두리 시설의 원 재료는 고밀도 PE 파이프가 주로 사용될 것으로 예상되며 고밀도 PE 파이프의 경우 국내의 대림산업, 고려산업개발, 동원플라스틱 등에서 대량 생산중에 있으므로 원 재료의 수급에는 문제가 없을 것이다. 또한 우리나라의 석유 화학 분야 기술 수준은 현재 세계적으로 매우 높은 수준에 위치하고 있으며, 특히 PE 파이프 제조 기술 및 동 파이프의 물성은 독일 등 선진국의 것 보다 우수한 것으로 나타나 원재료에 관한 문제는 없을 것으로 사료된다.

제 3 절 연구개발 과제 의 전망

국내 모니터링 및 감시 기술은 IT 분야의 기술발달과 더불어 세계적인 수준을 유지하고 있다. 부분적으로 환경 인자를 검출하는 센서 분야의 기술은 선진국에 비하여 열악한 수준이다. 그러므로 외해 수중 가두리 양식장용 자동 감시 및 관리 시스템을 개발하기 위해서는 기술도입보다는 환경 인자를 계측하는 센서를 구매하여 국내기술로 개발하는 것이 여러 가지 측면에서 타당하다고 생각한다.

또한 최근 선진국에서는 외해 수중 가두리 양식장의 생산경비를 줄이기 위하여 양식장 자동화 시스템에 대한 연구·개발이 활발히 이루어지고 있다. 이러한 연구·개발의 일환으로도 외해 수중 가두리 양식장의 환경 모니터링 시스템에 관한 연구는 필수적이다.

어촌의 노동력이 고령화되고 있는 현실을 감안할 때 생산력 향상과 환경영향을 최소화하기 위해서는 양식장 관리 및 감시를 자동화하는 방향으로 변화하지 않으면 양식 분야의 유지발전은 기대할 수 없는 것이 현실이다. 그리고 선진국 주도의 외해 수중 가두리 양식장 자동 감시 및 관리시스템 개발에 동참하지 않고 방관하면 차세대 양식 산업은 황폐화 될 것이고, 동남아 등의 양식 산업에 동참할 기회를 잃게 될 것이다. 본 연구를 통하여 확보한 양식 자동 감시 및 관리 시스템 기술은 다양한 양식 산업 발전이 예상되는 필리핀, 인도네시아 등의 동남아 국가에 양식 분야의 첨단기술을 제공할 수 있는 계기가 될 수 있을 것이다.

본 연구 개발을 통해 도출된 기술은 한국형 전천후 외해 수중 가두리의 시작품 개발에 필요한 설계 요소로 활용될 수 있을 것이며 외해 가두리의 시작품 최적 모델 개발을 위해서는 수리모형 실험 등 관련 기술의 연구가 추가되어야 한다.

생산하려는 연구 개발성과는 현재 전 세계적인 연구개발 추세이며, 특히 매년 적조에 의한 피해가 엄청난 우리나라의 경우 이 시설의 개발 및 보급이 매우 긴급한 사항이다. 미국에서는 수중에 시설물을 설치하여 파도에 의한 힘을 적게 받도록 하는 수중가두리 시설이 개발되어 보급 중에 있다. 긴급 재해 시 시설물 전체를 수중으로 대피시킬 수 있는 침하식 가두리 개발 연구는 세계시장을 목표로 하여도 성장성이 있을 것이다. 이러한 가두리 개발이 가속화 될수록 관리를 위한 시설도 발전하여야한다. 언제까지 사람이 잠수하여 환경을 살필 수는 없다. 따라서 외해 수중 가두리 양식장용 자동 감시 및 관리 시스템 개발이 중요한 과제로 남게 된다. 본 연구에서 이를 해결하기 위한 시스템을 구축하고자 노력하였다.

제 3 장 연구 개발 수행 내용 및 결과

제 1 절 이론 및 접근방법

외해 수중 가두리 양식장용 자동 감시 및 관리 시스템의 개발을 위해 많은 이론과 장치가 접목되었다.

1. NH_4^+ , DO , pH 등의 환경인자 측정방법

가. NH_4^+ 측정 방법

수중내 암모니아 농도를 측정하는 방법은 일반적으로 흡광광도법(인도페놀법), 중화적정법, 이온 전극법 등이 주로 사용되고 있으며, 각각의 측정 방법을 간단히 정리하면 다음과 같다.

1) 흡광광도법

흡광광도법은 빛이 실험 용액을 통과할 때 흡수나 산란 등에 의하여 강도가 변화하는 것을 이용하는 것으로 실험 용액 또는 여기에 적당한 시약을 넣어 발색 시킨 용액의 흡광도를 측정하여 실험 용액중의 목적성분을 정량하는 방법으로 파장 200~900 nm에서의 액체의 흡광도를 측정하는 방법이다. 암모니아의 경우 차아염소산의 공존아래에서 페놀과 반응하여 생성하는 인도 페놀의 청색을 630 nm에서 측정한다.

2) 중화적정법

중화적정법은 산과 염기가 당량비로 반응하여 중화한다는 것을 이용하여 농도를 알고 있는 산 또는 염기로부터 농도를 모르는 염기 또는 산의 농도를 구하는 방법으로 NH_4^+ 의 경우 실험 용액을 증류하여 유출되는 암모니아를 황산용액에 흡수시키고 수산화나트륨용액으로 잔류하는 황산을 적정하여 측정하는 방법이다.

3) 이온 전극법

이온 전극법은 실험 용액중의 분석대상 이온의 농도(이온활량)에 감응하여 비교전극과 이온 전극간에 나타나는 전위차를 이용하여 목적이온의 농도를 정량하는 방법으로서 실험 용액 중 음이온(Cl^- , F^- , NO_2^- , NO_3^- , CN^-) 및 양이온(NH_4^+ , 중금속 이온 등)의 분석에 주로 이용되는 방법으로 암모니아의 경우 실험 용액에 수산화나트륨을 넣어 pH 11~13으로 하여 암모늄이온을 암모니아로 변화시킨 다음 암모니아 이온전극을 이용하여 암모니아성질소를 정량하는 방법이다.

나. DO 측정 방법

1) 격막전극법

용존산소측정기의 전극부를 실험 용액의 가운데에 담그면 실험 용액중의 용존산소가 폴리에틸렌 또는 테프론의 격막을 통과하여 금속전극의 표면에 산화환원반응이 일어난다. 이때 산소의 농도에 비례하여 전류가 흐르므로 그 전류값에서 용존산소를 측정하는 방법이다. 격막은 용존산소를 선택적으로 통과시키는 특성을 가지고 있으므로 공존물질에 의한 방해가 적다. 격막전극법에는 플라로그래피식과 갈바니전지식이 있다.

가) 플라로그래피식

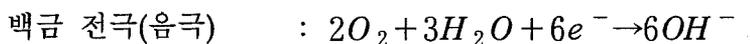
전압전류법이라고도 하는 플라로그래피는 산화성 물질 또는 환원성 물질로 이루어진 용액을 분석하는 전기화학적 방법이다.

분석하고자 하는 용액을 2개의 전극이 들어 있는 유리전지에 넣는다. 한 전극은 유리로 만든 모세관으로 이루어져 있는데, 이 모세관을 통해 수은이 방울방울 흘러나온다. 또 다른 전극에는 보통 수은이 저장되어 있다. 전지는 축전지나 직류전류를 공급하는 장치와 전극에 전압 0~2V를 조절할 수 있는 장치로 이루어진 전기회로에 전류계가 직렬로 연결되어 있다. 보통 적하수는 전극을 편극전압의 음극에 연결하면 전압이 약간 증가하고 이 전압에 해당하는 전류를 전류계로 검출할 수 있다. 적하수는 전극에서 분석하고자 하는 물질을 환원시킬 정도의 충분히 큰 전압을 걸어줄 때까지 흐르는 전류는 대단히 적다. 걸어준 전압이 이 임계값 이상으로 증가하면 처음에는 전류가 급격히 증가하지만 점진적으로

로 어느 값에 가까이 도달해 전압이 더 증가하더라도 어느 정도 일정한 값을 유지한다. 전류를 급격히 증가시키기 위해 필요한 임계전압은 환원되는 물질의 특성이며, 이 물질을 확인(정성분석)하는 값이 된다. 적절한 조건하에서 특정 한계전류는 환원성 물질이 적하수은의 표면까지 확산되어가는 속도에 의해 조절되며, 한계전류의 크기는 환원성 물질의 농도의 측정값(정량분석)과 일치한다. 적하전극이 양극일 때 산화성 물질을 산화시켜서 한계전류를 얻어낼 수도 있다. 용액이 각기 다른 전압에서 환원되거나 산화되는 몇 가지 물질들을 포함하고 있으면 전압-전류 곡선은 분리된 전류의 증가가 나타나며(폴라로그래프), 각각에 대해 한계전류가 나타난다. 따라서 이 방법은 몇 가지 물질을 동시에 검출하거나 결정하는 데 유용하며, 1~1,000ppm 정도의 비교적 매우 작은 농도로도 물질을 검출하거나 결정할 수 있다.

나) 갈바니전지식

전해질을 포함한 용액 중에 다른 종류의 금속으로 구성된 두 전극(일반적으로 백금과 알루미늄)을 이용해 회로를 구성하면 한편에서는 환원 반응, 다른 한편에서는 산화 반응이 일어나 전류가 흐른다. 이와 같은 전지를 갈바니 전지(galvanic cell)라 하는데 DO 전극은 이러한 원리를 이용해 용존 산소의 분압을 측정하는 것으로 정수 처리의 실험 용액 중에 설치한다. 실험 용액 중의 산소는 테프론막을 통과하여 전해액으로 확산하여 음극면에서 환원된다. 전해액 중의 산소 분압에 비례한 전류를 발생하고 전극은 백금 전극과 알루미늄 전극을 이용하고 각 전극에서는 다음의 반응식이 일어난다.



이때 흐르는 전류를 측정하여 적절히 증폭하면 현재의 DO 값을 알 수 있다. 그러나 실제에는 다음과 같은 계기상의 교정이 필요하다. DO계는 수용액 중의 산소 분압을 측정하는 것으로 수용액 중의 산소 분압은 변화하지 않으나 산소의 농도는 온도의 상승에 따라 감소한다. 또 테프론막을 통과하는 산소의 확산 속도는 온도 증가에 따라 증가하여 센서의 출력 전류가 증가한다. 이 영향을 보상하기 위하여 전극 중에 서미스터를 삽입하여 온도 보상을 해줌으로서 보다 정확한 DO 값을 측정한다.

2) 윙클러-아지드화나트륨 변법

황산망간과 알칼리성 요오드칼륨용액을 넣을 때 생기는 수산화제일망간이 실험 용액 중의 용존산소에 의해 산화되어 수산화제이망간이 되고 황산 산성에서 용존산소량에 대응하는 요오드를 유리한다. 유리된 요오드를 티오황산나트륨으로 적정하여 용존산소의 양을 정량하는 방법이다. 산화성 물질이나 환원성 물질이 공존하는 실험 용액은 측정오차가 크므로 이 경우 격막전극법으로 측정한다.

다. pH 측정 방법

1) 지시자(Indicator)를 이용한 방식

지시자를 이용하는 방식은 크게 두 가지로 우선 pH 에 대응하는 표준색과 실험 대상 실험 용액에 담긴 Indicator를 비교하는 방법과 Indicator에 담긴 pH 테스트 종이를 준비하여 그 종이를 실험 용액에 담고 그 색을 표준색과 비교하는 방법이 있다. 이러한 방법은 매우 손쉬우나 오차가 큰 단점이 있다. 오차가 발생하는 요인은 다음과 같다.

- 실험 용액의 높은 염 농도
- 실험 용액의 온도
- 실험 용액 내의 유기물질

2) 수소 전극을 이용한 방식

수소 전극은 백금 블랙을 백금 선이나 백금 판에 붙여 만든다. 이것을 실험 용액에 담으면 용액과 백금 블랙 사이에 전하가 형성되는데, 이를 이용한 측정 방법이다. 수소 전극 방식은 pH 를 측정하는 다른 여러 방식 중에서도 가장 표준이 되는 방법으로 다른 방식에 의해 유도된 값들은 수소 전극 방식에 의해 측정된 값들에 준할 때에만 믿을만한 값으로 인정 받을 수 있다. 그러나 이 방식은 수소 기체를 다루어야 하는 불편함과 테스트 용액 내에서의 산화 환원제의 영향 등 주의해야 할 많은 점들과 비용 문제 때문에 일상의 이용 방식으로는 부적합한 면이 많다.

3) 안티모닉 전극(Antimony-Electrode) 방식

이 방식은 연마된 안티모닉 막대의 끝과 기준 전극을 테스트 용액에 담그고 이 두 전극 사이의 전위차로부터 pH 를 측정하는 방식이다. 이 방식은 장치가 매우 견고하고 다루기가 편하여 한때 아주 널리 사용되었으나, 요즘에는 그 측정 결과가 전극의 연마 정도에 따라 변하고 재현성이 낮기 때문에 한계가 있다. 따라서 현재 이 방식은 높은 정밀도를 필요로 하지 않고 테스트 용액이 불소 이온을 함유하고 있는 경우에만 쓰이고 있다.

4) 유리 전극(Glass-Electrode) 방식

현장에서 pH 의 측정은 도금 작업, 금속 표면의 식각(에칭, etching), 건전지의 제조 등에 다양한 분야에 응용되고 있다. 이 방식은 전위 평형을 이루는데 걸리는 시간이 짧고, 재현성이 뛰어나며, 산화제와 환원제의 영향을 거의 받지 않고, 여러 종류의 용액의 pH 를 측정할 수 있기 때문에 산업 분야 뿐만 아니라 여러 다양한 분야에서 가장 널리 사용되고 있다.

라. 클로로필-a

1) 흡광광도법

아세톤 용액으로 클로로필 색소를 추출하여 추출액의 흡광도를 663nm, 645nm, 630nm, 750nm에서 측정하여 클로로필-a량을 계산하는 방법이다. 여기서 663nm, 645nm, 630nm의 흡광도 측정은 클로로필-a, b 및 c를 결정하기 위한 측정이고 750nm는 실험 용액 중 현탁물질에 의한 탁도 정도에 대한 흡광도이다.

2) 형광측정법

아세톤에 의한 추출없이 원실험 용액에 450nm, 570nm, 590nm, 610nm의 파장으로 측정, 클로로필의 양 (측정기상의 a1, a2, a3, a4 : 클로로필 a.b.c.d에 해당)을 계산하는 방법이다.

2. 이온 전극

해상 가두리 양식장에서의 NH_4^+ , pH 등의 자동 측정을 위해서는 측정방법이 가능한 한 간결하면서도 정확해야 한다. 흡광광도법과 중화적정법은 화학반응을 일으켜 관찰·측정하는 것으로 이를 자동화하기에는 많은 어려움이 있다. 반면 이온 전극법은 실험 용액의 성분에 따른 전위차를 이용하여 측정하므로 계측 장치의 자동화에 비교적 어려움이 적다. 그러므로 본 기술 개발에서는 이온 전극법을 이용하여 NH_4^+ 및 pH 자동 측정 장치를 설계·개발 하였다.

가. 일반적인 특성

이온 전극을 이용하여 NH_4^+ 및 pH 를 측정하기 위해서는 기본적으로 서로 10배의 농도 차이가 나는 두 가지의 Standard 용액과 ISA(Ionic Strength Adjuster) 용액, 증류수가 필요하다(pH 의 경우 pH 7, pH 10 의 표준 용액). 이온 전극은 일반적으로 연속 측정 시 6시간 마다 측정치를 보정해 주지 않으면 일반적으로 사용되는 대부분의 센서들과 같은 재현성을 보여주지 못하는 경우도 발생한다. 그러나 본 과제의 특성상 NH_4^+ 및 pH 를 연속적으로 측정하는 것이 아니라 하루에 한번 꼴로 측정하므로 매 측정 시 마다 두 가지의 Standard 용액을 사용하여 이온 전극을 보정하여야 한다. 증류수는 이온 전극내 멤브레인의 세정 및 보관 등을 위해 사용된다. 이온 전극을 통해 측정되는 전위에 해당하는 농도는 이온의 농도가 아니라 이온의 활동도이다. 활동도와 농도는 활동도 계수에 관련되며 활동도 계수는 이온세기에 의존하므로 전체 이온세기를 일정하면서 높은 값으로 유지하기 위해서 ISA 용액을 첨가한다. 따라서 ISA 용액은 보통 농도가 크며 이를 첨가함으로써 전체 이온세기는 0.1M 정도로 맞춰진다. 또한 ISA 용액은 pH 를 맞춰주거나 다른 방해 물질들을 약간 제거하는 역할을 하기도 한다. 이온 전극을 사용하여 암모니아를 측정할 때에는 실험 용액과 Standard 용액, ISA 용액 등의 온도차가 $\pm 1^\circ C$ 이내이어야 하며, 실험 용액을 교반하여야 하고, 교반작용으로 인한 온도상승이 없으며, 교반 속도는 일정하게 유지하여야 한다. 이온 전극의 일반적인 특성을 정리하면 다음과 같다.

1) 재현성

만약 전극을 측정시마다 보정한다면 측정오차를 $\pm 2\%$ 이하로 재현할 수 있다. 온도의 변화, 이동, 그리고 noise와 같은 요소는 재현성에 영향을 줄 수 있으나 NH_4^+ 및 pH 의 농도와 재현성은 무관하다.

2) 방해 물질

휘발성의 아민을 제외하고 대부분의 기체는 염기성 용액에서 이온형태로 전환되기 때문에 대부분의 기체는 NH_4^+ 전극의 측정을 방해하지 않는다. 이온성 물질이 기체를 흡입할 수 있는 막을 통과하지 못하고 전극의 작동을 직접적으로 방해하지 않지만 용액에서 이온의 정도는 NH_4^+ 의 용해도를 변화시킬 수 있다. 실험 용액과 Standard 용액에서 이온의 수가 같다면 아무 영향이 없다. 측정 결과가 예상보다 낮게 나오는 것은 어떤 금속 이온이 존재하여 그 이온의 착물형성이 NH_4^+ 에 영향을 주므로 직접 측정에서 오차가 발생하기 때문이다. 약간의 방해물질에 대한 제거는 ISA 용액을 투여함으로써 가능하다.

3) 온도

온도가 변화함에 따라서 전극의 감응이 이동하고 보정곡선의 기울기가 달라질 수 있다. 따라서 Standard 용액과 실험 용액은 항상 같은 온도로 유지되는 것이 중요하다. 10-3M 용액일 경우에 $1^\circ C$ 의 변화에 약 2%의 오차가 발생한다. 또한 온도가 높을 경우 용액으로부터 기체가 더 빠른 속도로 방출된다. 일반적으로 실온에서 6시간 동안 약 50%의 NH_4^+ 손실을 나타낸다.

4) 전극의 감응

NH_4^+ 농도가 $4 \times 10^{-6} M$ (약 0.07ppm) 이상인 용액에서 이온 전극은 적당한 감응시간 (약 1분 이내에 전극 전위의 안정성이 95%에 도달함)을 가지고 반응하게 되며, NH_4^+ 의

농도가 이보다 낮을 때는 감응시간이 길어지고, NH_4^+ 의 손실로 인하여 오차가 발생할 수 있다.

5) 검출 한계

순수한 NH_4^+ 용액에서 전극의 검출 한계는 용액의 농도가 1M 이상이거나 $1 \times 10^{-7}M$ 이하일 경우이다.

6) pH

NH_4^+ 이온 전극은 pH 11~14에서 사용할 수 있으며 ISA 용액을 사용하여 pH를 11 이상으로 맞추으로써 용액내의 암모늄 물질을 NH_4^+ 로 전환시킬 수 있다.

7) 수명

NH_4^+ 및 pH 이온 전극은 연속적으로 측정할 경우 약 6달 정도 사용할 수 있다. 사용 횟수에 따라 작동 수명이 몇 달 더 늘어날 수 있다. 전극의 감응 시간이 길어지고 보정곡선의 기울기가 감소할 경우 멤브레인을 교체함으로써 수명을 연장할 수 있다.

나. 이온 전극의 제원

본 기술 개발에 사용한 NH_4^+ 및 pH 이온 전극의 기본적인 특성은 다음의 표와 같다.

표 3.1 NH_4^+ 전극의 기본적인 특성

항목	특성
농도 범위	$5 \times 10^{-7} \sim 1 \text{ M } NH_4^+$ (0.01 ~ 17000 ppm NH_4^+) (0.01 ~ 14000 ppm N)
pH 범위	11 이상
온도 범위	0 ~ 50°C
내부 몸체 저항	~1000MΩ
재현성	±2%
크기	길이 - 110mm 지름 - 12mm
저장방법	전극을 0.1M NH_4Cl 용액에 저장

표 3.2 pH 전극의 기본적인 특성

항목	특성
pH 범위	0 ~ 13
온도 범위	0 ~ 100°C
재현성	±2%
크기	길이 - 110mm 지름 - 12mm
내부 기준 전극	$Ag/AgCl$

다. 이온전극법

1) 원리 및 적용범위

실험 용액중의 분석대상 이온의 농도(이온활량)에 감응하여 비교전극과 이온전극 간에 나타나는 전위차를 이용하여 목적이온의 농도를 정량하는 방법으로서 실험 용액 중 음이온(Cl^- , F^- , NO_2^- , NO_3^- , CN^-) 및 양이온(NH_4^+ , 중금속이온 등)의 분석에 이용된다.

2) 개요

이온전극은 [이온전극 | 측정용액 | 비교전극]의 측정계에서 측정대상 이온에 감응하여 Nernst식에 따라 이온활량에 비례하는 전위차를 나타낸다.

$$E = E_0 + \left(\frac{2.303RT}{zF} \right) \log(a) \quad (\text{식 3.1})$$

E : 측정용액에서 이온전극과 비교전극간에 생기는 전위차(mV)

E_0 : 표준전위(mV)

R : 기체상수(8.314 J/oK, mol)

zF : 이온전극에 대하여 전위의 발생에 관계하는 전자수(이온가)

F : 페러데이(Faraday) 상수(96480 C)

a : 이온활량 (mol/l)

$\frac{2.303RT}{zF}$ 는 이론전위구배라 하며 이온활량의 역수의 상용대수를 px라 할 때 1 px당 전위차를 나타내는 값으로서 25 °C에서 1가 이온은 59.16 mV, 2가 이온은 29.58 mV의 값이다. 또한 이온활량은 활량계수(γ)와 이온농도(C)간에 다음과 같은 관계가 있다.

$$a = \gamma C \quad (\text{식 3.2})$$

그러므로 Nernst식은 이온농도(C)와 다음과 같은 식으로 표시할 수 있다.

$$E = E_0 + \left(\frac{2.303RT}{zF} \right) \log(\gamma C) \quad (\text{식 3.3})$$

$$E = E_0 + \left(\frac{2.303RT}{zF} \right) \log(\gamma) + \left(\frac{2.303RT}{zF} \right) \log(C) \quad (\text{식 3.4})$$

따라서 활량계수(γ)를 알고 있으면 전위측정에 의하여 직접이온 농도의 측정이 가능하다. 여기에서,

$$E = E_0 + \left(\frac{2.303RT}{zF} \right) \log(\gamma) \quad (\text{식 3.5})$$

를 일정한 값이라고 하면

$$E = E_0 + \left(\frac{2.303RT}{zF} \right) \log(C) \quad (\text{식 3.6})$$

가 된다.

측정용액 중의 총 이온강도가 일정할 때는 활량계수도 일정하게 된다. 그러므로 표준액을 사용하여 이온농도의 전위차와의 관계를 구하고 미지실험 용액 용액의 전위차를 측정하여 대상이온의 농도를 구할 수 있다.

3) 장치

이온전극법에 사용하는 장치의 기본구성은 그림 3.1과 같이 전위차계, 이온전극, 비교전극, 실험 용액용기 및 자석교반기로 되어 있다.

가) 전위차계

이온전극과 비교전극간에 발생하는 전위차를 mV 단위까지 읽을 수 있고 고압력저항(10¹² Ω 이상) 의 전위차계로서 pH - mV계, 이온전극용 전위차계 또는 이온농도계 등을 사용한다.

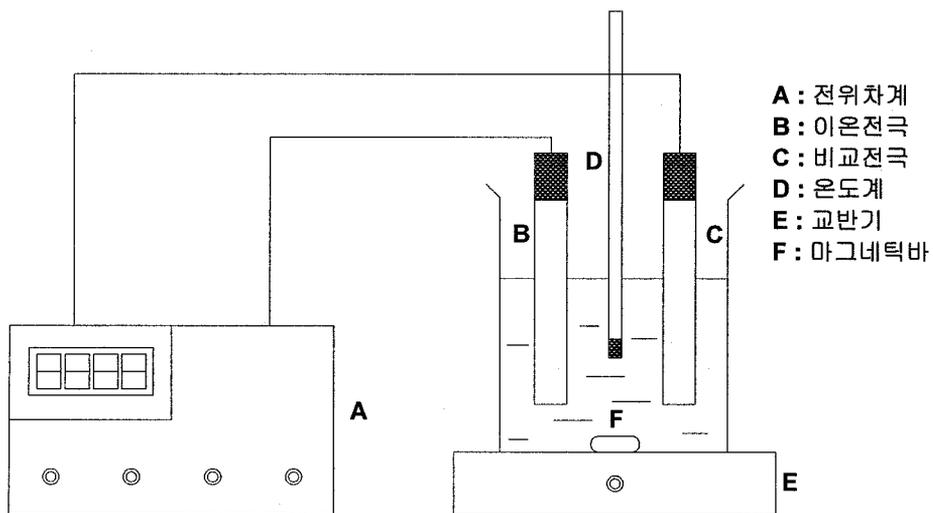


그림 3.1 이온전극법에 사용하는 장치의 기본구성

나) 이온전극

이온전극은 분석대상 이온에 대한 고도의 선택성이 있고 이온농도에 비례하여 전위를 발생할 수 있는 전극으로서 그 감응막의 구성에 따라 표 3.3과 같이 분류된다. 각 이온전극의 구조는 그림 3.2와 같다.

표 3.3 이온전극의 종류와 감응막 조성의 예

전극의 종류	측정이온	감응막의 조성
유리막 전극	Na^+	산화알루미늄 첨가 유리
	K^+	
	NH_4^+	
고체막 전극	F^-	LaF_3
	Cl^-	$AgCl + Ag_2S, AgCl$
	CN^-	$AgI + Ag_2S, Ag_2S, AgI$
	Pb_2^+	$PbS + Ag_2S$
	Cd_2^+	$CdS + Ag_2S$
	Cu_2^+	$CuS + Ag_2S$
	NO_3^-	Ni^- 베소페난트로닌 / NO_3^-
	Cl^-	디메틸디스테아릴 암모늄 / Cl^-
	NH_4^+	노낙틴 / 모낙틴 / NH_4^+
격막형 전극	NH_4^+	pH 감응유리
	NO_2^-	pH 감응유리
	CN^-	Ag_2S

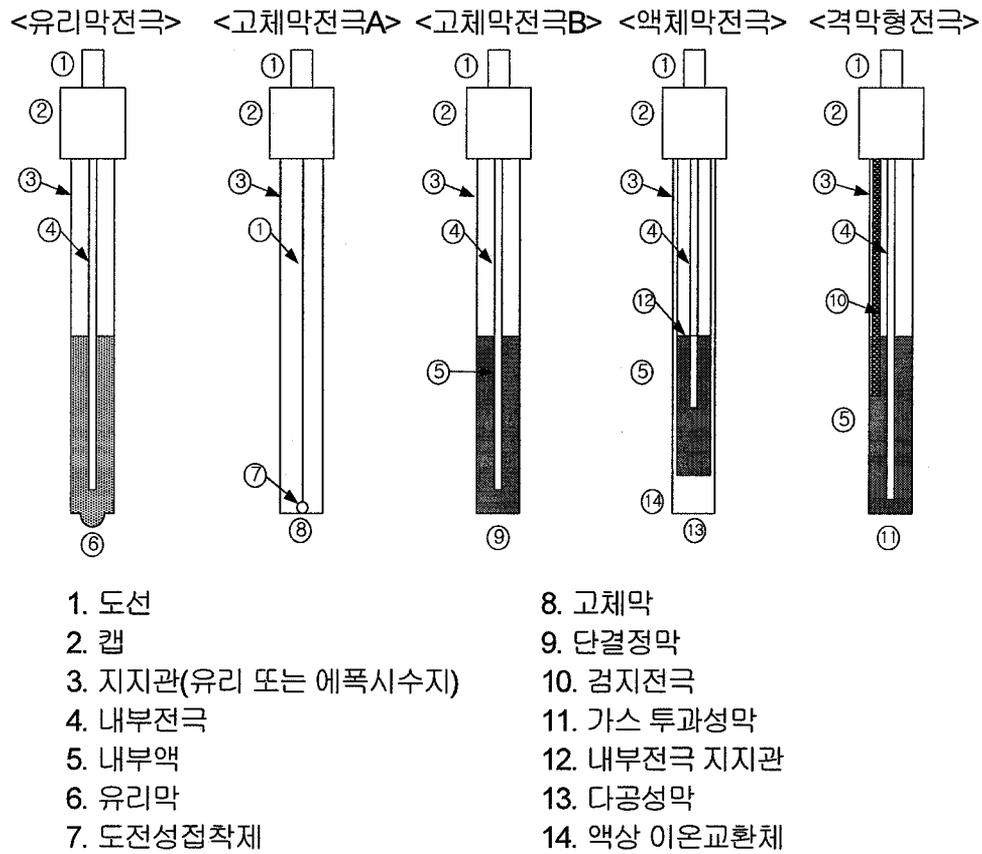


그림 3.2 이온전극의 구조

다) 비교전극

이온전극과 조합하여 이온농도에 대응하는 전위차를 나타낼 수 있는 것으로서 표준전위가 안정된 전극이 필요하다. 일반적으로 내부전극으로서 염화제일수은전극(칼로멜전극) 또는 은-염화은전극이 많이 사용된다.

라) 자석교반기

회전에 의하여 열이 발생하여 액온에 변화가 일어나서는 안되며, 회전속도가 일정하게 유지될 수 있는 것이어야 한다.

4) 이온전극법의 특성

가) 측정범위

이온농도의 측정범위는 일반적으로 $10^{-1} \text{ mol/l} \sim 10^{-4} \text{ mol/l}$ (또는 10^{-7} mol/l)이다.

나) 이온강도

이온의 활량계수는 이온강도의 영향을 받아 변동되기 때문에 용액중의 이온강도를 일정하게 유지해야 할 필요가 있다. 따라서 분석대상 이온과 반응하지 않고 전극전위에 영향을 일으키지 않는 염류를 이온강도 조절용 완충액으로 첨가하여 시험한다.

다) pH

이온전극의 종류나 구조에 따라서 사용가능한 pH 의 범위가 있기 때문에 주의하여야 한다.

라) 온도

측정용액의 온도가 10°C 상승하면 전위구배는 1가 이온이 약 2 mV, 2가 이온이 약 1 mV 변화한다. 그러므로 검량선 작성 시의 표준액의 온도와 실험 용액용액의 온도는 항상 같아야 한다.

마) 교반

실험 용액용액의 교반은 이온전극의 전극범위, 응답속도, 정량 하한값에 영향을 나타낸다. 그러므로 측정에 방해되지 않는 범위내에서 세게 일정한 속도로 교반해야 한다.

5) 측정방법

실험 용액 중에 방해이온이 존재할 경우에는 적당한 방법으로 제거하거나 pH 및 이온 강도를 조절하여 실험 용액으로 한다. 먼저 각각 농도가 다른 표준액을 단계적으로 조제하여 이온강도조절용액을 첨가하고 적당량의 비커에 옮긴다.

이온전극과 비교전극을 물로 깨끗이 씻은 후 수분을 제거하고 전위차계에 연결한다. 이온전극과 비교전극을 표준액이 담긴 비커에 침적시키고 교반하면서 전위를 측정하여 안정될 때의 값을 읽는다. 같은 방법으로 낮은 농도부터 높은 농도의 순서로 표준액의 전위차를 측정하고 편대수그래프지(semilog 그래프지)의 대수축에 표준액의 농도를, 균등축에 전위차를 플로트하여 검량선을 적정한다. 다음에 준비된 실험 용액에 대하여 같은 방법으로 전위차를 측정하고 작성된 검량선으로부터 이온농도(mg/l)를 산출한다.

6) 측정 시 유의사항

- 모든 실험 용액과 표준용액은 같은 온도(실온)로 유지한다.
- 정확한 측정을 위해서 일정한 속도로 저어준다. 자석 교반기는 용액의 온도를 변화시키기에 충분한 열을 발생시키므로 비커와 교반기 사이에 스티로폼 같은 절연체를 넣어 이러한 영향을 제거한다.
- 증류수로 전극을 항상 깨끗이 세척하여 건조시킨다. 오염을 방지하기 위해 깨끗하고 건조된 종이를 사용한다.
- 표준용액이나 실험 용액에 전극을 넣었을 때 막(membrane)에 공기방울이 맺혀 있는지를 항상 확인한다. Membrane에 공기방울이 맺혀있을 경우 전극을 다시 용액에 넣어 공기방울을 제거한다.
- 이온 전극 membrane의 표면이 오염되었을 경우 전극의 감응이 느리다. 이러한 경우에 약 5분 동안 전극을 증류수에 담가둔 후 membrane을 세척하여 약 5분 동안 희석된 표준용액에 다시 담가둔다.
- 이온 세기가 큰 실험 용액을 측정하는 경우에 실험 용액과 비슷한 조성의 표준물질을 준비한다.
- 농도가 큰 실험 용액 (0.1M 이상)을 측정할 경우에는 측정 전에 희석시킨다.

3. 태양광

가. 태양 전지 개요

태양전지(太陽電池, Photovoltaic Cell)는 태양광 에너지를 직접 전기로 변환시키는 반도체 소자이다. 대부분의 반도체들은 광기전력효과(photovoltaic effect)를 나타내지만 태양전지의 대량생산으로 이어지는 반도체들은 주로 Si (silicon)과 $GaAs$ (gallium arsenide)이며, Si 이 가장 많이 활용되고 있으나 최근에는 $CdTe$ (cadmium tellurium)과 $CuInSe_2$ (CIS : cuprum indium selenium)반도체들이 활용되고 있기도 하다. Si 이 반도체산업에서 가장 많이 사용되는 이유는 지구상에서 두번째로 보편화된 화학물질이고, 석영·모래로부터 쉽게 얻을 수 있기 때문이다. Si 태양전지는 결정 상태에 따라서 단결정실리콘(monocrystalline silicon) 태양전지, 다결정실리콘(polycrystalline silicon) 태양전지, 비정질 실리콘(amorphous silicon) 태양전지의 세 가지로 분류한다. 지금까지 개발되었거나 개발 중인 여러 형태의 태양전지들의 실험실 규모와 대량생산 규모에 따른 효율을 표 3.4)에 나타내었다.

표 3.4 태양광 셀의 효율

형 태	실험실 규모		대량 생산	
	면적(cm^2)	효율(%)	면적(cm^2)	효율(%)
단결정	4	23.3	100	15~18
다결정	4	17.8	100	12~14
비정질	1	11.5	1,000	5~8
$GaAs$	0.25	25.7	4	17
$CdTe$	1	10.9	-	-
$CuInSe_2$	3.5	14.1	-	-
$GaAs/GaSb$	0.005	34	-	-

1) 출처 : Friedrich Sick, Thomas Erge, Photovoltaics in Buildings, James & James Science Publishers Ltd., 1996

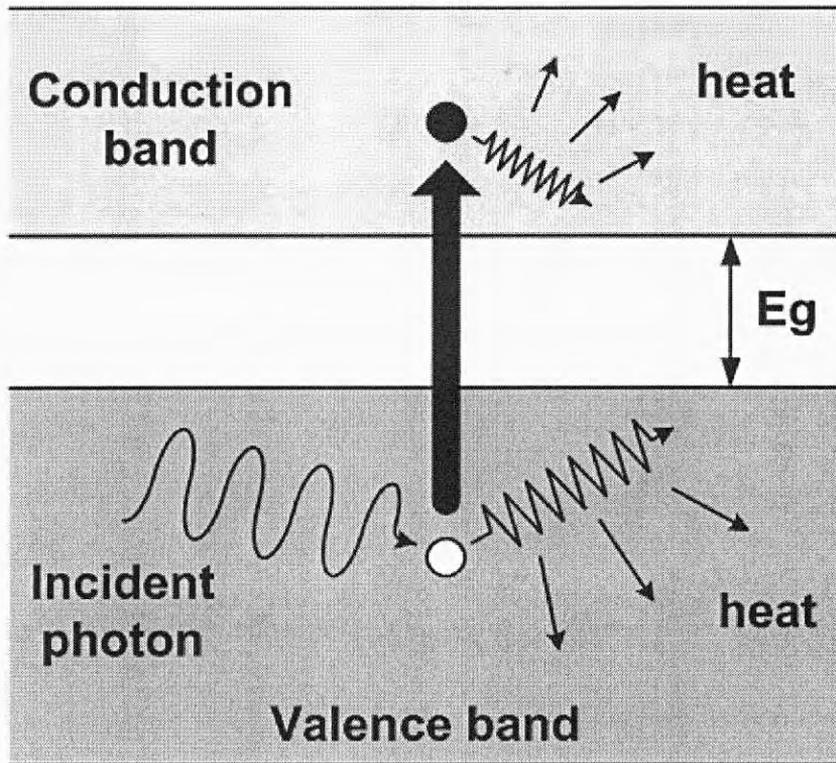


그림 3.3 빛에 의한 전자-정공 쌍의 발생

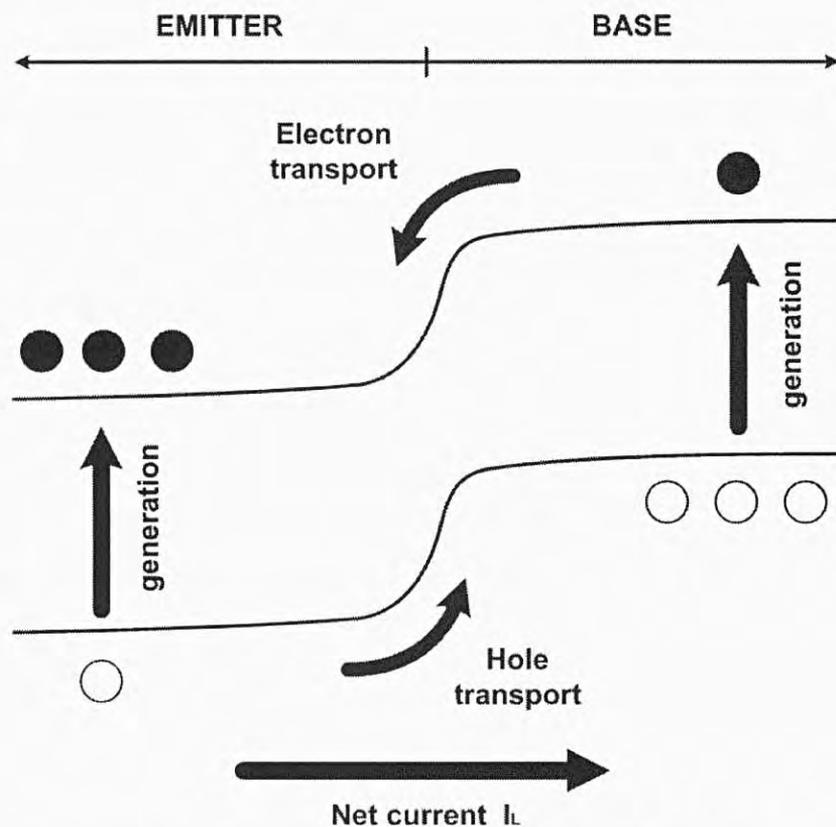


그림 3.4 농도, 전위차에 의해 pn접합에 흐르는 전류

그림 3.3은 광에너지 흡수에 의한 전자-정공 쌍의 발생 원리를 나타내고 있다. 금지대폭 (E_g)이상의 광에너지가 흡수되면 가전자대(valence band)에 있는 전자가 여기되어 금지대폭을 건너뛰어 전도대(conduction band)로 이동하게 된다. 이와 같은 여기 상황으로 인하여 가전자대에 있었던 전자의 자리가 비게 되어 양전하처럼 행동하는 정공이 형성되므로 양전하(정공)와 음전하(전자)의 쌍이 생기게 된다. 그림 3.4는 이렇게 생성된 전자-정공 쌍이 각각의 농도차와 전위차에 의하여 각각 전자는 n형으로, 정공은 p형으로 이동하여 외부회로에 의하여 전류(I_L)가 흐르게 되는 모습을 나타낸 것이다. 태양전지의 특성은 여기서 설계하고자 하는 제어시스템에 깊은 영향을 끼치므로, 그 특성에 대해서도 살펴보기로 한다. 그림 3.5는 다른 빛의 세기 λ 와 온도가 일정할 때의 전형적인 태양전지의 모듈(module)의 전압-전류($V-I$) 곡선을 나타낸다.

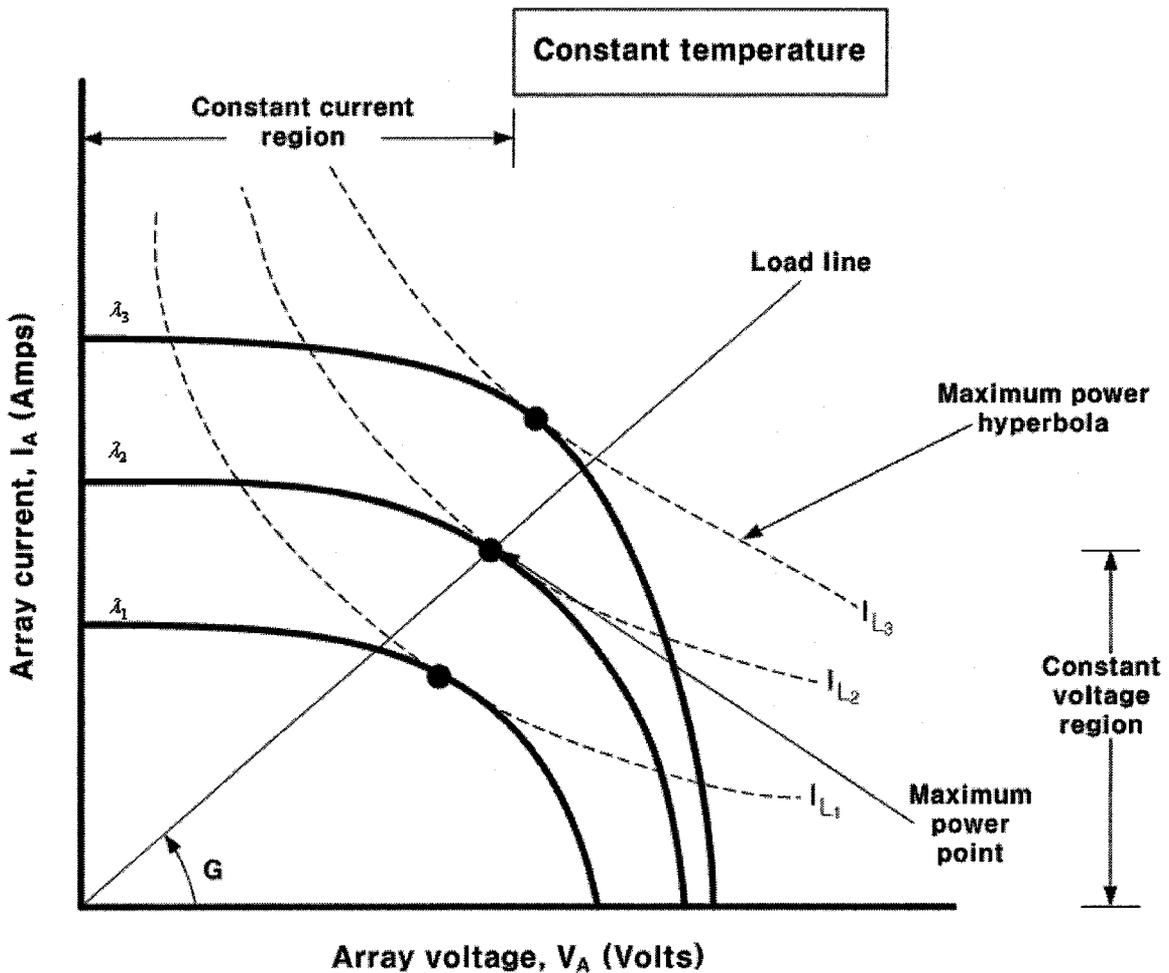


그림 3.5 태양전지의 모듈(module)의 전압-전류($V-I$) 곡선

일반적으로 빛의 세기와 온도에 따른 태양전지의 정적인 특성은 다음 수식과 같이 나타낼 수 있다.

$$I = I_G - I_{SAT} \left\{ \exp\left[\frac{q}{AKT}(V + I_A R_S)\right] - 1 \right\} \quad (\text{식 3.7})$$

단, 여기서

$$I_{SAT} = I_T \left[\frac{T}{T_r}\right]^3 \exp\left[\frac{qE_{G0}}{BK}\left(\frac{1}{T_r} - \frac{1}{T}\right)\right] \quad (\text{식 3.8})$$

$$I_G = [I_{SC} + K_1(T_C - 28)] \frac{\lambda}{100} \quad (\text{식 3.9})$$

이다.

I : cell output current

V : cell output voltage

I_{SAT} : cell saturation current

T : cell temperature in K

$\frac{K}{q}$: Boltzmann's constant divided by electronic charge

T_C : cell temperature in $^{\circ}\text{C}$

K_I : short circuit current temperature coefficient at I_{SC}

λ : cell illumination(mW/cm^2)

I_{SC} : cell short circuit current at 28°C and $100\text{mW}/\text{cm}^2$

I_G : light-generated current

E_{G0} : band gap for silicon

A, B : ideality factors

T_r : reference temperature

I_T : saturation current at T_r

R_S : series resistance

태양전지 양단의 터미널에 연결된 컨버터는 정적 상태에서 저항성 부하에 의해 나타내어진다. 컨덕턴스 경사도 G 에 의한 부하선과 어레이 $V_A - I_A$ 곡선의 교차는 동작점을 의미하고, 일치하는 직류전력은 컨버터에 의해 병합된다. 일정한 전력 궤적은 쌍곡선으로 나타나고, 최대 전력 쌍곡선들은 그림 3.5에서 보는 것과 같이 각각의 $V_A - I_A$ 곡선의 MPP(Maximum Power Point)와 접한다. 만일 컨버터 손실이 없다고 가정하면, 전력 균형으로부터 유용한 선전압은 일정하고,

$$P_L = V_L I_L = V_A I_A = P_A \quad (\text{식 3.10})$$

$$I_L = \frac{V_A I_A}{V_L} = P_A \quad (\text{식 3.11})$$

여기서 선전압과 선전류는 제공평균 값이다. 식 3.11은 각 최대 전력 쌍곡선은 선전류 I_L 의 일정한 크기에 상응함을 나타낸다. MPP 위의 $V_A - I_A$ 곡선의 영역은 일정전류구간을 나타내고, 이에 반하여 아래 구간은 일정 전압 구간을 나타낸다. 태양전지의 출력 전력은 부하선의 경사각 G 의 제어에 의해 제어할 수 있다. 어떤 $V_A - I_A$ 곡선에서, G 가 0부터 증가함으로써, 출력 전력은 최대값에 도달할 때까지 증가한 후 감소하며, G 값의 조절을 통해 최대 출력을 얻을 수 있게 된다. 일반적으로 태양전지 셀(cell)은 태양광 방사 에너지를 조사했을 때 전기를 발생하는 반도체 소자를 일컫고 태양전지 모듈(module)은 복수의 태양전지 셀을 전기적으로 접속하고 내구환경을 고려하여 제작된 최소단위의 발전유닛을 말한다.

나. MPPT 알고리즘

MPPT(Maximum Power Point Tracker) 알고리즘은 기존에 많이 연구되었으며, 대부분의 MPPT 제어 장치가 사용 중인 P&O 알고리즘을 응용하여 수정한 것으로 본 과제에서는 ANSI C 언어를 기본으로 한 마이크로프로세서 C 언어로 구현하였으며, 태양전지 모듈의 파라미터를 입력하는 부분, 일사량에 따른 MPP 추적 부분, MPPT 구현 부분의 세 부분으로 나누어 구성하였다.

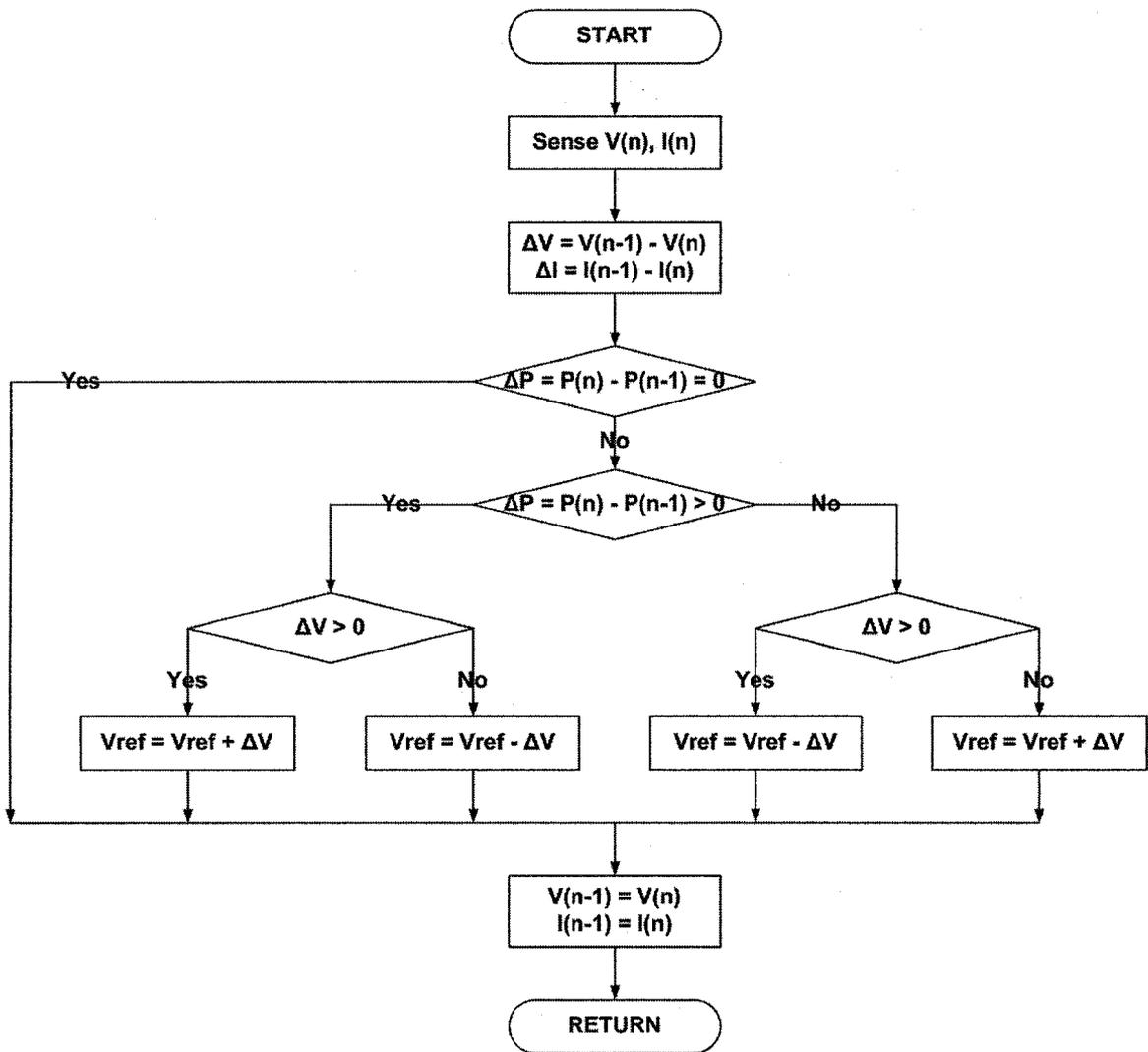


그림 3.6 MPPT 알고리즘의 제어 흐름도

그림 3.6은 MPPT 추적기법에 대한 알고리즘의 순서도이다. 그림 3.6에서 $V_{(n)}$, $I_{(n)}$, $P_{(n)}$ 은 태양전지 어레이의 순간 전압, 전류 및 전력이다. 그리고 $V_{(n-1)}$,

$I_{(n-1)}$, $P_{(n-1)}$ 은 측정값 직전의 전압, 전류 및 전력 값이다. 여기에서는 전력귀환제어 하에서 $\frac{dP}{dV} = 0$ 이 되도록 제어하고자 하였다. 제안된 MPPT 알고리즘을 구현하기 위해 식 3.12를 활용하였다. 여기서 V_{ref} 는 제어를 위한 기준전압을 나타낸다.

$$dP = dV \left(I + \frac{dI \cdot V}{dV} \right) \quad (\text{식 3.12})$$

제안된 MPPT 알고리즘은 전력 변화량 dP 에 따라서 수행된다. dP 가 “0” 이 아닌 경우에는 ΔV 에 따라서 컨버터부의 PWM 스위칭을 통해 기준전압 V_{ref} 에 대한 제어를 함으로써 태양전지 모듈의 출력전압을 조절, 태양전지 모듈이 항상 최대 전력점에서 동작 할 수 있게 제어한다.

다. 태양 전지의 출력 제어

해상 가두리 양식장의 환경 감시 및 관리 시스템에 적용되는 태양광 발전 시스템은 계통선과 연계되어 있지 않은 독립형 시스템으로 일정 수준 이상의 축전 설비를 갖추고 있어야 한다. 태양광 발전 시스템 설비 시설의 수명은 반영구적으로 추정할 수 있으나 축전지의 사용 수명은 그보다 짧으며 또한 충·방전과 전지상태에 따라 달라지기도 한다. 이러한 축전지의 수명을 안정되게 유지하기 위해서는 주기적 점검 및 관리는 물론 축전지에 과방전이나 과충전이 되지 않도록 제어하여 축전지 시스템의 수명 연장을 기해야 할 것이다. 또한 태양광 충전 제어기의 측면으로는 일사량이 충분하지 않을 때를 대비하여 태양전지의 출력 전력을 낭비하지 않고 모두 저장할 수 있는 우수한 충전효율을 갖추어야 한다. 이를 위하여 DC-DC Converter에 PWM 제어방식을 적용한 충전 제어기를 설계하여 기존의 해양 시설물 등에 사용되고 있는 충전 제어기 보다 충전효율이 높은 제어기를 개발하여 해상 가두리 양식장용 환경 감시 및 관리 시스템에 사용하고자 하였다.

태양전지 모듈을 통하여 얻은 전력을 축전지로 저장하기 위해서 일반적으로 강압형 초퍼인 벡 컨버터를 사용한다. 다음의 그림 3.7에서 벡 컨버터의 기본회로를 나타내었다.

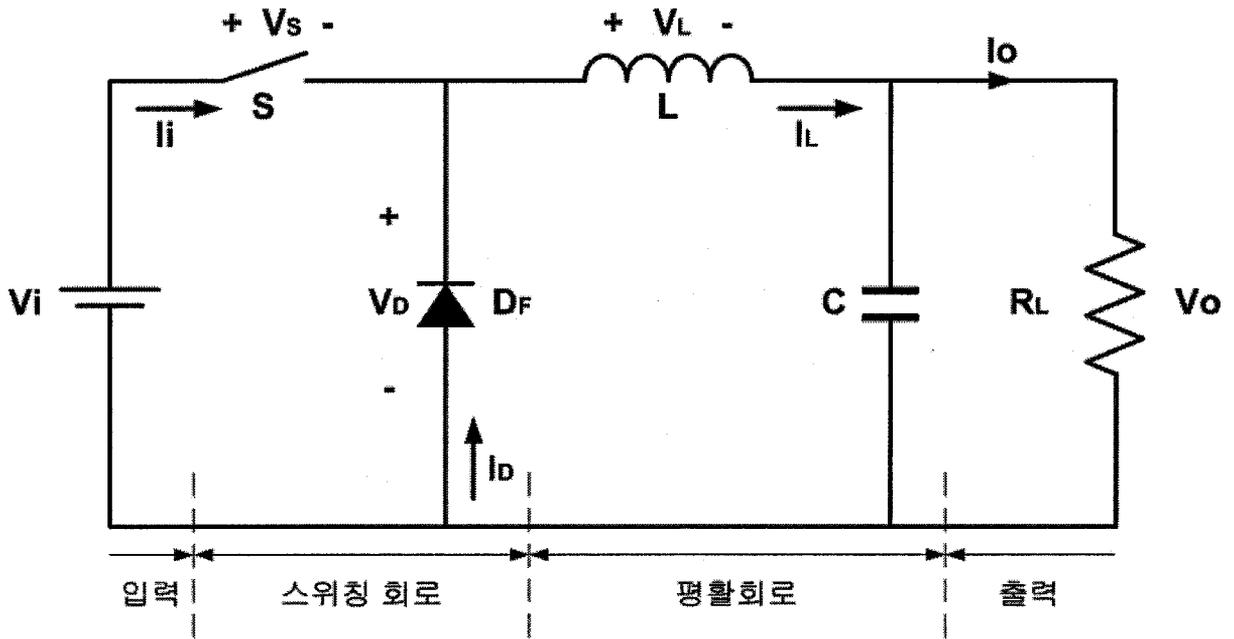


그림 3.7 벡 컨버터 기본 회로

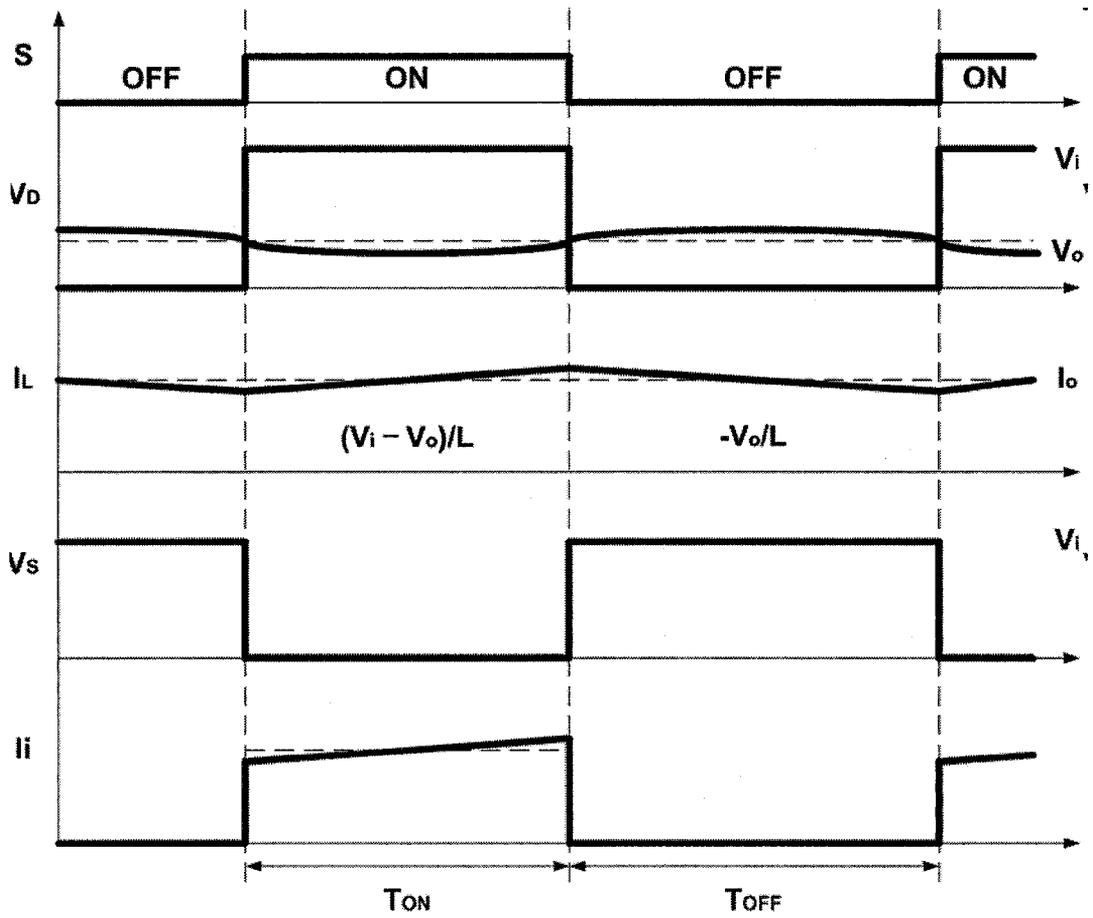


그림 3.8 벡 컨버터 파형

백 컨버터의 동작 원리는 다음과 같다. 스위치 S 가 도통일 때 입력 전압에 의하여 인덕터 L 에 에너지가 축적되면서 입력측으로부터 에너지가 출력측으로 전달되고 이때 환류 다이오드 D_F 는 차단된다. 다음 순간에 S 가 차단되면 도통과정에서 L 에 축적된 에너지가 D_F 를 통하여 출력측으로 전달된다. 이와 같이 S 의 도통과 차단의 시간비율을 조정하여 원하는 직류 출력전압을 얻을 수 있게 된다. 그림 3.8은 백 컨버터의 동작에 따른 파형들을 나타낸 것이다. 스위칭 주기를 T_s 라 하고 스위치의 도통 상태의 주기를 T_{ON} 이라 하면 $T_{ON} = kT_s$ 가 된다. 인덕터에 걸리는 전압은 V_L , 인덕터에 흐르는 전류는 I_L 이므로 스위치를 닫는 순간($t = 0$)에 인덕터에 흐르는 전류를 I_0 라 하면, $t = kT_s$ 인 순간에 I_L 은 다음과 같은 식으로 표현할 수 있다.

$$I_L = \frac{1}{L} \int_0^t (V_i - V_o) dt + I_0 = \frac{V_i - V_o}{L} kT_s + I_0 \quad (\text{식 3.13})$$

스위치가 차단되는 순간($t = kT_s$)일 때에는 인덕터 전류가 최대가 되고, 이때의 전류를 I_1 이라 하면 $t = T_s$ 인 순간의 I_L 은 다음과 같이 표시된다.

$$I_L = \frac{1}{L} \int_{kT_s}^t (-V_o) dt + I_1 = \frac{-V_o}{L} (1 - k)T_s + I_1 \quad (\text{식 3.14})$$

식 3.13에서는 $V_i > V_o$ 이므로 I_L 이 상승하고, 식 3.14에서 k 는 0에서 1사이의 값이므로 이 구간에서 인덕터 전류는 감소함을 알 수 있다.

이러한 백 컨버터의 특성을 이용하여 태양광 MPPT 제어장치를 개발하여 연구개발 시스템의 전력 공급 부분을 구성하였다.

4. 파력

본 연구에서는 해상가두리 양식장 자동감시 및 관리시스템을 개발하는 것을 목표로 하고 있다. 이러한 해양시설물에는 전력공급 측면에서 여러 가지 한계를 가지고 있다. 일반적으로 태양광 기반의 독립형 전력체계를 구축하여 활용하는 메커니즘이 연구되고 있다.

본 연구에서는 자동감시 및 관리시스템을 운용하기 위해 적합한 전력체계가 무엇인지에 대한 기초 연구를 수행하는 것을 목표로 하고 있다. 특히 파력발전을 연계할 수 있는 전력공급 메커니즘에 대한 알고리즘을 검토하고, 해상가두리 양식장에 적용할 수 있는 가능한 파력발전시스템의 형상을 검토하여, 설계에 반영하는 것을 목표로 하고 있다.

가. 파력발전의 개요

파력에너지는 바다에 항상 존재하는 파랑이 가지고 있는 역학적 에너지로 운동에너지와 위치에너지의 합으로 구성되며 파고의 제곱에 비례한다. 실제 해상의 파랑은 불규칙파 형태로 존재하며 파랑의 상태는 통상 유의파고 $H_{1/3}(m)$ 와, 유의주기 $T_{1/3}(sec)$ 를 사용하여 표시하며 이 경우 단위 길이 당 파랑에너지(파랑에너지 밀도)는 식 (3.15)과 같이 근사적으로 표현 할 수 있다.

$$W=0.5H_{1/3}T_{1/3} \quad [kW/m] \quad (\text{식 } 3.15)$$

매우 발달한 파랑의 경우 파주기 $T_{1/3}$ 는 파고의 1/2승에 비례하므로 파랑에너지 밀도는 파고의 2.5승에 비례하는 것으로 볼 수 있다. 그러나 동일한 파고에 대한 파주기의 분포영역이 실제로 넓기 때문에 대상으로 하는 해역에 대한 정확한 파랑자료의 사용이 필요하다.

파랑은 기상변화에 따른 바람에 의해 해상에서 발생하며 한 해역에서 발생한 파랑은 쉽게 소산되지 않고 멀리 전파되는 특성을 가지고 있다. 또한 파랑은 해저면의 굴곡이나 해안선 형태에 따라 회절되기도 하고 집중되기도 하며 해안선 근처에서는 해저면의 영향으로 에너지의 급격한 소멸이 일어나기도 한다.

따라서 파랑에너지의 분포는 해역에 따라 크게 변화하며 기상에 따라서도 크게 변화한다. 즉, 파랑에너지 밀도는 시간적, 공간적 변동성이 매우 큰 특징을 가지고 있다. 대체로

외해로 인한 해역의 파랑에너지 밀도가 크며 지역적으로 파랑이 집중되는 곳이 파랑에너지 밀도가 크다.

파랑집중 현상에 의하여 증폭되는 파고는 통상 3배에 달하며 이 경우 파랑에너지 밀도는 9배 이상 증가하게 된다. 한편 파랑에너지의 취득이 가능한 지역은 대체로 풍력에너지와 같은 다른 재생에너지 자원의 경우와 유사하게 에너지 소비지로부터 멀리 떨어져 있으며 따라서 생산된 에너지를 현장에서 소모하는 방법과 에너지를 저장하는 방법 등에 대한 검토가 필요한 재생 에너지 자원이다.

또한 해역에 따라서 취득 가능한 에너지 규모가 결정되므로 에너지 취득 장치의 규모가 수백 W의 소용량 부터 수 MW의 대용량까지 다양하기 때문에 목적에 적합한 규모의 선정이 필요한 대체에너지 자원이다. 변동성을 고려한 효율적인 이용을 위하여 파랑에너지 취득장치인 파력발전장치는 0.5m 파고의 파랑에서부터 작동이 되어야 하며 동시에 태풍시의 파랑(유의파고 최대 12m)에서도 생존 가능하게 설계되어야 한다.

파력발전은 파랑에너지 자원을 기계적인 에너지와 전기적인 에너지로 흡수하는 에너지 변환장치에 의하여 이루어진다. 파력발전장치는 파도가 가지고 있는 운동에너지를 이용하는 방법에 따라 여러 가지로 분류할 수 있으나 설치위치에 따라서 해안형, 연안형 및 외해용으로 구분하며 에너지 흡수원리에 따라 크게 3가지로 분류한다.

나. 파력발전의 종류

1) 진동수주형

다음의 그림과 같이 파도에 의해 바다에 설치된 공기 챔버 내의 물이 상하로 진동함으로써 터빈이 설치되어있는 덕트 사이로 공기 챔버 내의 공기가 왕복운동을 하는 것을 이용하는 개념으로 파랑에너지를 공기의 유동에너지로 1차 변환하고, 이를 다시 공기 터빈을 사용하여 기계적인 회전 에너지로 2차 변환하는 개념이 사용된다. 이때 공기 챔버는 해저면에 고정될 수도 있으며 또한 계류된 부유체 형태가 될 수도 있다.

2차 변환장치로는 왕복흐름 중에서도 한 방향으로만 회전하는 Wells 터빈이나 Impulse 터빈이 사용된다. 진동수주형은 기계장치가 공기 중에서 작동하기 때문에 보수유지가 유리한 장점으로 현재까지 실용성을 고려하여 개발된 시제품은 대부분 이 개념을 채택하고 있다. 영국의 OSPREY, LIMPET, 일본의 Kaimei, Mighty Whale 등이 여기에 해당한다.

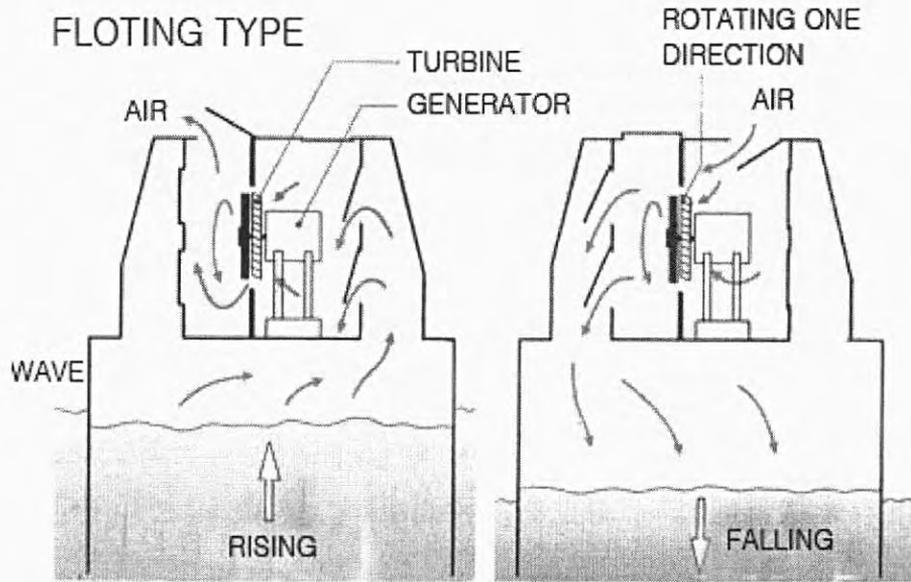


그림 3.9 진동수주형 파력장치

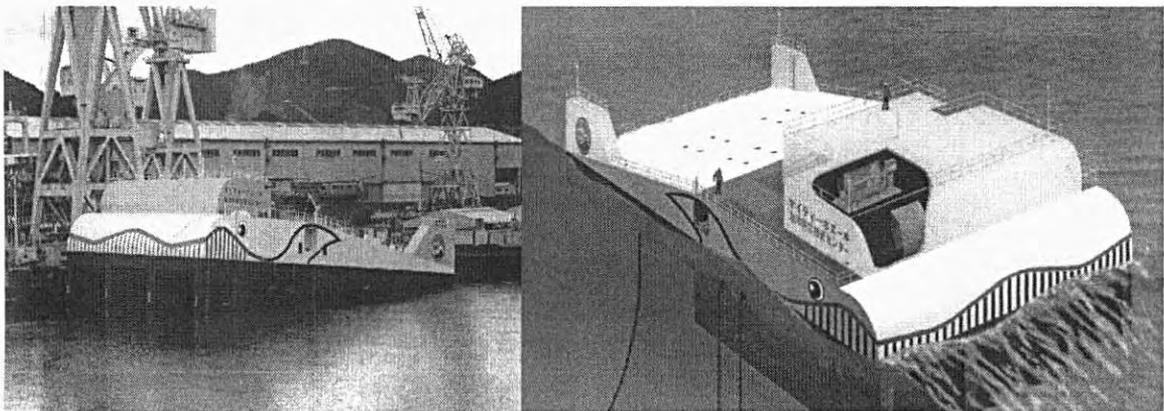


그림 3.10 Mighty Whale의 사진

2) 가동물체형

다음 그림과 같이 파도에 의해 고정된 힌지를 중심으로 상하운동이나 회전운동을 하는 부유구조물을 사용하는 개념으로 파랑에너지를 부유구조물의 운동에너지로 1차 변환하고 이를 다시 non-return 밸브가 설치된 유압피스톤과 연결하여 작동유체의 운동에너지로 2차 변환하고 유압모터를 설치하여 회전에너지로 3차 변환하는 방식이다. 매우 간단한 개념으로 19세기 초에 많은 아이디어가 발명되었으나 피스톤 사용에 의한 작동유체의 오염 문제등과 낮은 효율의 문제점이 있다. 1974년의 Salter Duck도 이 방식에 해당되며 1976년 Cockrell의 Wave Raft도 이 방식에 해당한다.

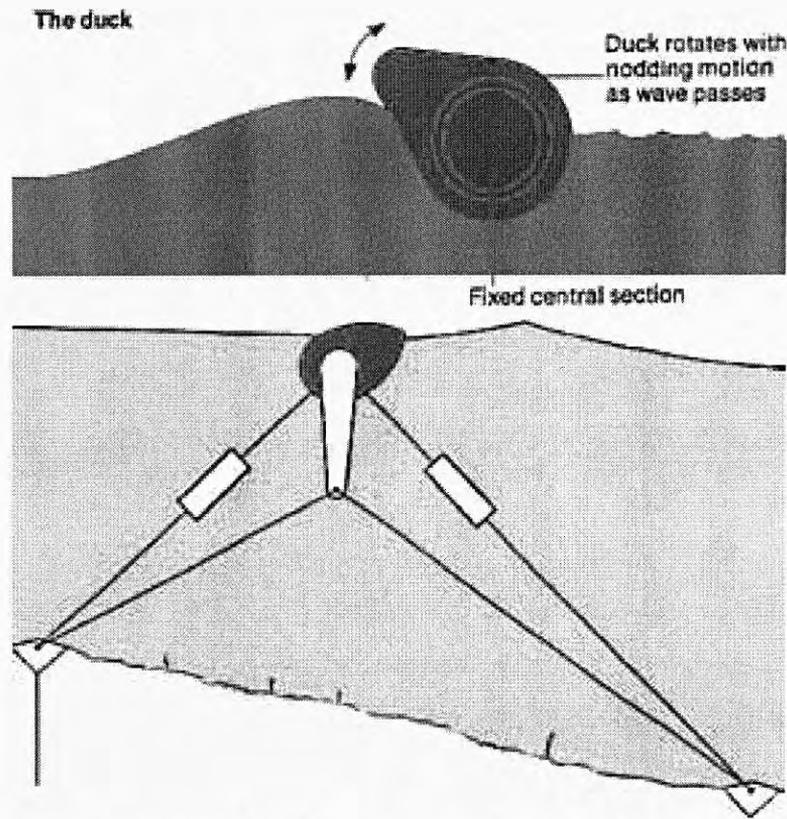


그림 3.11 Salter Duck 형 파력에너지 변환장치

3) 파랑변형 이용형

파랑은 해안근처로 접근하면서 해저면 형상에 따라 집중되기도 하고 회절 되기도 한다. 자연적으로 형성된 파랑 집중지형을 이용하거나 해저면상에 인공구조물을 설치하여 파랑을 집중시켜 한곳으로 모으면 파고는 매우 높아지며 파 입자 운동은 밀물 썰물과 같은 형태가 반복된다. 따라서 그림 3.12과 같이 해안에 설치한 댐 구조물을 설치하면 파도의 운동에 의하여 많은 양의 해수가 넘쳐 들어와 모이게 되고 댐의 수위와 해수면 수위와의 수위차가 발생하며 파랑에너지가 위치에너지로 1차 변환된다. 다음 이를 이용하여 저낙차 수차를 이용한 2차 에너지 변환을 하는 개념이다. 노르웨이의 Bergen 파력발전장치가 이에 해당된다.

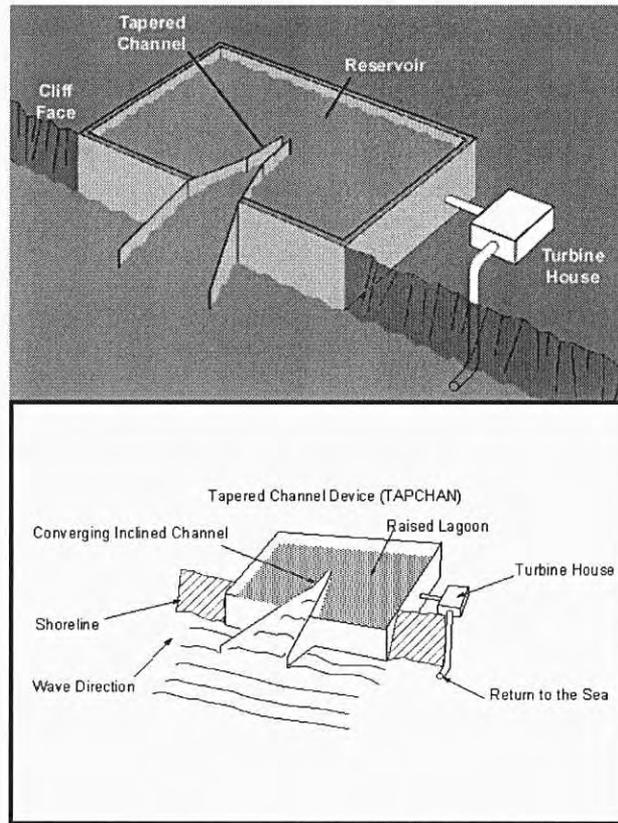


그림 3.12 Tapchan 개념도

다. 해상 가두리 양식장용 파력 발전 시스템

해상 가두리 양식장의 특성에 부합되는 파력발전 시스템은 설계 방법에 따라 다양하게 적용할 수 있지만, 본 연구에서는 Wave Rider형 파력발전 시스템을 해상가두리 양식장용 플로팅 설비에 부착하여 활용하는 것을 제안한다. Wave Rider은 표면파의 운동에너지를 활용하는 파력발전 시스템으로 양식장의 구조와 해상상태에 신뢰성을 갖는 파력설비가 될 것으로 생각한다.

본 연구에서 제안하는 Wave Rider은 해상가두리 양식장의 감시 및 관리를 위한 플로팅 설비가 해수면과의 높이를 가능한 낮추어 운영하는 것이 효과적인 것을 감안할 때 다른 파력 발전시스템에 비하여 설계가 용이한 장점을 가지고 있다. 또한 수밀이 용이한 메커니즘을 가지고 있으므로 양식장에 적용하여 높은 신뢰성을 확보할 수 있다. 다음의 그림은 해상 가두리 양식장에 활용하기 위해 파력발전시스템을 부착한 플로팅 설비 설계 도면을 도시하고 있다.

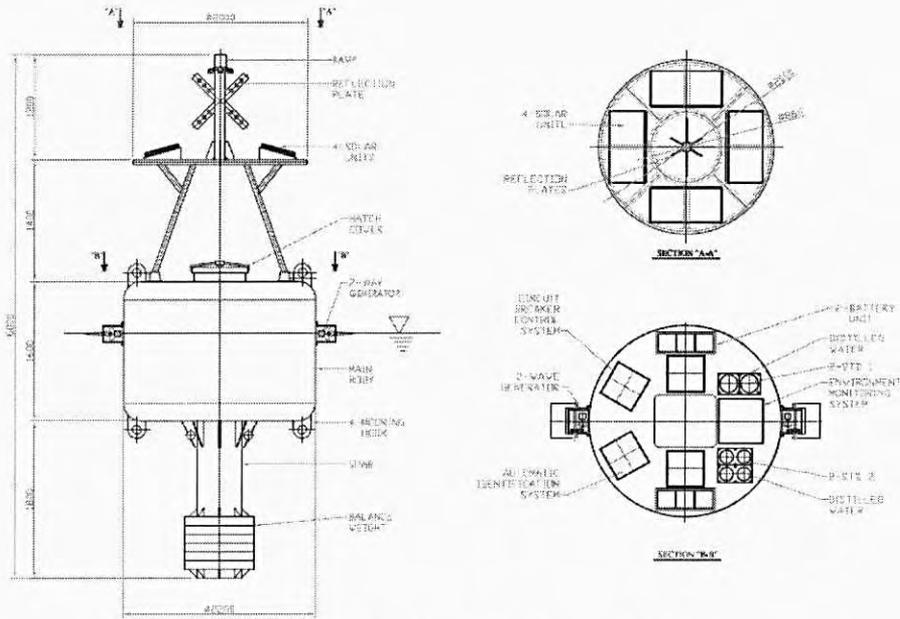


그림 3.13 플로팅 파력 발전 시스템

그림 3.13은 플로팅 파력 발전 시스템을 도시한 것이다. 그림에서 플로팅시스템은 일반적인 부이 형태를 가지고 있지만, 이것은 양식장의 운용특성에 따라 다양한 형태로 제작할 수 있다. 다음의 그림은 플로팅시스템에 부착된 Wave Rider형 파력발전시스템을 설계한 것이다. 본 연구에서는 설계과정만 수행하고, 추후에 추가적인 연구과정을 통하여 해상 가두리 양식장에 적합한 파력발전시스템을 제작하여 실용화 실험을 거쳐서 상용화하기를 제안한다.

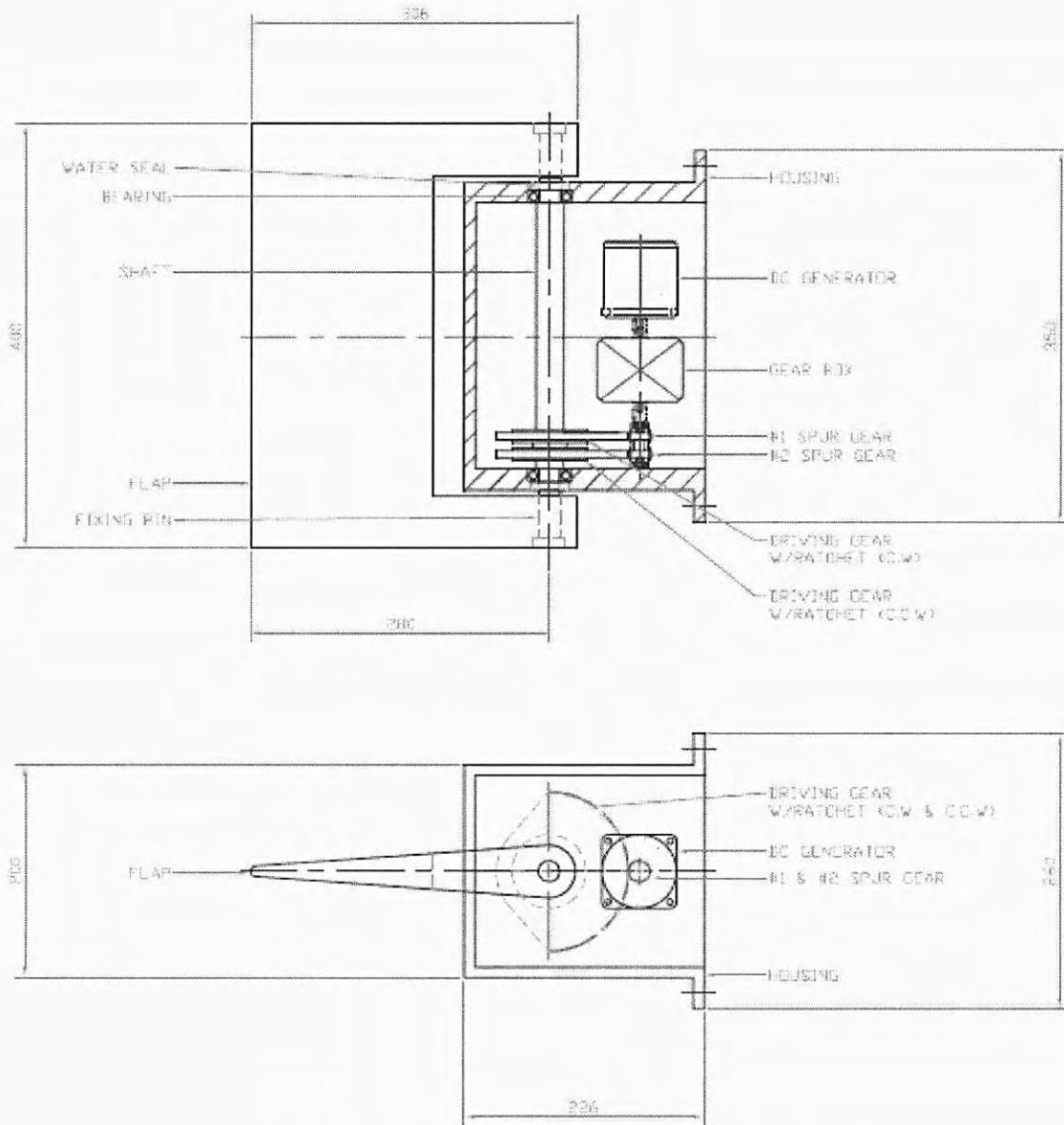


그림 3.14 Wave Rider 형 파력발전 시스템

5. 무선 통신 시스템

해상 가두리 양식장으로부터 측정되는 각종 환경 데이터 및 영상 데이터 등을 빠르고 정확하게 원거리의 모니터링 컴퓨터로 전송하기 위해서는 무선 통신이 필수적이나, 현재 해상 통신에서 주로 사용되고 있는 VHF, UHF 등의 단파 통신이나 CDMA, Inmarsat 와 같은 사용료를 지불하는 통신 방법을 사용하기에는 큰 무리가 따른다. 본 과제의 특성을 고려하여 무선 LAN 통신을 기반으로 하여 보다 안정적이며, 보다 경제적인 데이터 통신이 가능하도록 무선 통신 시스템을 구축하였다.

무선 LAN(Wireless LAN) 이란, 케이블 대신 전파(RF)나, 빛(적외선)등을 이용하는 네트워크 구축방식으로 Hub에서 Client 까지 케이블의 연결 없이 무선으로 LAN 환경을 구현하는 것을 일컫는다. 이러한 무선 LAN은 LAN 설치 및 네트워크 구축이 용이하며, 케이블 배선이 필요 없고, 추가 단말기 설치가 간편하며, 특정 어플리케이션의 요구에 쉽게 부응 할 수 있으며, 유선 네트워크와의 통합성이 우수하며, 장기적으로 유지 보수가 비교적 편한 장점을 가지나, 유선 LAN에 비하여 속도가 느리고 한정된 주파수만을 지원하는 단점을 가지고 있기도 하다. 현재 주로 사용되는 무선 LAN 전송 전파기술은 RF방식으로 크게 확산 대역 방식과 협대역 마이크로웨이브 방식으로 나눌 수 있으나, 도달거리, 성능, 보안성을 고려하여 ISM band를 이용하는 확산 대역 방식의 무선 LAN이 가장 보편화 되어 있다.

최근 차세대 네트워킹을 주도하고 있는 무선 LAN은 사용자들에게 높은 이동성과 편의성, 구축 용이성, 확장성을 제공함으로써 기존 LAN의 보완 및 대체를 통한 효율성 및 생산성 제고 측면에서도 널리 사용되고 있다. 이러한 추세를 반영하고자 최신 기술을 해양 환경에 접목하여 보다 성공적인 연구과제가 수행될 수 있도록 하였다.

가. 무선 LAN 기술

무선 LAN은 협대역(Narrowband) 마이크로웨이브, 적외선(Infrared), 그리고 확산 대역(Spread Spectrum)을 기반으로 한 기술을 사용한다. 확산 대역과 협대역 무선 LAN은 ISM(Industrial, Scientific, Medical) 대역을 사용하며, 적외선 LAN은 가시광선 바로 아래의 주파수 대역을 사용한다. 산업, 과학, 의료계의 용도를 위해 지정된 ISM 대역은 902~928 Mhz, 2.4~ 2.484 GHz, 5.725~5.850 GHz 의 주파수 대역을 포함한다. 신호를 확산하는 확산 대역 방식을 사용할 경우 많은 주파수 대역을 사용하게 되어 그 효율은 떨어지지만

안정성과 신뢰성을 유지할 수 있기 때문에 현재 많은 상용화 제품이 확산 대역 전송 기술을 사용한다.

1) 협대역 마이크로웨이브 방식

마이크로웨이브 주파수 대역은 스펙트럼 상에서 라디오파와 적외선의 중간에 위치하고 있다. 일반적으로 고주파를 사용하면 저주파보다 넓은 대역폭을 쓸 수 있으므로 이더넷(Ethernet)의 데이터 전송율(10Mbps) 정도의 성능을 지니는 LAN을 구현할 수 있다. 18 GHz나 19 GHz 주위의 주파수를 사용하는 마이크로웨이브 LAN은 미국의 FCC(연방 통신 위원회)나 영국의 DTI(영국 통산성)가 요구하는 가장 높은 주파수 대역에서 동작한다. 대부분의 경우 마이크로웨이브는 전자기적 스펙트럼 상에서 높은 주파수를 사용하기 때문에 직진성 기반의 기술이다. 그럼에도 불구하고 이 대역을 사용하는 전자기적 장비가 거의 없어서 간섭이 없다는 장점이 있다. 무선 채널에서 제공되는 물리적 연결성이 간헐적이라는 점이 무선 매체의 가장 두드러진 특징이다. 그 반면에 유선 매체는 연속적인 물리적 연결성을 유지해 준다. 마이크로웨이브 주파수대에서는 사무실 또는 공장에서 움직이는 사람이나 장비에 의한 신호의 블로킹이 간헐성의 주요 원인이다.

무선 통신에서는 반송파를 이용하는 변조 신호를 사용하므로 신호 파형을 벡터와 같이 크기와 위상의 두 개의 양수로 이루어지는 복소수로 나타낸다. 위상 성분 때문에 소거(Cancellation)와 같은 효과가 나타나기도 한다. 즉, 같은 데이터 스트림을 전달하는 두 개의 베이스밴드 신호가 더해지면 신호는 항상 두 배가 된다. 그러나 변조된 두 개의 신호를 더하면 위상차 때문에 결과가 다르게 나타난다. 만약 위상차가 180° 라면 두 신호의 합을 뺀 것과 마찬가지로 두 신호가 없어지게 된다. 이러한 위상차에 의한 소거 효과는 무선통신에서 매우 중요하다. 무선통신 신호는 데이터 통신에 이용되는 RF 반송 주파수의 신호와 데이터 주파수(데이터 비트 속도)에 관련된 신호로 특정 지어진다. 보통 반송파의 파장과 데이터 신호의 파장은 수천 배의 차이가 나는데, 이것은 다중경로(Multi-path)에 의한 간섭에서 매우 중요한 요소이다.

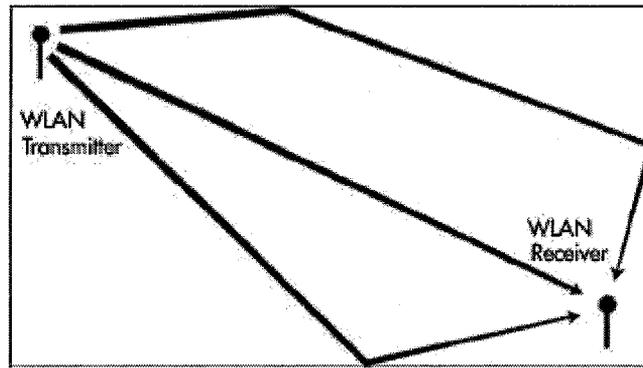


그림 3.15 다중경로(Multi-path) 현상

이 방식을 이용할 경우 가장 문제가 되는 특성은 신호가 송신측에서 수신측까지 여러 경로(Multi-path)를 통하여 전달된다는 점이다. 따라서 수신측에서는 전송 신호의 여러 복사 신호의 합을 수신하게 된다. 이 다중경로에는 두 가지 종류가 있다. 하나는 Local Scattering으로서 수신기 주위의 가구나 칸막이 벽 등에서 산란되는 것인데, 이로 인해 발생하는 것은 신호의 Fading 현상이다. 즉, 수신기에 도달하는 신호들 사이의 위상차이 때문에 Fading이 생기게 되는 것이다. 이것보다 더 파괴적인 다중경로의 형태는 신호가 벽에서 반사되어 오는 경우이다. 이 때 반사벽의 거리가 데이터 신호의 파장과 비슷한 경우가 많으므로 직접 수신되는 신호와 반사파 신호 사이의 도착 시간 차이가 크게 된다. 이렇게 지연 확산된 다중경로에 의해 ISI(Inter Symbol Interference)가 생기게 된다. ISI는 반사파의 비트가 직접 수신되는 신호의 다음 비트와 겹치는 현상이다. 이러한 지연확산 다중경로는 Fading도 야기시키는데 Local Scattering보다 더 복잡한 형태로 나타난다.

2) 적외선 방식

적외선의 파장은 8300 Å(angstrom) 정도로서 가시광선 파장과 비슷하며 특성도 거의 비슷하다. 즉, 적외선은 장애물을 만나면 신호가 완전히 약해져 버리는 직진성을 가지며, 주파수가 낮은 전파보다 더 잘 반사되는 성질을 갖는다. 이러한 특성은 단점이 될 수도 있는 반면에, 전자기적 간섭에 강하며, 반사 특성으로 말미암아 적외선이 딱딱한 표면에 반사될 수 있는 개방된 사무실 환경이나 바다 표면의 반사 특성이 강한 해상에서는 통신망 상의 모든 스테이션에 신호가 쉽게 도달할 수 있으므로 장점이 될 수도 있다.

신호를 적외선으로 전송하는 데는 두 가지 방식이 있는데, 레이저를 사용하는 것과 LED를 사용하는 것이 있다. 레이저를 사용하는 경우는 적외선을 매우 밀집된 빔으로 전

송하며 변조가 용이하다. 레이저 적외선은 10 mile까지 도달할 수 있어서 실외에서의 응용에 적합하다. LED는 레이저보다 강도가 약하지만 시스템을 구현하기가 비교적 쉽고 경제적이다. 비록 도달 범위는 짧지만, 무선 LAN 같은 실내의 응용에는 이상적이다. 적외선을 전송하기 위해서 사용되는 매체는 자유 공간이기 때문에 대기의 환경이 신호에 영향을 준다. 이 문제는 실외의 개방된 대기에서는 예민하지만 LAN과 같이 실내에서는 중요하지 않다. 햇빛에 직접적인 노출은 전송단에 영향을 줄 수 있으므로 전송단이 남쪽의 창문을 향하지 않도록 한다. 레이저 적외선 LAN은 직진성을 요구하기 때문에 개방된 사무실 환경이나 광학적으로 투명한 유리로 구분된 환경에서 효과적일 수 있다. 이제까지 이 방식은 전자기 간섭이 적고, 인가가 필요 없으며, 속도가 빠르다는 장점에도 불구하고 신호가 물체를 통과할 수 없어 제한된 범위에서만 동작된다는 단점으로 말미암아 인기를 별로 끌지 못하였다. 하지만 벽이나 천장을 반사체로 이용하거나 반사장치를 이용하는 제품이 발표되고 고속통신의 요구가 증대되면서 이 방식에 대한 관심이 증대되고 있다.

3) 확산 대역 방식

확산 대역 기술은 1940년대부터 연구가 시작되었으며, 장거리 데이터 통신에 관련된 다중경로 문제를 해결하기 위해 제안된 이래로 강력한 비화성과 간섭, 방해에 강하다는 특징 때문에 군용으로 널리 이용되고 있다. 1960년대 이후에는 비동기로 다중 접속이 가능하다는 점에서 위성간의 통신 방식에도 이용되고 있으며, 무선 LAN 및 이동통신 등에서도 사용되고 있다.

확산 대역 방식은 자연적으로 생기는 잡음이나 고의적인 전파 방해 같은 간섭에 강하다. 하지만 이 의미는 단지 탐지당할 확률이 적다는 것이며, 안전한 데이터 전송 환경을 완벽히 보장하지는 못한다. 만일 확산 대역을 사용해도 신호가 탐지된다면, 암호화 기법을 사용하여 데이터를 안전하게 전송할 수 있다.

이와 같은 장점으로 인하여 1985년 FCC에서 ISM 대역으로 허가 받지 않고 사용할 수 있는 확산 대역 방식을 인가함으로써 무선 LAN 시스템에 본격적으로 적용되게 되었다. 인가가 필요 없는 ISM 밴드 대역 내에서 2.4 GHz 주파수대는 여러 제조업체들에게 유용하게 사용되고 있다. 이 주파수대는 무선 LAN에 있어서 편리하고 빠른 속도를 보장할 수 있는 가치 혁신적인 기회를 제공하고 있다. 특히 우리나라에서는 902 MHz대가 이동통신 영역으로 사용되고 있기 때문에 2.4 GHz대의 사용은 필연적이다.

확산 대역 방식은 전송하고자 하는 정보를 필요한 대역폭에 비해 훨씬 넓은 대역폭으

로 신호를 송신하고, 수신측에서는 원래의 정보 대역폭으로 수신된 신호를 복원하는 방식으로, 이 협대역 신호와 광대역 신호간의 변/복조가 이 방식의 핵심 기술이다. 확산 대역 방식의 특징은 다음과 같다.

- 사용자를 적절히 할당하여 스펙트럼을 공유함으로써 다중 접속이 가능하다.
- 원래의 정보 대역폭에 비해 넓은 대역폭 사용한다.
- 전력 스펙트럼 밀도가 낮기 때문에 신호 은닉이 가능하여 보안성을 높여준다.
- 다른 사용자의 고의적인 전파 간섭에 대해 강하다.
- 다중 경로 효과로 인하여 지연된 신호에 대한 자체 방어가 가능하다.

확산 대역 기술은 직접 시퀀스 확산 대역(Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS) 방식과 주파수 도약 확산 대역(Frequency Hopping Spread Spectrum, FHSS) 방식으로 분류할 수 있다. DSSS 방식은 데이터 대역폭보다 훨씬 넓은 대역폭으로 원래의 신호를 변조하여 확산시킨다. FHSS 방식에서 데이터는 프로그램된 순서나 랜덤한 시퀀스에 의해서 한 주파수에서 다른 주파수로 이동하며, 수신단에서는 주파수가 이동하는 상황을 파악하고 있어야 한다. 이 기술은 상당히 안전하지만 수신단과 송신단이 정확히 동기가 맞아야 하므로 구성하기가 복잡하여 가격이 좀 더 비싸진다. 하지만 이 방식은 DSSS 방식보다 간섭 현상에 대해 강하다는 장점을 지니고 있다.

표 3.5 무선 LAN 기술의 비교

기술	확산 대역	협대역 마이크로웨이브	적외선
방법	스테이션들은 데이터 신호를 확산 대역변조를 하여 넓은 주파수 대역을 전송한다.	스테이션들은 데이터 신호를 여러 특정 주파수 중 하나의 좁은 주파수 대역으로 전송한다.	스테이션들은 데이터 신호를 적외선 빔으로 전송한다.
장점	보안성이 강함. 사물투과 가능.	사물 투과 가능. 동일지역서 복수 LAN 공존 가능.	속도가 가장 빠름. 신호간섭 문제없음. 복수 LAN 동일 지역서 공존 가능.
단점	속도가 다소 느림.	잡음과 간섭에 의해 주파수 이용 효율이 낮다.	전달 범위가 작다. 사물 투과성이 없음.

가) 확산 대역 기술

통신 시스템 설계자들은 시스템의 효율성을 논할 때, 주로 시스템이 신호의 에너지와 대역폭을 이용하는 것에 대해 고려한다. 물론 대부분의 통신 시스템에 있어서 그것은 중요한 이슈이다. 하지만 그 외에도 시스템이 외부적인 간섭 현상에 대항하고, 낮은 스펙트럼 에너지를 취급하며, 외부 제어 없이도 다중 접속 능력을 제공하고, 외부에서 접근할 수 없는 비밀 채널도 제공해야 하는 상황이 있을 수가 있다. 여러 가지 무선 통신 기술 중에서 확산 대역 기술은 이러한 목적을 가장 잘 만족시키는 기술이다.

확산 대역 기술은 안정되고 보안성이 뛰어난 무선 통신 환경을 제공하는 통신용 제품들에 주로 적용되고 있다. 확산 대역은 과거에 군사용 디지털 통신용으로 사용되던 기술이었다. 현재는 확산 대역을 무선 LAN에 적용한 상업적 응용들도 다수 존재한다. 웨어하우징을 위한 통합 바코드 스캐너, 라디오 모뎀 장치와 디지털 셀룰러 전화 통신, 그리고 팩스 교환, 컴퓨터 데이터, 전자우편, 멀티미디어 데이터 등을 위한 광대역 네트워크를 구축한 소위 "정보화 사회"를 위한 핵심 기술이 바로 확산 대역 기술인 것이다.

확산 대역 기술은 협대역 방식과는 정반대로 전송하고 싶은 정보를 필요한 최저 한도의 대역폭으로 전송하는 것이 아니라 의도적으로 그것보다 더 확실하게 넓은 주파수 대역폭을 사용하여 정보를 전송한다. 송신측에서는 PSK(Phase Shift Keying: 위상 변조)와 FSK(Frequency Shift Keying: 주파수 변조)라고 하는 일반적인 변조 방식을 사용하여 일차 변조를 행한다. 또한 이 일차 변조파의 대역폭을 넓히기 위해서 이차 변조를 행한다. 이 과정을 확산 변조라고 한다. 수신측에서는 확산 변조된 신호를 원래대로 받기 위해서 이차 복조 혹은 역 확산시킨다. 역 확산된 신호는 송신측에서의 일차 확산된 신호와 거의 동등하기 때문에 마지막으로 일차 복조(통상적인 복조)를 행한다.

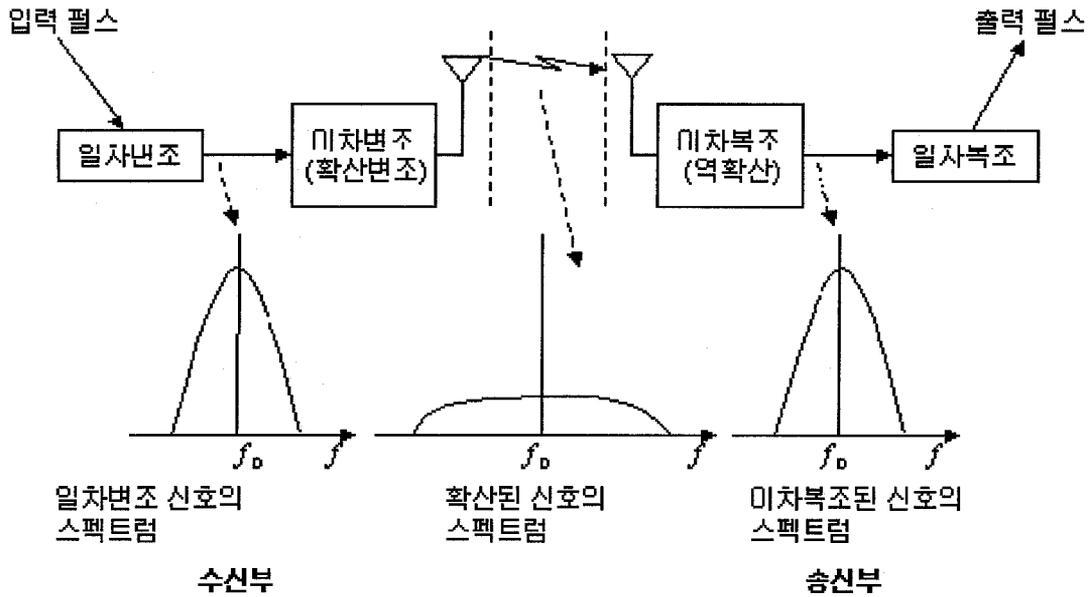


그림 3.16 확산 대역의 기본 구조

확산 대역은 광대역이며 잡음과 유사한 신호를 사용한다. 이러한 특성 때문에 신호를 다른 사람이 감지하기가 상당히 어렵다. 또한 확산 대역 신호는 가로채거나 복조하기도 비교적 어렵다. 나아가서 협대역 신호에 비해 좀처럼 방해 받지 않는다. 이러한 낮은 차단 가능성(LPI: Low Probability of Intercept)과 잼(Jam) 방지 특성은 과거 오랫동안 군사 용 목적으로 사용된 확산 대역 방식의 유용성을 말해주는 것이다. 확산 대역의 통신 방식에는 DSSS 방식과 FHSS 방식 두 가지가 주로 사용되고 있다.

나) 직접 시퀀스 확산 대역(DSSS)

DSSS 방식은 전달될 각 비트에 대해 여분의 비트 패턴을 발생시킨다. 이 비트 패턴은 칩(chip)이나 chipping code라고 불린다. 칩이 크면 클수록, 원래의 데이터가 복원될 가능성이 커진다(물론, 더 넓은 대역폭이 요구된다). 칩 안에 있는 하나 혹은 그 이상의 비트가 전송될 동안 손상을 입을 수 있지만, 무선 장치에 적용된 통계적인 기술로 신호를 재 전송할 필요 없이 복원이 가능하다. 관계없는 수신기에 대해서는 DSSS는 저 에너지의 광대역 노이즈로 인식되며, 대부분의 협대역 수신기들은 DSSS 신호를 무시한다. 다시 말해, DSSS 방식은 스펙트럼을 확산시켜야 할 신호에 이 신호가 갖는 대역폭에 비해 충분히 넓은 스펙트럼을 가진 확산 부호를 이용하여 협대역 신호에서 광대역 신호로 변환하는 방식이다. DSSS 방식은 신호를 확산함으로써 그 에너지를 분산시킨다.

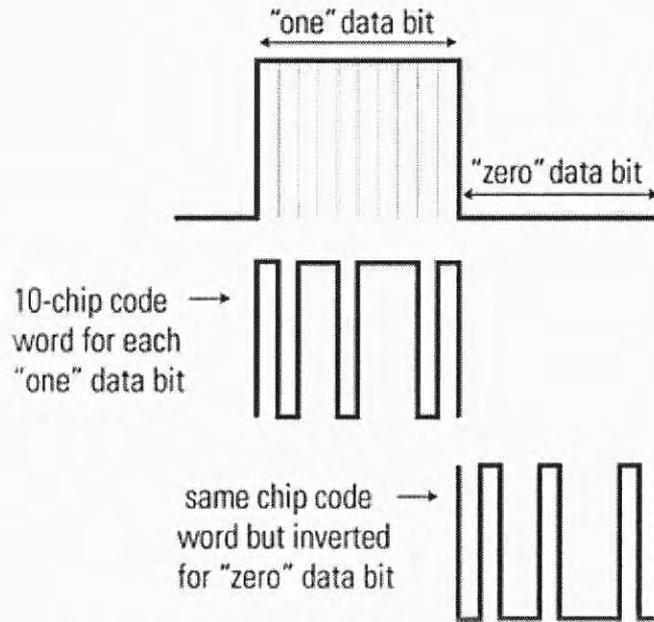


그림 3.17 DSSS 방식의 비트 패턴(chip)

데이터 시퀀스로 변조된 반송파를 광대역 확산 신호(spreading signal)로 직접 변조하여 주파수 대역을 확산시키는 것을 DSSS 방식이라 한다. 이 +1과 -1로 구성된 확산 신호는 확산 시퀀스, 확산 코드, 또는 코드 시퀀스라고 부른다. 주파수 대역에 확산된 신호를 전송하면 전송 신호는 잡음, 간섭, 신호 방해 등에 의해 변형되어 수신기에 도달한다. 수신기에서는 송신기에서 사용한 것과 동일한 확산 신호를 이용하여 수신 신호의 확산된 대역을 대역환원(despread)한다. 이 대역 환원된 신호를 복조하면 원하는 데이터 시퀀스가 얻어진다. +1, 또는 -1을 곱하는 것은 위상을 반전시키는 것과 같으므로, 변조에 위상 변조 방식인 BPSK(Binary Phase Shift Keying), QPSK(Quadrature Phase Shift Keying), 또는 MSK(Minimum Shift Keying) 등이 주로 사용된다.

다) 주파수 도약 확산 대역(FHSS)

FHSS 방식은 발신기와 수신기 모두가 알고 있는 패턴의 범위 내에서 주파수를 변화시키는 협대역의 반송파를 사용한다. 수신기와 발신기 양측이 적절하게 동기화되면, 하나의 논리적인 채널로 유지되는 효과를 얻을 수 있다. 관계없는 수신기에 대해서는 FHSS는 지속성이 짧은 임펄스 노이즈로 인식된다. 다시 말해, FHSS 방식은 스펙트럼을 확산시켜야 할 신호의 반송파 주파수를 어떤 특정한 패턴에 따라 시간적으로 전환해 감으로서 시간 평균으로 협대역 신호를 광대역 신호로 변환하는 방식이다.

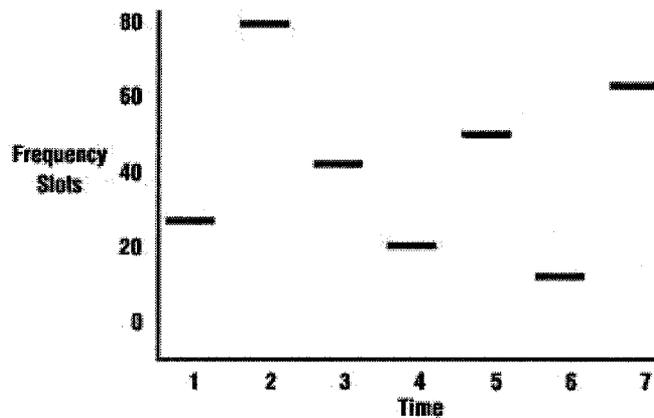


그림 3.18 FHSS 방식의 주파수 호핑 패턴

데이터 시퀀스로 변조된 반송파의 주파수를 주파수 합성기에 의하여 불규칙적으로 바꿈으로서 주파수 대역을 확산시킨다. 송신기에서 하는 변조 작업을 주파수 도약이라 하고 이 장치를 주파수 도약기라고 한다. 수신기에서는 주파수 환원기(dehopper)가 송신기와 정반대의 방법으로 반송파 주파수를 도약환원(Dehopping) 함으로써 주파수 대역을 환원시킨다. 변조에는 주파수 변조 방식인 BFSK(Binary Frequency Shift Keying) 또는 MFSK(M-ary FSK) 등이 주로 사용된다.

라) DSSS와 FHSS 방식의 비교

DSSS와 FHSS 방식은 기술적으로 상호 보완적인 장단점을 가지고 있다. 그러므로 두 방식의 장단점을 열거해 보는 것이 DSSS 방식과 FHSS 방식을 비교하는 가장 좋은 잣대가 될 것이다. FHSS 방식은 무선 LAN 구현에 핵심적인 기능 및 속성의 측면에서 DSSS 방식에 비하여 다음의 여러 가지 우수한 성능을 보이고 있다.

- 외부로부터의 방해에 대한 저항력
- 다중경로(multipath) 간섭현상에 대한 저항력
- 전체적인 망 성능
 - 이론적으로는 DSSS 방식보다 3배 이상 뛰어나다.
- 통신망 확장성(Scalability) 및 이동성(Mobility)
 - 여러 개의 AP(Access Point)를 설치하여도 로밍(Roaming) 능력과 동기화 능력이 뛰어나서 망구조를 쉽고 간편하게 변경시킬 수 있다.

- 성능의 지속성
 - 대규모 통신망 상이라도 성능의 저하와 간섭 현상이 발생하지 않는다.
- 보안 - DSSS에 비해 상대적으로 보안성이 뛰어나다.

표 3.6 DSSS와 FHSS 방식의 비교

방식	장점	단점
DSSS	<ul style="list-style-type: none"> ● 우수한 잡음과 잼 방지 성능을 가지고 있다. ● 가로채기가 어렵다. ● 다중경로(Multipath: 신호가 여러 경로로 분산되어 도달하는 효과) 효과에 강력하다 	<ul style="list-style-type: none"> ● 상대적으로 작은 위상 왜곡과 함께 큰 대역폭 채널을 필요로 한다. ● 긴 PN(Pseudo Noise) 코드 때문에 오랜 포착시간(Acquisition Time)을 필요로 한다. ● Near-to-far problem이 상존한다. Near-to-far problem이란 여러 송신기 중에서 수신기에 보다 가까운 송신기의 과도한 전력이 신호를 파괴하는 효과를 일컫는다.
FHSS	<ul style="list-style-type: none"> ● 방대한 양의 확산을 제공한다. ● 스펙트럼의 분할을 피하기 위한 조정이 가능하다. (예를 들어, 다른 시스템에 넘기거나, 주파수 선택성 페이딩의 적용을 받을 수 있다) ● Chip rate가 현저하게 적기 때문에 상대적으로 짧은 포착 시간을 요구한다. ● DSSS가 가지고 있는 Near-to-far problem에 영향을 받지 않는다. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Hop을 생성하기 위한 복잡한 주파수 합성기가 필요하다. ● 에러 보정이 필요하다.

그러나 여러 기술적인 방면의 우수성을 떠나서 2.4GHz대의 802.11b 무선랜에서는 쉽게 통신거리를 연장할 수 있는 DSSS가 주로 사용되었다. IEEE에서 802.11이 처음 발표되고 출시한 제품들은 2Mbps의 전송속도를 가지고 있었으며 모듈레이션의 방식은 DSSS와 FHSS로 두 가지의 시그널 방식이 있었으나 현재 11Mbps의 802.11b는 모든 제조업체에서 DSSS방식을 지원한다. FHSS는 DSSS와 같은 전송속도일 때 전송거리가 짧아 경쟁력이 떨어지기 때문이다. 사용자들은 기술의 우수성을 가리기보다 사용자 입장에서 사용거리와 속도에 민감했기 때문이다. 그러나 블루투스에서는 FHSS를 채택하고 있어 나름대로 신호의 장점을 살리고 있다.

마) 직교주파수분할(OFDM)

OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 방식은 유·무선채널에서 고속 데이터 전송에 적합한 방식으로, 상호 직교성을 갖는 복수의 반송파를 사용하므로 주파수 이용효율이 높아지고, 송·수신단에서 이러한 복수의 반송파를 변·복조하는 과정은 각각 IDFT와 DFT를 수행한 것과 같은 결과가 되어 IFFT와 FFT를 사용하여 고속으로 구현할 수 있다. 이러한 OFDM 방식의 고속의 데이터 전송에 적합하기 때문에 IEEE 802.11a와 HIPERLAN/2의 고속 무선 LAN, IEEE 802.16의 광대역 무선 액세스(BWA: Broadband Wireless Access), 디지털 오디오 방송(DAB: Digital Audio Broadcasting)과 디지털 지상 텔레비전 방송(DTTB: Digital Terrestrial Television Broadcasting), ADSL과 VDSL의 표준 방식으로 채택되었다.

기존의 IEEE 802.11 무선 LAN은 DSSS, FHSS, IR (Infrared) 방식을 사용하여 2.4 GHz ISM (Industrial, Scientific, and Medical)대역에서 2 Mbps의 전송률을 지원하였다. 그러나 이러한 규격으로는 증가해 가는 높은 전송속도에 대한 요구를 만족시킬 수 없어, 1999년 IEEE 802.11a와 IEEE 802.11b의 새로운 물리계층 표준안이 확정되었다. IEEE 802.11b는 2.4 GHz 대역에서 기존의 DSSS 방식을 확장한 CCK (Complementary Code Keying) 방식을 사용하여 11 Mbps의 전송률을 지원하며 현재 상품화가 되어 널리 보급이 이루어지고 있다. 한편 IEEE 802.11a는 5 GHz 대의 U-NII (Unlicensed National Information Infrastructure) 비면허 대역에서 DSSS 방식의 한계를 극복하고 더 높은 전송속도를 얻기 위하여 OFDM 변조방식을 채택하였다. 에러정정을 위하여 부호율 1/2, 2/3, 3/4의 컨볼루션 부호기와 1/2 비터비 복호기를 사용하며, 반송파 변조에는 BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM을 사용한다. 다음의 그림에 나타난 바와 같이 채널의 상황에 따라 위

의 부호기와 변조기를 조합하여 6~54 Mbps의 고속 가변 전송률을 지원한다. 실내환경에서의 이더넷 기반 서비스를 목표로 하기 때문에 52개 부반송파의 간단한 구조를 가지며, OFDM 방식을 사용함으로써 짧은 훈련시간 및 간단한 등화가 가능하고, 다중경로 간섭에 강건한 장점을 가진다.

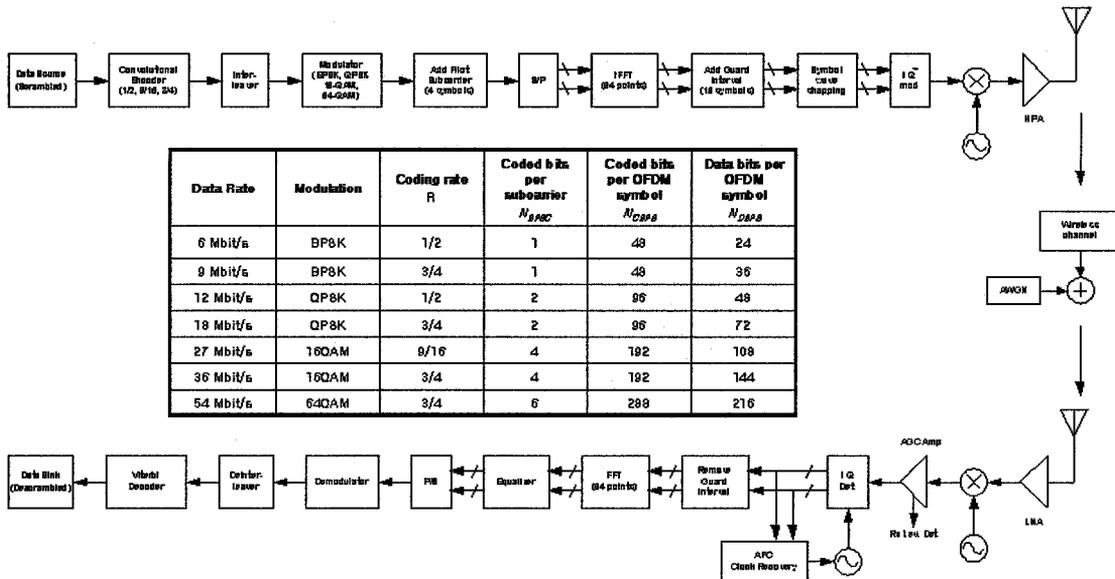


그림 3.19 IEEE 802.11a 무선 모뎀 블록과 전송률에 따른 파라미터

또한, 2001년 11월 IEEE 802 회의에서 기존의 2.4 GHz 대에서 고속의 데이터 전송을 위한 IEEE 802.11g의 표준안으로서 Intersil과 Texas Instrument 가 공동으로 11b + 11a (Extended Rate OFDM) 방식을 mandatory mode로, CCK-OFDM, PBCC 방식을 optional mode로 제안하여 76.3%의 찬성으로 통과되었다. 한편, 유럽의 ETSI BRAN에서 제안한 HIPERLAN/2 규격은 IEEE 802.11a와 유사한 OFDM방식의 물리계층을 갖고 있으며, MAC 계층으로는 IEEE 802.11에서 사용하는 CSMA/CA와는 달리 TDMA방식을 사용하여 QoS를 쉽게 제공할 수 있다. 즉, 이더넷 기반에서만 사용되는 IEEE 802.11과는 달리 HIPERLAN/2는 이더넷, IP, UMTS, ATM, IEEE 1394 등의 여러 형태의 core network에 연결하기 위한 convergence layer를 갖는 것이 특징이다.

나. 해상 환경에서의 무선 LAN 구축

본 과제에서는 해상에 설치된 외해 수중 가두리 양식장의 원격 제어 감시를 포함하고 있으므로 해상환경에서의 무선 LAN 구축 방안에 대한 이론적 접근이 필요하다. 일반적으로 무선 통신에서는 시스템 설계 시 전파 손실 예측에 대한 부분을 가장 먼저 수행하므로 본 과제에서도 무선 LAN 시스템 구축 시 어느 정도의 전파 손실이 예상되는지 분석 하였다.

1) Friis의 자유공간에서의 전파손실 모델

송신기와 수신기 사이에 장애물이 존재하지 않고 가시선(LOS : Line Of Sight)을 따라서 전파가 전파될 때 자유공간 전파라 하며, 다음과 같이 나타낸다.

$$P_r = \left(\frac{K}{4 \times \pi R} \right)^2 \times G_t \times G_r \times P_t \quad (\text{식 3.29})$$

P_r : 수신전력[W]

K : 이용 파장[m]

R : 송수신점간의 거리[m]

G_t : 송신안테나의 전력이득[dB]

G_r : 수신안테나의 전력이득[dB]

P_t : 송신전력[W]

Friis의 자유공간 손실 공식은 무선 통신시스템의 설계와 해석에 일반적으로 적용되며, 자유공간에서 전파가 전송될 때 전파의 전력을 기준으로 모델링되는데, 송수신 전력과 안테나 사이의 거리, 사용파장, 송수신안테나 이득과의 관계를 알 수 있으므로 단말기 선정에 좋은 자료가 될 수 있다. 본 연구개발과제에 적용한 무선 LAN 모델의 사양을 다음의 표에 나타내었으며, 이를 바탕으로 한 Friis 자유공간의 전파 손실 예측 값을 다음의 그림에 나타내었다.

표 3.7 무선 LAN 모뎀 제원표 I

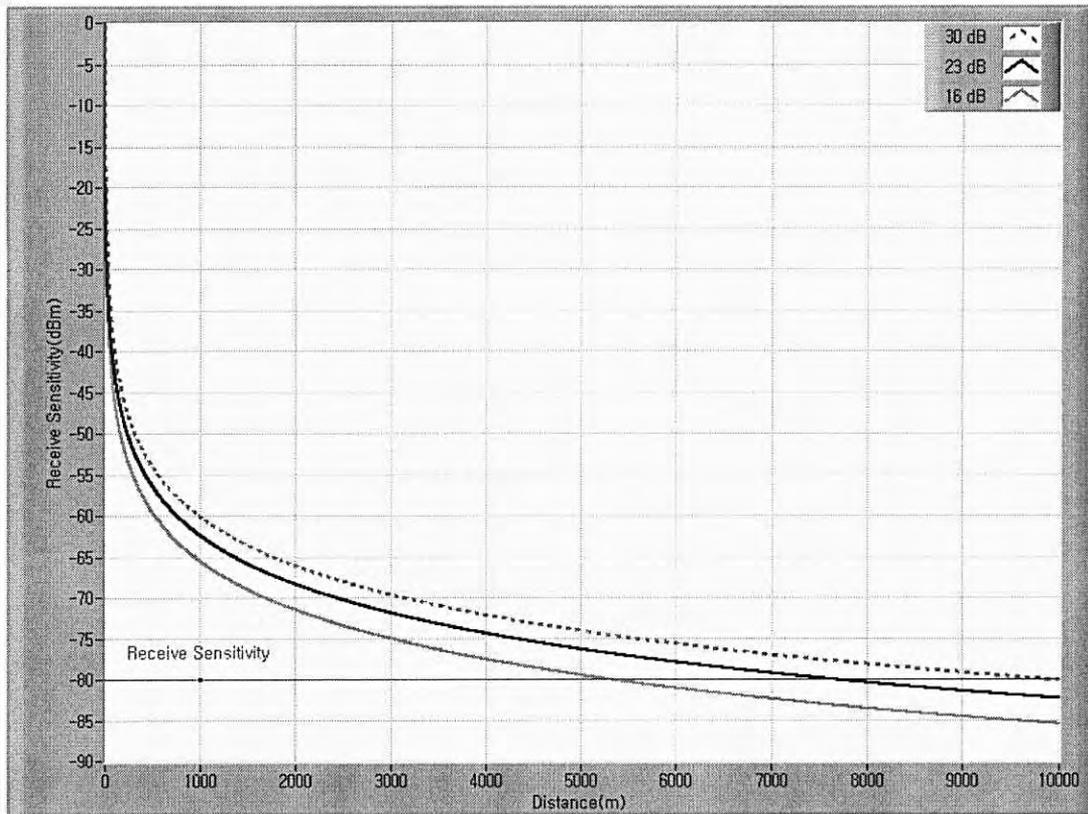
Parameters / IEEE No.	802.11a
Frequency	5.725 ~ 5.825 GHz
Modulation	OFDM (64QAM, 16QAM, QPSK, BPSK)
Output Power	18dBm @ 36Mbps
Receive Sensitivity	-80dBm @ 36Mbps

표 3.8 무선 LAN 모뎀 제원표 II

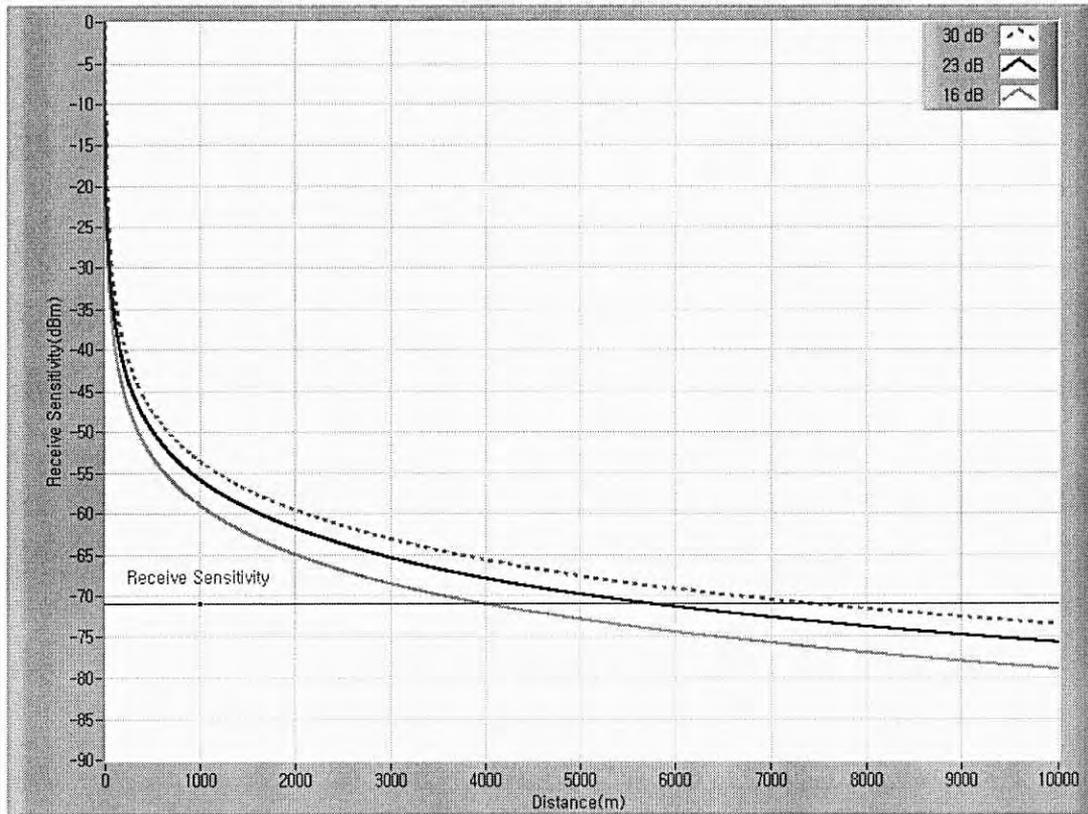
Parameters / IEEE No.	802.11g
Frequency	2.412 ~ 2.483 GHz
Modulation	OFDM (64QAM, 16QAM, QPSK, BPSK)
Output Power	17dBm @ 54Mbps
Receive Sensitivity	-71dBm @ 54Mbps

표 3.9 무선 LAN 모뎀 제원표 III

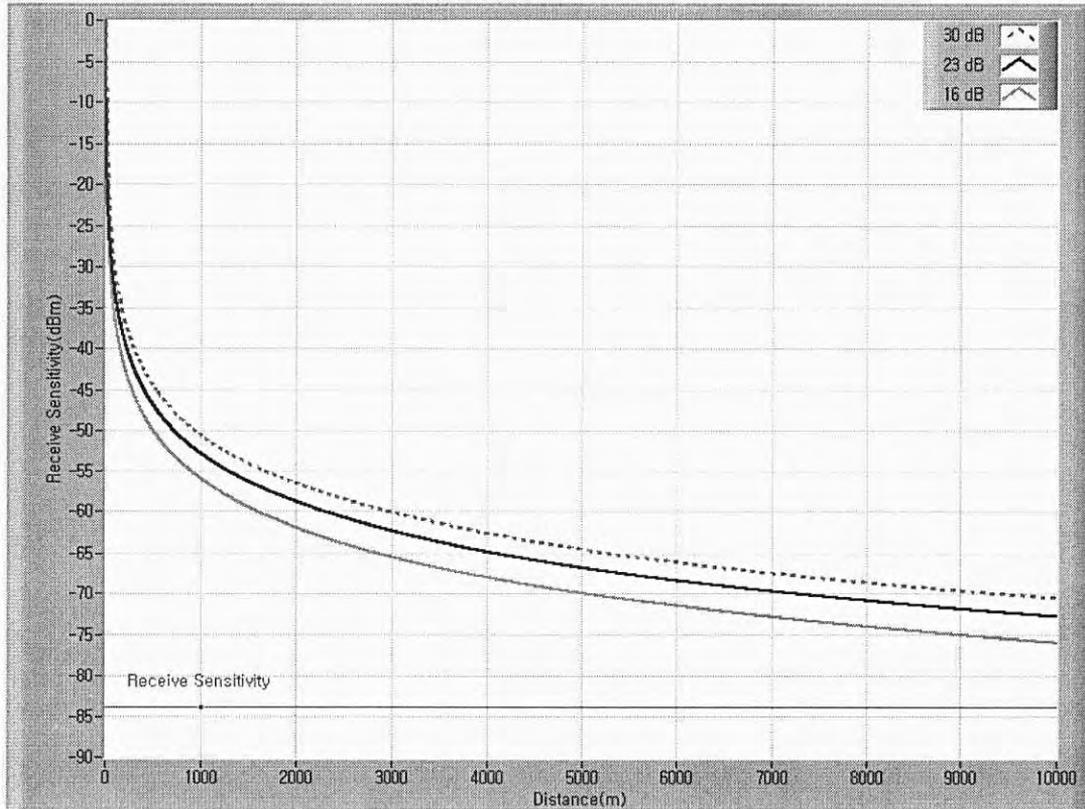
Parameters / IEEE No.	802.11b
Frequency	2.412 ~ 2.462 GHz
Modulation	DSSS (CCK, DQPSK, DBPSK)
Output Power	20dBm @ 11Mbps(min.)
Receive Sensitivity	-84dBm @ 11Mbps



(a) 무선 LAN 모델 I의 거리에 따른 수신전력



(b) 무선 LAN 모델 II의 거리에 따른 수신전력



(c) 무선 LAN 모뎀 III의 거리에 따른 수신전력
 그림 3.20 무선 LAN 모뎀에 따른 수신전력(Friss)

상기의 그림들은 세 가지 종류의 모뎀에 세 가지 종류의 안테나를 각각 설치하여 실험하기 전에 이론적인 수신 거리를 알아보기 위하여 계산한 것이다. 그림에 나타나듯이 15dB Omni Antenna를 사용하는 경우를 제외하고는 모두 이론적으로 최소 5km 까지의 거리에서 데이터 송수신이 가능한 것을 알 수 있다.

2) 평면 대지 반사 전파 손실 모델

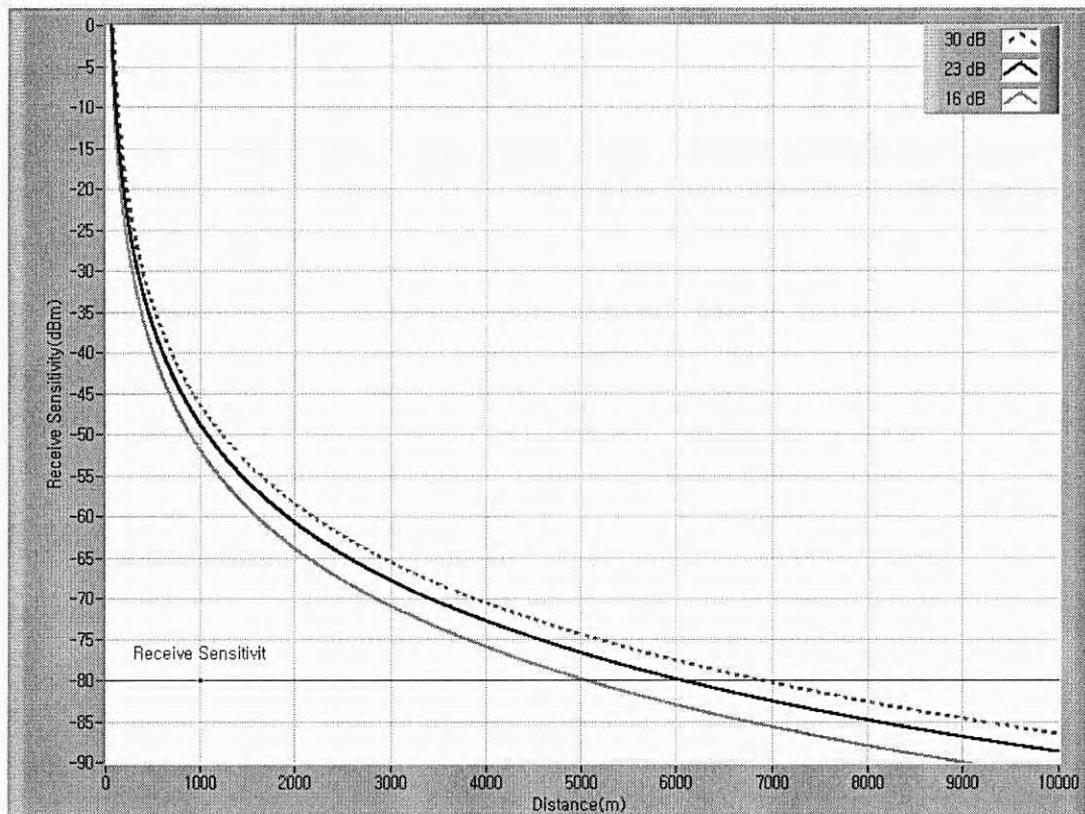
자유 공간에서의 전파 모델을 통하여 기본적인 모뎀의 사양을 선정할 수 있었으나 실제 해상 환경에서 통신이 이루어지는 경우에는 해면 반사로 인한 경로가 수신 신호의 세기에 상대적으로 가장 큰 영향을 미치게 되므로, 송수신기간의 직접 경로를 통한 직접파와 해면 반사파만을 고려하여 무선 통신 환경을 모델링 할 수 있다. 해상 가두리 양식장에서 육상의 모니터링 위치까지의 거리는 지구의 반지름과 비교하여 볼 때 매우 짧은 값이므로 지구의 곡률을 무시하고 평면으로 가정할 수 있다. 그러므로 다음의 식과 같은 평면대지 전파 모델을 사용하였다.

$$P_r = G_t \times G_r \times \left(\frac{h_t - h_r}{d}\right)^2 \times P_t \quad (\text{식 3.30})$$

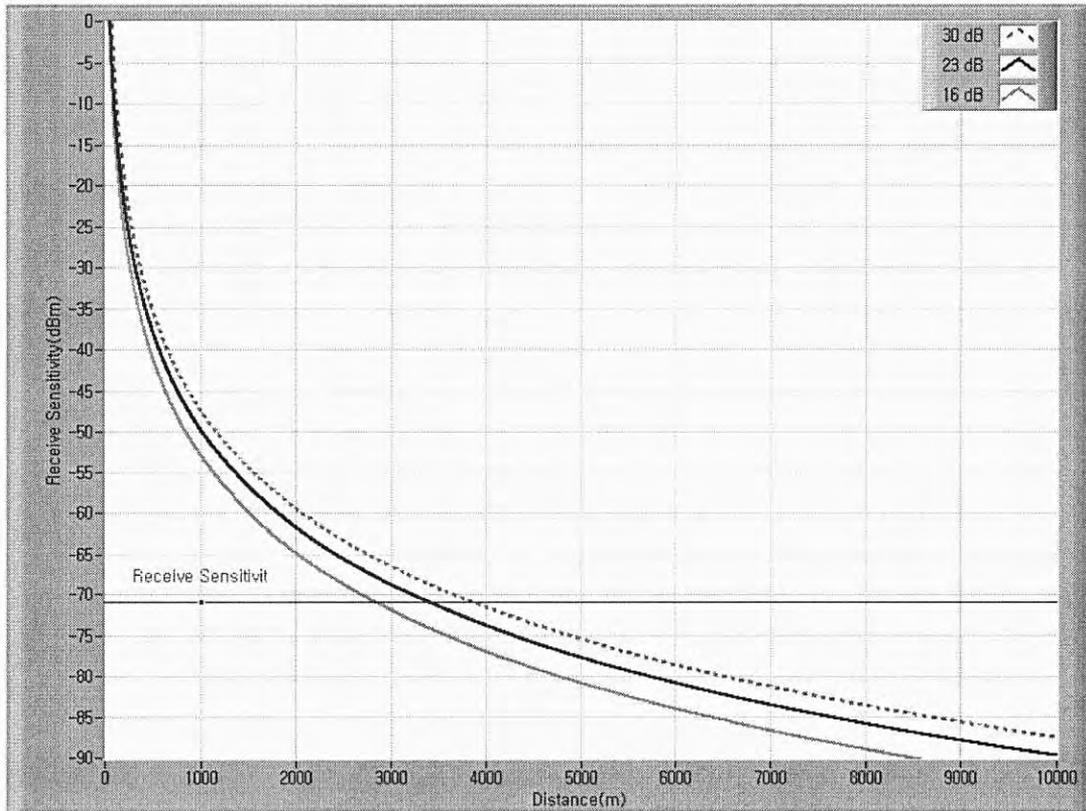
h_t : 기지국 높이(m)

h_r : 이동국 높이(m)

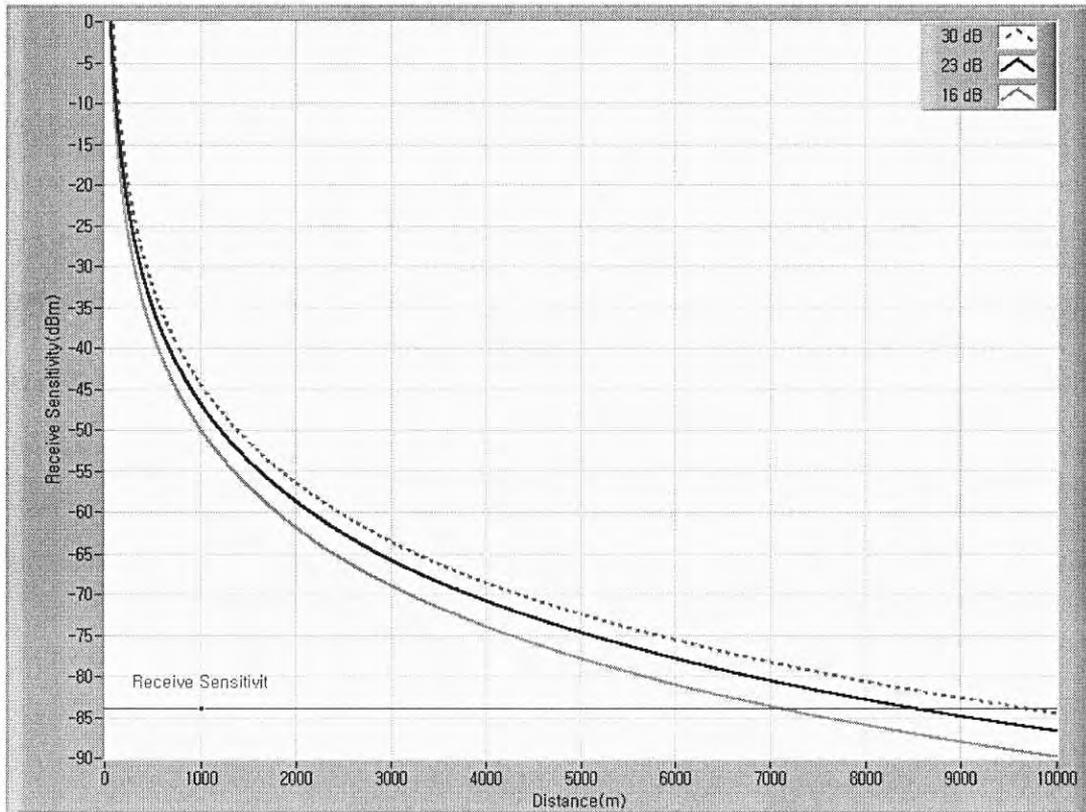
다음의 그림에 모델별 세 가지 안테나를 사용하는 경우의 수신감도를 나타내었다. 여기에서 기지국인 육상의 모니터링 위치 h_t 는 20m 로, 이동국인 h_r 은 해상에 위치하므로 0m로 가정하였다.



(a) 무선 LAN 모델 I 의 거리에 따른 수신전력



(b) 무선 LAN 모뎀 II의 거리에 따른 수신전력



(c) 무선 LAN 모뎀 III의 거리에 따른 수신전력

그림 3.21 무선 LAN 모뎀에 따른 수신전력(Plane earth)

6. 영상처리 시스템

외해 수중 가두리 양식장의 수중 감시 시스템을 구성하기 위해서는 기본적으로 수중 카메라와 수중 카메라의 영상을 육상의 관리소로 전송하여 저장하는 시스템이 확보되어야 한다. 이를 위하여 본 연구개발과제에서는 현재 영상 모니터링 시스템의 최첨단 기술인 네트워크 비디오 서버 시스템을 해상 환경에 맞게 적용하여 개발하고자 하였다.

가. 네트워크 비디오 서버(Network Video Server : NVS)

아날로그 CCTV 시스템은 1970년대로 부터 안전과 보안감시 어플리케이션 부분에서 대중적인 인기를 얻게 되었다. 아날로그 CCTV는 1990년대 IT기술의 발전과 함께 아날로그 카메라로부터 입력된 영상을 캡처보드에서 디지털 이미지로 변환하여 HDD(Hard Disk Driver)와 같은 저장매체에 저장하는 장치인 DVR(Digital Video Record)로 발전하였다. 저장환경의 디지털화로 구현된 전형적인 DVR(디지털 비디오 저장장치)의 구성은 카메라, 비디오 네트워크, 레코더, 그리고 모니터로 구성되어 현장에서의 영상모니터링과 이미지 저장과 그리고 저장된 영상의 검색을 위주로 운영유지 되었다.

인터넷 환경과 네트워크의 발전으로 실시간의 영상을 원격지에서 보고자 하는 수요의 확대로 기존의 아날로그 CCTV시스템과 DVR시스템의 저장위주의 시스템은 네트워크화에 대응하기에 어려움이 있는 것이 사실이다. 이것이 네트워크 비디오 서버의 탄생 배경이라고 할 수 있다.

언제, 어디서나 인터넷환경에서 웹 브라우저만으로 별도의 소프트웨어 없이 설치된 장소의 실시간 모습을 지속적으로 보여 주는 장치를 네트워크 비디오 서버라고 한다.

구조적으로 살펴보면 다수의 네트워크 비디오 서버는 유무선 TCP/IP 네트워크나 ADSL모뎀에 직접 연결하여 사용할 수 있도록 LAN 포트를 기본으로 지원하고 아날로그 입/출력 단자가 지원되며, 별도의 음성과 Pan/Tilt/Zoom Connector와 Alarm Sensor I/O 포트를 지원한다. 기존의 아날로그 비디오를 고화질의 디지털이미지로 변환 할 수 있는 장치로 구성되어 인트라넷이나 인터넷을 통해 경제적인 비용으로 영상자료를 이용할 수 있도록 지원한다.

또한, 네트워크 비디오서버는 여러 종류의 카메라와 DVD, 오디오 등 멀티미디어 장비와 계측기 및 제어장비와 결합하여 다양한 서비스를 제공해 줄 수 있는 장점을 가지고 있어 현재 이와 관련업체에서 개발이 활발히 진행 중이다. 기존의 아날로그 CCTV에서의

DVR로 발전하였으나 네트워크 비디오 서버는 디지털화와 IP 기반의 유무선 통신을 이용하여 더욱 확장성 및 포괄성 측면에서 유연하게 발전되고 있다.

기존의 CCTV와 DVR시스템의 문제점으로 지적되고 있는 첫째, 확정성의 한계와 둘째, 여러 장소에서의 분산 모니터링을 위한 환경 구축 및 구현에 어려움과 셋째, 영상, 음성, 계측제어 데이터 전송을 위한 네트워크 장비 설치에 과도한 설치비와 유지비용 등의 구조적인 문제점들을 해결 할 수 있는 대안으로 네트워크 비디오 서버를 제시하고 있다.

1) 개요

기존의 DVR 시스템은 여러 대의 카메라 영상을 1대의 모니터에서 분할하여 실시간으로 모니터링과 아날로그 카메라로 입력된 영상을 캡처보드에서 디지털 이미지로 변환하여 HDD(Hard Disk Driver)와 같은 저장매체에 저장하는 장치이다.

구조와 기능적 차이가 있는 네트워크 비디오 서버는 카메라로부터 영상을 전송 받아 이를 다시 인터넷이나 네트워크를 통해서 실시간으로 영상을 제공하는 장치이다. 네트워크를 통해 동영상을 실시간으로 전송하기 위하여 네트워크비디오 서버는 영상정보를 전송 가능한 디지털신호로 변화하고 전송에 적합하게 높은 압축율로 압축하게 된다.

웹서버와 네트워크 서버로의 기능을 포함하고 있어 카메라를 연결하고 네트워크라인을 연결하면 원격 모니터링이 가능하게 되며, 네트워크가 연결된 곳이면 언제 어디서나 인터넷 웹 브라우저 또는 전용 S/W를 통하여 기존 DVR에서와 같이 실시간 모니터링과 이미지 저장 등의 기능을 수행할 수 있다.

2) 기존의 CCTV 및 DVR과의 차이점

DVR과 네트워크 비디오서버는 많은 특징과 장점, 여러 기능들이 중복되는 것이 사실이다. 그러나 두 기술의 차이를 더 넓게 포괄적으로 살펴보고 비교해보면 차이점을 찾을 수 있다. 특히 영상 입력단자에 CCTV의 카메라를 접속하거나 네트워크카메라를 접속하는 구성상 차이가 있으며 실시간 영상을 저장하는 저장매체를 DVR과 같이 서버내부에 두는 경우와 네트워크상에서 영상을 저장하는 차이가 있다.

가) 카메라의 접속대수의 확장

DVR은 카메라 접속의 1, 4, 8, 16 채널이라는 제한이 있지만, 네트워크 비디오 서버는 네트워크에 하드 드라이브와 PC서버를 추가함으로써 네트워크 비디오 서버와 카메라의 접속 수량을 늘리고 별도의 네트워크상에서의 저장 공간을 확보 할 수 있으며, 추가된 네트워크상에 비디오서버를 제한 없이 설치와 통합 운영관리를 할 수 있다.

나) 설치환경의 차이

DVR접속용 CCTV 카메라는 동축 케이블 설치를 기본으로 하고 있다. 네트워크 비디오 서버는 유, 무선 LAN을 사용하므로 LAN 케이블을 설치사용 하게 된다, 카메라의 PTZ의 제어를 위하여 별도의 회선이 필요 없으며 LAN 공사의 어려움이 있는 장소에는 무선 네트워킹으로 이용할 수 있다. 복잡한 상황실과 영상센터와 같은 집중화가 매우 중요한 곳에서는 LAN과 같은 동일 네트워크망에 의한 영상, 음성, 데이터 등을 효율적으로 운영하므로 네트워크 비디오 서버의 운영은 사용자에게 설치 및 통신비용도 절감할 수 있게 한다.

다) 분산처리(Distributed Processing)

네트워크 비디오 서버와 DVR과의 차이 중 또 하나의 큰 역할은 “분산처리”(Distributed Processing) 부분이다. 기존의 영상처리의 경우 영상 전처리/후처리 부분이 대부분 DVR에 있어 시스템의 불안정과 영상처리의 한계가 있으나 네트워크 비디오 서버는 Digitize, Compression, Data 전송부분을 비디오 서버가 처리함으로써 사용자가 저장과 모니터링에 서버의 부담을 축소해 주므로 다수의 PC에서도 작업이 가능하다.

라) 적용분야별 영상 소프트웨어의 지원

기존의 CCTV와 DVR은 규격화된 메이커의 영상저장 검색, 모니터링 S/W에 의하여 운영되었다. 네트워크 비디오서버는 기본적으로 네트워크를 통해 영상을 제공해 줄 수 있는 인터페이스를 제공하고 있어 사용자의 비즈니스 모델에 따라 범용적인 소프트웨어와 결합하여 사용자의 영상이용 환경에 따라 맞춤형 소프트웨어 지원이 가능하다. 따라서 여러

산업 현장 등 필요한 부분에서 사용자의 환경에 맞는 영상소프트웨어를 개발할 수 있으므로 보다 효과적인 활용이 가능하다.

3) 주요특징 및 효과

- 사용의 편리성 - 원격에서도 네트워크비디오 서버를 작동시키기 위하여 일반 PC의 인터넷 브라우저만 설치되어 있으면 된다.
- 호환의 용이 - 네트워킹을 위한 TCP/IP, 이메일 전송을 위한 SMTP, 파일전송을 위한 FTP 프로토콜을 모든 네트워크 비디오 서버에서는 지원한다.
- 이미지의 전송방식 - 인터넷을 통하여 고 해상도의 동영상을 보여주기 위하여 압축 방식을 동영상압축 방식을 채택하고 있다.
- 간단한 환경설정 - 인터넷 홈페이지 서버에서 직접사용자 환경을 변경할 수 있다. 그리고 새로운 버전의 프로그램이 개발되면, 인터넷을 통하여 업그레이드를 받을 수 있기도 하다.
- 외부 접속기기 접속용이 - 비디오 입력단자 및 적외선 센서, 팬.틸트 메커니즘, 줌 렌즈, 기타 디지털 기기를 손쉽게 접속하여 영상 모니터링과 함께 시스템을 운영 할 수 있다.
- 기타 특징 - 동시에 여러 사용자의 접속과 실시간 동영상을 개별 사용자의 요구 수준에 맞추어 전송되는 기능 등을 가지고 있다.

4) 네트워크 비디오 서버의 기본구조

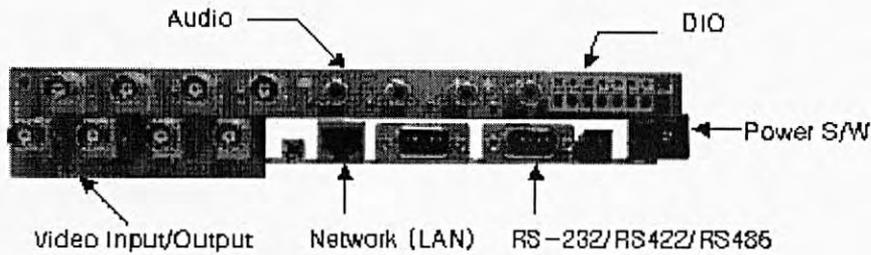


그림 3.22 네트워크 비디오 서버의 H/W 구조

위의 H/W구조는 네트워크 비디오장비의 기본구조로 시스템별 기능 지원정도에 약간의 차이와 모양이 다를 수 있으나 기본적으로 동일하다고 할 수 있다.

- Video Input/Output - 아날로그 CCD 카메라 입력/ 출력
- Network (LAN) - TCP/IP, UDP/IP, PING 등 LAN, 전용선, ADSL, 케이블모뎀 등 접속
- RS232 /RS422 /RS485 - 시리얼 통신 장치 접속 환경제공
- Audio - 음성지원 환경
- DIO - Digital Input/Output 장치 접속지원
- Power S/W - 전원 스위치
- 기타 시스템 설정 초기화 버튼, 전원 및 네트워크 연결표시 LED, 입력모드 설정 스위치 등이 장치에 따라 추가 설치되어있다.

5) 네트워크 비디오 서버의 기능

- 영상압축방식은 네트워크 통신환경과 동영상전송 방식을 감안 압축효율이 높은 MPEG4 압축방식 채택
- 웹서버를 내장하여 인터넷 웹브라우저 및 ActiveX 컨트롤 등을 통한 원격 영상모니터링 지원 가능
- 실시간 오디오 및 비디오영상을 네트워크를 통해 전송 가능
- FTP서버 또는 전용S/W를 통해서 실시간 이미지 저장 가능
- Event 발생 시 전후 이미지를 FTP서버 또는 E-mail로 전송 가능

- 자체 Motion Detection으로 알람 발생 가능
- PTZ(Pan, Tilt, Zoom)장비를 원격에서 작동하도록 지원 가능
- 유동IP 사용자를 위한 DDNS (Dynamic Domain Name Server)서버 지원 가능
- 사용자 ID와 Password설정과 보안기능 제공 가능

나. 수중 카메라

외해 수중 가두리 양식장 내의 생태 환경을 관찰하거나 가두리 양식장의 보안과 관련하여 영상을 취득하기 위해서는 최대 수심 50m 내외에서 영상 취득이 가능하여야 한다. 이러한 수중 카메라 장비 중 대부분은 일반적인 카메라에 방수 하우징을 이용한 방법이 사용되고 있으나, 해상 가두리 양식장의 환경 특성상 카메라가 수중에 오랜 기간 노출되어 있고, 유지 보수가 간편해야 하며, 전력소모가 적어야 한다는 점에서 본 연구개발 과제에 맞는 수중카메라 장비를 쉽게 선정할 수는 없었다.

수심 30m 이상에서의 카메라 장비를 설치하기 위해서는 수압에 따라 발생할 수 있는 하우징 내의 습기를 고려해야할 뿐만 아니라 카메라의 직접적인 성능과 관계있는 조명 장치의 제어도 가능해야 한다.

이러한 조건을 만족할 수 있는 수중카메라의 설계 개념도를 다음의 그림에 나타내었다.

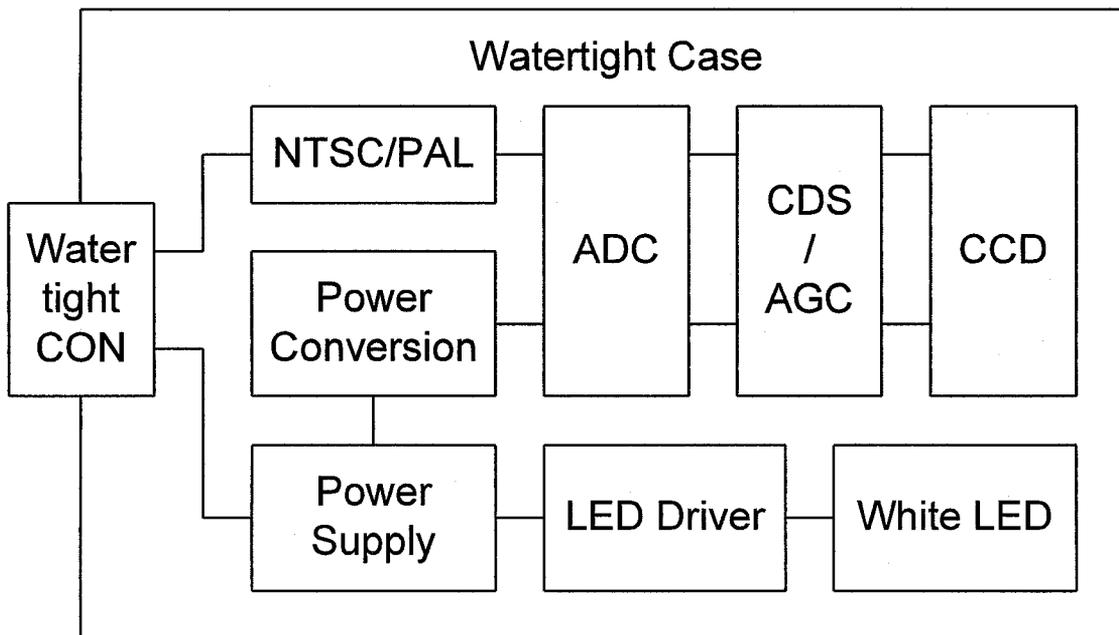


그림 3.23 수중카메라 설계 개념도

상기 그림의 설계 개념도를 바탕으로 본 연구개발에 사용된 수중카메라 제원을 다음의 표에 나타내었다.

표 3.10 수중 카메라 제원표

규격	내용
촬상소자	1/4" Sony Super HAD CCD
유효화소	410K
촬상방식	Internal Sync
TV System	NTSC, PAL
렌즈	x25배 Zoom Lens
S/N 비	more than 50dB
영상출력	1.0V p-p 75 ohm
최저조도	0.0 Lux by 48 Super Bright LED
램프수명	Max. 50,000 Hour
외장케이스	Stainless Steel (Sus 316L)
카메라수압	10kg/cm ²
사용온도	-30℃ ~ +60℃
사용전원	DC 12V / 1A
소비전력	30W
규격	∅ 120 x 170 mm
무게	3.5kg (Only Camera)
기타	수심, 수압 최대 100m 설계 줌 리모트 컨트롤 100m 우레탄 방수 케이블

7. 상하 이동 시스템

가. 개요

일반적으로 많이 이용하는 표층 가두리 양식은 대형의 뜬으로 묶어 닻으로 일정 수면에 띄우고, 뜬들에 가두리 그물을 고정한다. 그리고 그물이 조류에 쓸리거나 뜨는 것을 방지하기 위하여 그물 밑바닥이나 귀통이에 추를 달아 바닥을 편평하게 유지한다. 그러나 가두리 양식 시설물은 주로 목재 혹은 PE 등으로 제작된 뗏목 구조로서 강한 파도에 취약하여 태풍으로 인한 시설물 파손으로 인한 피해가 매년 반복되고 있는 실정이다.

이렇듯 해상에서의 가두리 양식장 사업은 적조나 태풍과 같은 긴급재해 발생 시 피해를 예방하기 위해 가두리 본체를 일정 수심 이하로 이동시키거나 출어나 가두리 양식장 관리를 위하여 수면으로 부상시켜야하는 경우가 필요하다. 현재 개발 중인 외해 수중 가두리 양식장의 경우(주로 NOAA 시스템), 공기 부력을 이용한 방법이 가장 널리 사용되고 있으며, 국립수산과학원에서 한국형 외해 수중 가두리 양식장 설계 및 산업화 기술개발에 대한 과제를 수행하고 있다.

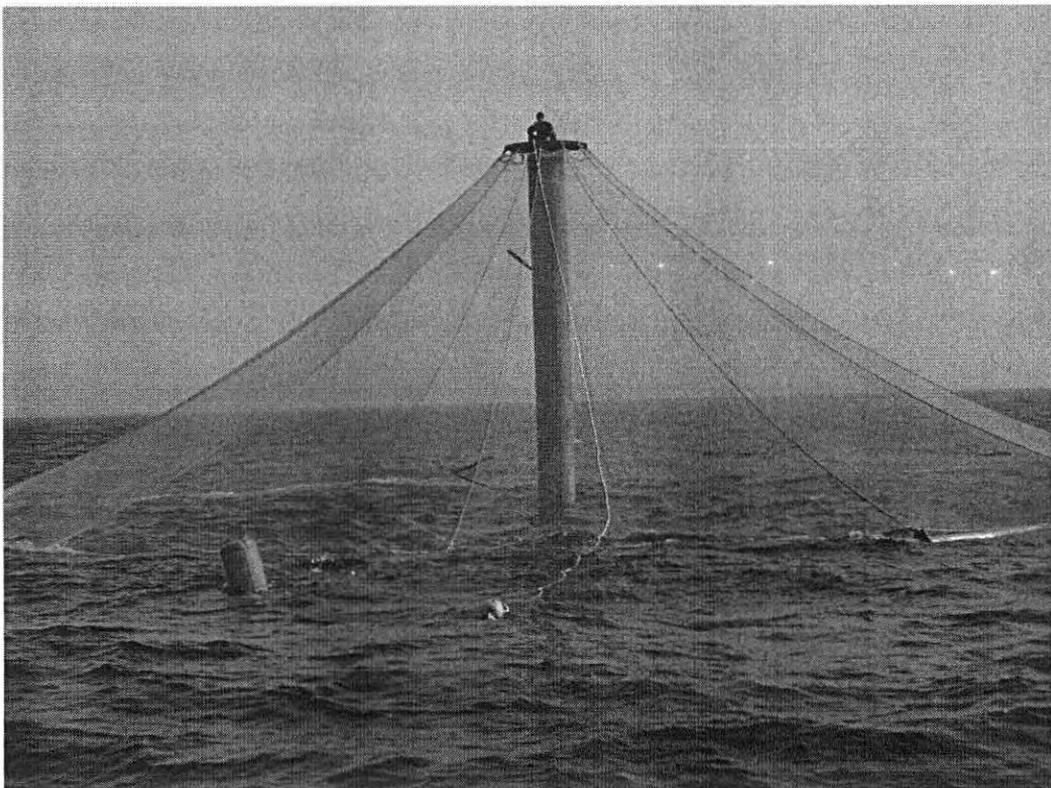


그림 3.24 국립수산과학원에서 개발한 한국형 가두리 양식장 설치 사진

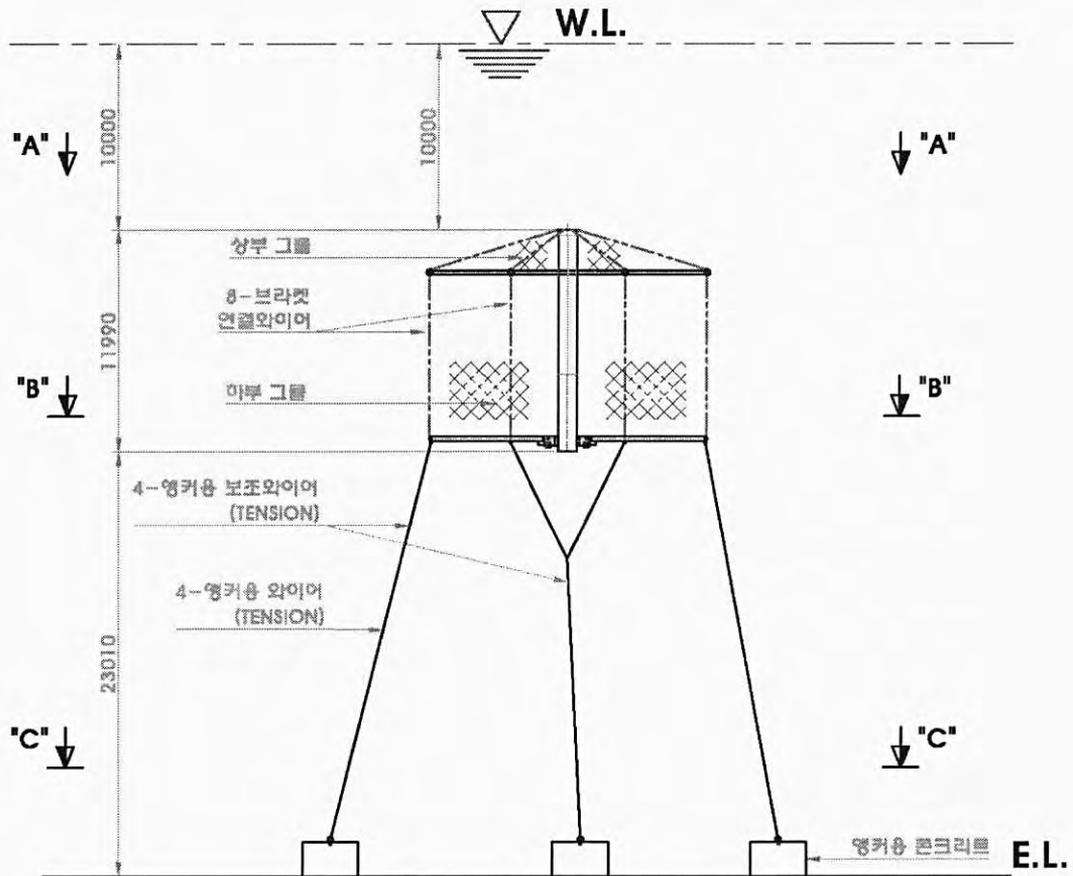


그림 3.25 한국형 가두리 양식장의 설계 개념도

나. 구조 및 형상

본 연구개발 과제에서는 한국형 가두리 양식장의 설계를 기반으로 수중 이동 동작을 보다 효과적이고 신속하게 수행할 수 있고 수중 내 가두리 양식장의 위치 파악 및 기타 안전사고에 신속히 대처 가능한 전기식 수중 가두리 이동 장치를 연구, 개발 하였다. 수중 가두리 상하 이동 시스템의 설계 시 중점적으로 고려해야할 사항은 다음과 같다.

- 수면에는 위치표시용 부표 이외에 다른 구성물은 가능한 적은 것이 좋다.
(수면상에 구성품이 위치하는 경우 도난 등의 위험이 많음 - 어민 요구사항)
- 수중 가두리의 현재 위치를 표시할 수 있어야 한다.
- 전기적 장치의 방수 시스템 안전성이 확보되어야 한다.
- 상하 이동 장치의 운전 조작이 간편해야 하며, 시스템 구성이 간결해야 한다.

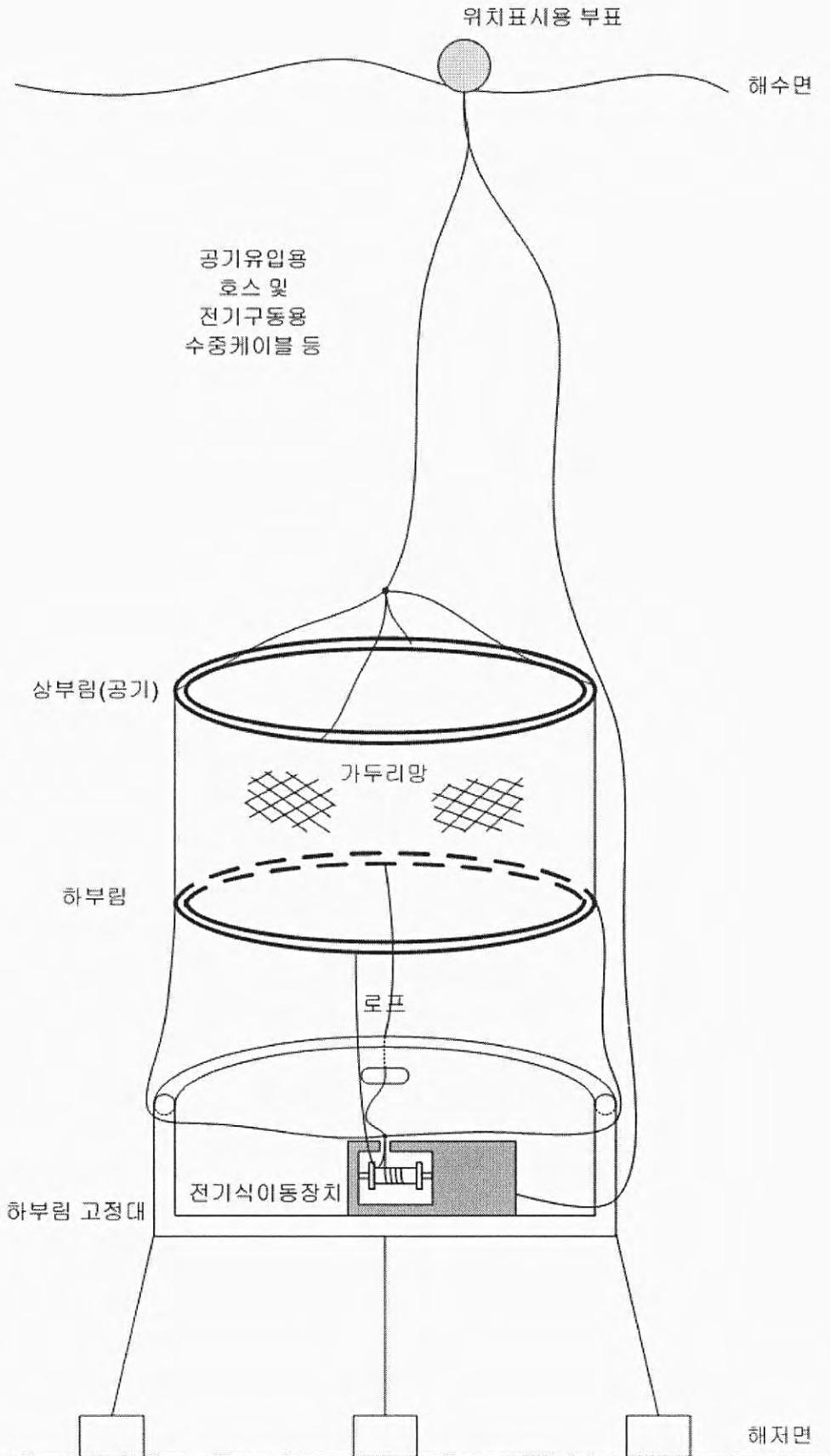


그림 3.26 전기식 상하 이동 장치의 설계 개념도

상기 그림에 연구개발과제에서 개발하고자 하는 외해 수중 가두리 양식장 상하 이동 장치의 개념도를 나타내었다. 그림에 나타나듯이 상부림 및 하부림, 그리고 그물망 등으로 이루어지는 가두리 양식장을 하부림 고정대에 설치되는 전기식 외해 수중 가두리 양식장 수중 이동 장치를 통하여 위치를 조절할 수 있도록 하는 것이 기본 개념이다. 여기에서 상부림과 하부림에는 각각 공기를 넣었다 빼 수 있도록 설계하여 각각의 림의 부력 조절이 가능하도록 한다. 림 자체만으로도 어느 정도 부력 조절이 가능하도록 하여 가두리 내의 추가로 별도의 부력 조절 장치 등이 필요 없으며 가두리의 상하 이동 시 전기 구동 방식에 대한 부하를 덜어주는 역할도 할 수 있도록 한다. 또한 하부림 고정대는 가두리망을 아래로 끌어 당겼을 때 하부림과 결착하여 고정될 수 있도록 하는 역할을 한다. 하부림과 하부림 고정대 사이에는 다수의 로프를 이용하여 수중 이동장치 내 드럼과 연결되게 하며, 하나의 로프가 아닌 다수의 로프를 사용하는 이유는 가두리 양식장이 조류 등에 밀려 회전하는 것을 방지하기 위함이다.

상·하부 림은 다음의 그림과 같이 다각형 또는 원형으로 제작될 수 있으며, 림의 내부에는 공기 및 해수 등의 출입을 위한 구멍들과 격벽 등으로 이루어져 있다.

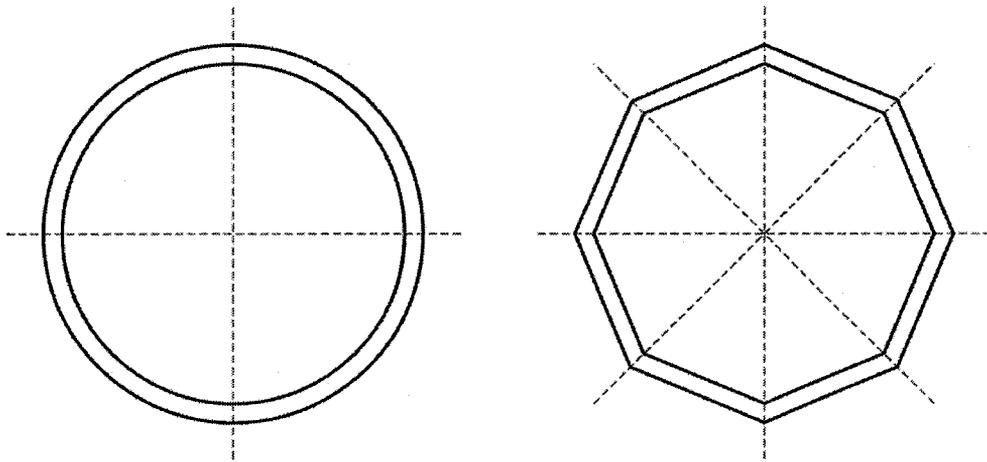


그림 3.27 상·하부 림의 구성 형상

다각형 림 구조에서 하나의 구조 형상

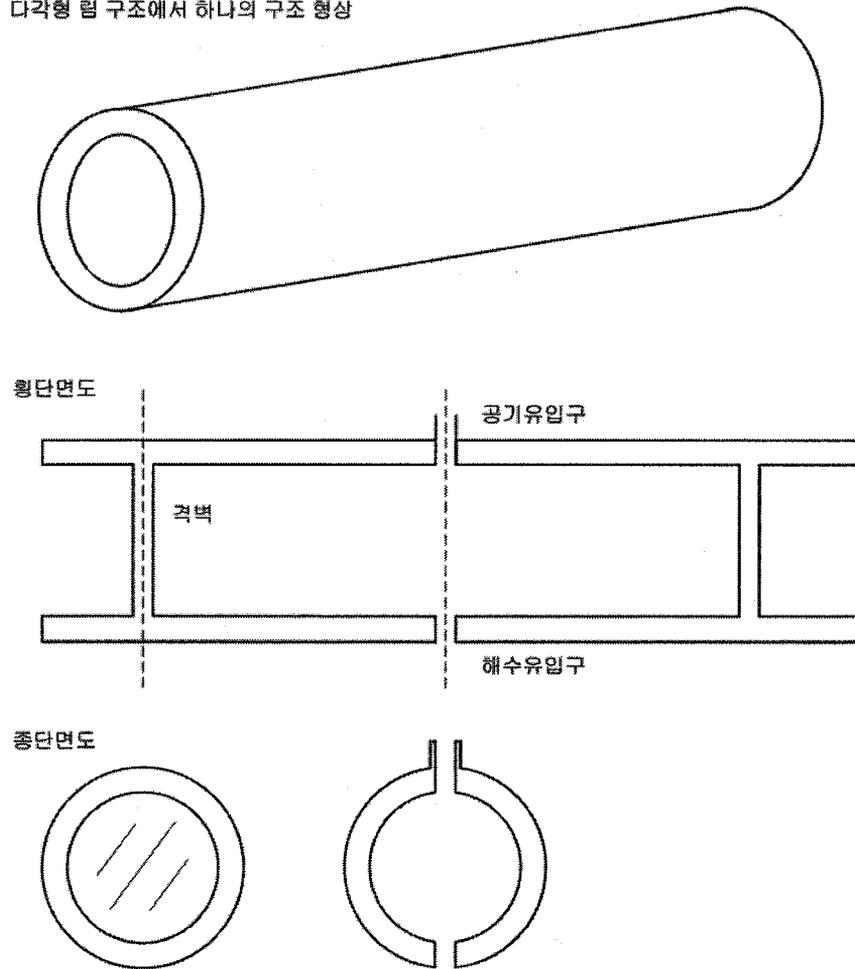


그림 3.28 림 구성품의 형상 및 세부 구조

가두리 양식장의 형상이 다각형 구조의 림의 경우 단위 림 구성품이 8개 연결되어 있는 형상이다. 림 구조물 내부의 격벽이 세워져 있어 가두리 설치 시 부력의 차이가 발생하여도 공기/해수의 유입량을 조절하여 림 구조 전체의 밸런스를 맞출 수 있게 하였다. 제안하는 가두리 양식장은 다음과 같이 설정하여 배치하고자 하였다. 하부림은 부력을 중성 부력보다 약간 낮게 설정하여 아래쪽으로 약간의 힘을 받도록 설정하고 상부림은 중성 부력보다 약간 높게 설정하여 위쪽으로 힘을 받도록 설정한다. 상부림의 부력은 위쪽, 하부림의 부력은 아래쪽으로 향하므로 가두리 망은 항상 넓게 펼쳐지게 되며 상부림과 하부림, 그리고 상하 이동용 장치를 연결하는 와이어를 통하여 외해 수중 가두리 전체의 형태를 잡고, 위치를 조절할 수 있도록 하였다.

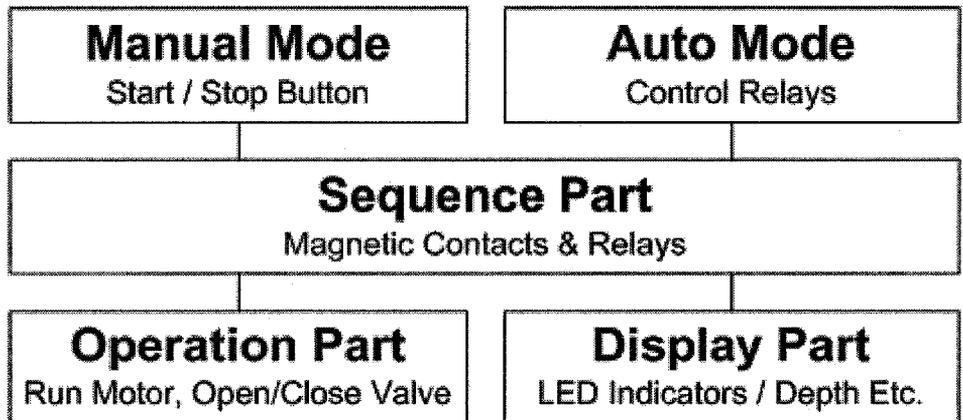
다. 제어 장치의 구성

외해 수중 가두리 양식장 상하 이동을 위한 제어 장치는 공기 및 전기 두 가지 방식을 모두 사용할 수 있도록 하는 연동형 타입으로 구성되며 이동 장치의 제어를 위한 제어박스를 별도로 제작하여 선박 등에 장착하여 사용할 수 있도록 하였다.

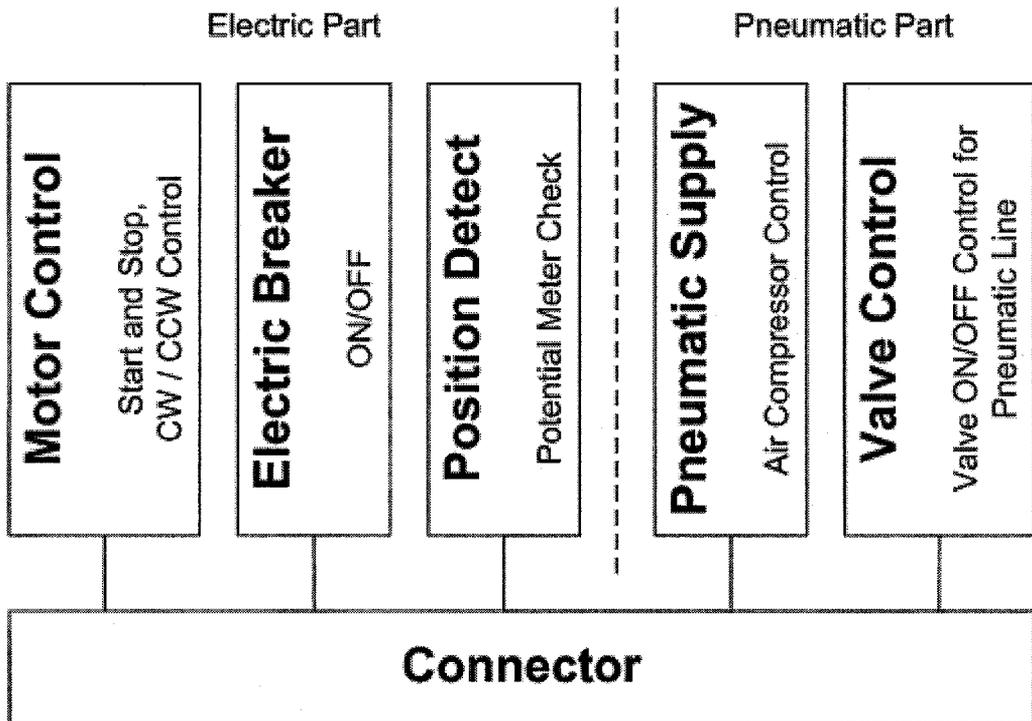
우선 실제 제어 장치를 구성하기에 앞서 설계 개념도를 토대로 현재 제주도 외해 가두리의 운영 실무자와 설계자, 그리고 협동 연구기관인 국립수산과학원 연구원들과 협의 하여 다음과 같은 항목을 정리하였다. 외해 수중 가두리 양식장의 효율적인 관리를 위해서는 다음과 같은 항목들이 반영되는 것이 운영에 많은 도움이 된다고 하였다.

- 설계 개념도에 표시된 공기유입용 호스 및 전기구동용 수중케이블 등은 부유 상태의 위치표시용 부표 부근까지 연장하여 해상의 선박에 설치되어 있는 제어장치에 연결이 용이하도록 한다.
- 제어장치는 수동 및 자동으로 선택 운전할 수 있도록 하고 다수의 전자접촉기와 릴레이를 사용하여 대용량인 상하이동용 모터 및 각종 부속장치를 손쉽게 제어할 수 있도록 한다.
- 전기적 수중 이동 장치의 내부에 설치된 가변저항 등의 값을 측정하여 현재 가두리의 수심을 알 수 있도록 7-Segment 혹은 LCD 등으로 시각적으로 표시할 수 있는 기능도 갖추도록 한다.

위와 같은 사항을 고려하여 실제 제어 장치를 설계·제작하였으며, 다음의 그림에는 제어 장치의 구성 개념도와 기능 개념도를 나타내었다.



(a) 제어 장치 구성 개념도



(b) 제어 장치 기능 개념도

그림 3.29 제어 장치의 개념도

라. 임베디드 컨트롤러(Embedded Controller) 및 시퀀스

외해 수중 가두리 양식장의 수중 상하 이동 시스템을 효과적으로 운전하기 위해서 기본적으로 시퀀스 회로를 바탕으로 산업용 임베디드 컨트롤러를 추가하여 모터의 정역회전 및 각종 밸브 제어, 위치 제어 및 알람 판별 등의 기능을 구현하였다.

1) 임베디드 시스템

임베디드 시스템(Embedded System, 내장형 시스템)은 시스템을 동작시키는 소프트웨어를 하드웨어에 내장하여 특수한 기능만을 가진 시스템이다. 개인용 컴퓨터와는 달리 특정한 요구 사항을 가지고 있으며, 미리 정의된 작업(task)만을 수행한다.

임베디드 시스템은 대개 저가로 선택된 기능만을 수행하도록 설계되어 있으며, 몇몇 기능은 매우 빠른 처리가 필요하며, 다른 기능들은 대부분 속도를 중요하게 여기지 않는 경우가 많다. 그래서 임베디드 시스템의 전체 구조는 단가를 낮추기 위해 범용 컴퓨터 시스템의 하드웨어에 비해 의도적으로 단순화되어 있다. 예를 들어, 임베디드 시스템은 개인용 컴퓨터에서 쓰이는 일반 주변장치 인터페이스에 비해 느린 직렬 버스 방식으로 제어되는 주변 장치를 사용하는 경우가 많다.

임베디드 시스템 하드웨어 장치의 롬이나 플래시 메모리에 내장하는 소프트웨어를 일컬어 펌웨어라 한다. 임베디드 시스템 상의 프로그램은 대개 제한된 하드웨어 자원 위에서 실시간(real-time) 제약 조건을 가지고 동작한다. 임베디드 시스템은 여러 해에 이르는 오랜 기간 동안 오류 없이 안정적으로 돌아가도록 설계된다. 따라서 펌웨어는 개인용 컴퓨터에서 쓰이는 소프트웨어보다 신중한 개발과 테스트 과정을 거친다. 대부분의 임베디드 시스템은 디스크 드라이브나 스위치, 버튼 등 기계적인 동작으로 손상을 입을 수 있는 부품의 사용을 피하고 대신 플래쉬 메모리 같은 물리적 손상에서 비교적 자유로운 칩 자재를 사용한다.

또한 임베디드 시스템이 적용되는 분야는 석유 시추공, 우주공간 등 인간이 직접 즉각적인 제어를 하기 어려운 장소일 수 있다. 따라서 임베디드 시스템은 최악의 상황에서도 스스로 다시 기동할 수 있어야 한다. 이러한 응급 복구는 소프트웨어가 주기적으로 타이머를 건드리지 않으면 컴퓨터를 초기화시키는 왓치독(Watchdog) 타이머라고 불리는 전자 부품을 통해 이루어진다.

가) 임베디드 컨트롤러(CuBLOC)

본 연구개발과제에서는 이러한 임베디드 시스템의 특성을 잘 살리면서 다음의 특징을 가지는 Comfile Technology사의 CuBLOC 시리즈를 이용하여 해상 환경에 맞도록 소형이면서 간결한 시스템 구성을 가지고, 안정적인 동작을 할 수 있는 제어 시스템을 구성하였다.

- Basic 언어와 Ladder logic을 동시에 지원(멀티태스킹)
- 실시간 처리를 위한 명령 지원
- 다양한 흐름제어 명령어 지원(for, while etc)
- 다양한 통신 기능 지원(RS232, MODBUS, I2C, SPI etc)
- 사용자 환경에 따른 H/W I/O 모듈 조립 가능
- 초소형, 경량, 모듈화

CuBLOC 제어기에 Keypad 컨트롤러를 연결하여 자동 모드일 때 제어값을 입력 할 수 있도록 하였으며, 4자리 7-segment를 연결하여 가두리의 현재 수심을 표시하거나 제어 상태를 나타내도록 하였다. 다음의 표에 사용된 CuBLOC의 기본 사양을 표시하였다.

표 3.11 PLC(CuBLOC) 제원표

Input Power Voltage	100~240VAC (Universal Input 85V~264VAC)
Input Power Current	100VAC/33mA, 200VAC/26mA
Internal Output Power	5V/500mA, 24V/200mA
Application CPU	CB280
Program Memory	80KB
Data Memory	BASIC ; 2KB / LADDER ; 1KB
EEPROM Memory	4KB
Digital Input Port	입력과 출력을 Photo-coupler로 분리 (+,- 무극성)
D/I Voltage-Current	9V~26VDC / Min 10mA
D/I Port Numbers	11 Point
Analog Input Port	6 Point CN15 (Input Voltage 5V)
High Count Port	2 Point
Key Board Port	4 Point (Application of Keypad)
Digital Output Port	10 Point
D/O Voltage-Current	0~250VAC/5A , 0~30VDC / 5A
D/O Port Numbers	6 Point
PWM Output	6CH
Insulation-Resistance	Input-Output : DC500V, 100MΩ, 1Min Cut Off Current 10mA
	Input-FG : DC500V, 100MΩ, 1Min Cut Off Current 10mA
Withstanding-Voltage	Input-Output : AC 2000V 1Min Cut Off Current 10mA, DC500V 100MΩ
	Input-FG : AC 1500V 1Min Cut Off Current 10mA, DC500V 100MΩ
	Output-FG : AC 500V 1Min Cut Off Current 10mA, DC500V 100MΩ
Vibration	10~50Hz at 2G 3 minutes period, 30 minutes along X,Y and Z axis
Impact	10G for 20mS, Once on each X,Y and Z axis
사용 동작 온도	-10℃~50℃
사용 주위 습도	10%~95% RH(단, 결빙되지 않은 상태)
통신	RS232
Size & Weight	85.43 × 105.5 × 43.5 mm, 227g

나) 제어 알고리즘

CuBLOC을 이용하여 자동모드일 때의 제어기 동작에 대한 알고리즘을 다음의 그림에 나타내었다. 그림 3.33은 제어기의 메인 알고리즘으로 시스템은 기본적으로 초기화 과정을 거친 뒤 에러와 각종 플래그를 체크하는 루틴을 무한 반복하도록 구성되어 있다. 또한 이러한 체크 루틴이 일정시간 이상 수행하지 않을 경우 와치독 타이머를 통하여 시스템을 리셋하는 기능도 포함되어 있다.

각종 플래그를 체크한 후 각 상태에 따라 그에 알맞은 동작을 수행하게 되며, 시스템은 크게 운전중인 상태(Running)와 설정중인 상태(Setting), 대기 상태(Ready)로 나뉘어 동작한다. 대기 상태일 때에는 수동/자동 상태를 구분하여 7-segment에 표시하며 이때, 가두리의 현재 수심도 함께 표시한다. 설정중일 때에는 각 설정에 알맞은 항목을 7-segment에 표시하며 운전중일 때에는 설정한 수심으로 현재 가두리를 이동하기 위한 각종 밸브 및 모터의 전자접촉기를 구동하며 현재 가두리의 수심을 7-segment에 표시한다.

키패드 인터럽트 알고리즘은 제어반에 설치된 4x4 크기의 키패드의 버튼이 하나라도 눌러지는 경우 수행되는 알고리즘으로 제일 먼저 수동/자동 모드를 체크해서 자동일 경우에만 루틴을 수행하도록 되어있다.

자동일 경우 눌러진 키가 숫자키 인지 기능키 인지 구분하여 각각 해당하는 루틴을 수행하도록 되어있다. 기능키는 밸브 ON/OFF, Up, Down, Set, Start, Cancel 로 구성되어 있으며 밸브키를 누른 경우에는 현재 밸브 상태를 파악한 다음 밸브를 ON/OFF 하는 동작을 수행한다. Up, Down 키는 자동 모드에서의 Semi-Auto 의 개념으로 임베디드 컨트롤러로 수동과 마찬가지로 기능을 할 수 있도록 하였다. 이때에도 7-segment 에는 현재 가두리의 수심이 표시되기 때문에 효과적으로 운전이 가능하다. Set, Start키는 자동모드일 때 가두리가 최종 이동할 수심을 설정하고 운전을 시작하는데 사용되며, Cancel 키는 각 운전 상태에서 취소 명령과 일시 정지와 같은 개념의 동작을 수행하는 역할을 하도록 프로그램 되어있다.

2) 시퀀스 회로

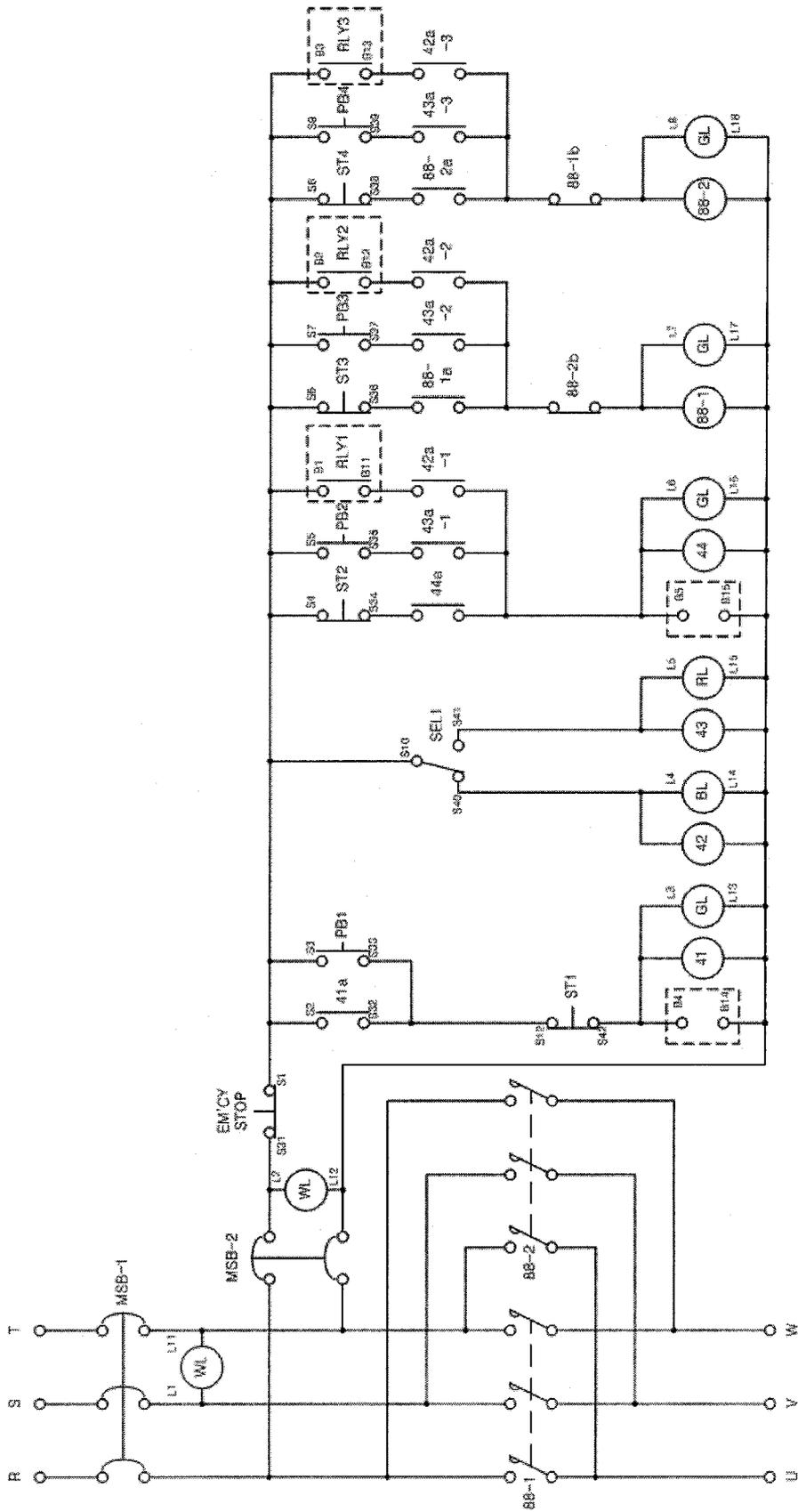


그림 3.30 상하 이동 장치의 기본 시퀀스 회로(3Ø)

상기 그림에 본 연구개발에 사용된 기본 시퀀스 회로를 나타내었다. 제어 모드가 수동일 경우 시퀀스 회로를 통한 직접적으로 모터 및 각종 밸브를 구동하고 자동일 경우 임베디드 컨트롤러를 거친 제어 신호가 시퀀스 회로를 거쳐 출력되게 된다. 이러한 동작을 위한 회로가 그림 오른쪽에 구성되어 있으며 왼쪽에는 가두리 양식장의 상하 이동에 직접적으로 관여하는 구동 모터의 정역 회전 회로가 구성되어 있다. 여기에서는 3상 유도전동기에 감속기어를 설치한 모터를 기준으로 설계를 하였다.

가) 정역회로의 Inter-Lock 구성

3상 유도 전동기의 정역제어는 전동기의 U, V, W 상이 3상 R, S, T 상과 1:1로 접속했을 때 전동기는 정방향(일반적으로 시계방향)으로 회전한다. 그러나 R, S, T 상 중 2상을 바꾸어 전동기의 고정자 권선에 접속하면 상회전이 반전하여 전동기가 역방향으로 회전한다. 즉, R 상과 T상을 바꾸어 접속하면 전동기가 역회전한다.

전동기의 정역회로 조작 중에 만일 정회전용 전자접촉기와 역회전용 전자접촉기가 동시에 '폐' 하는 동작을 하게 되면 전원회로가 단락되어 큰 사고를 유발할 수 있다. 그러므로 어느 한쪽의 전자접촉기가 동작하고 있을 때에는 다른 한쪽의 전자접촉기를 '폐'로 동작하지 않게 하는 Inter-Lock 구성이 필요하다. 그림 오른쪽에 표시되어 있는 88-1b와 88-2b의 접점이 이러한 Inter-Lock 구성을 나타낸다.

나) Y-△ 시동제어

외해 수중 가두리 양식장의 전기적 상하 이동 장치 중 구동용 모터는 가두리의 크기 및 중량(부력) 등에 따라 정격 용량이 달라진다. 정격 용량이 큰 모터를 사용하게 되는 경우 일반적으로 Y-△ 시동을 하게 되는데 이는 전동기의 시동전류를 제한하는 구동법으로 시동 시에만 전동기의 고정자 권선을 Y 결선으로 하여 각 상에 전원 전압의 $1/\sqrt{3}$ 을 가하고 전동기가 가속되어 시동전류가 감소하면 재빨리 Δ 결선으로 변환하여 전동기를 구동하는 방법을 말한다. 실제 외해 수중 가두리 양식장에 적용하기 위해서 이와 같은 Y- Δ 시동에 대한 부분도 반드시 고려해야 한다.

제 2 절 연구내용

1. 외해 수중 가두리 양식장 환경데이터 수집 및 분석

환경데이터 분석은 협동 연구기관인 국립수산과학원에서 주도한 외해 수중 가두리 양식장의 환경 데이터를 분석하여 본 과제에 활용하고자 하였다.

가. 해수 유동 관측

외해 수중 가두리 양식장 인근해역의 해수유동특성을 조사하기 위하여 2005년 6월과 7월 2회에 걸쳐 측류관 추적실험 및 연속조류관측을 실시하였다. 1차 관측은 2005년 6월 15일 15시부터 25시간 이상 RCM 9 Mk II를 수심 30m에 계류하여 1분 간격으로 측류하고 동시에 측류관 추적실험을 수행하였다. 상세한 층별 유동특성을 파악하기 위해 실시한 2차 관측은 2005년 7월 20일부터 8월 2일까지 14일간 ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler, RD Instrument)를 이용하여 장기 관측하였다.

관측결과 1일 2회의 창낙조류가 뚜렷하였고 주 흐름방향은 북동-남서방향, 1차 관측기간 중 최대유속은 6월 16일 07시경 약 112cm/s로 나타났다.

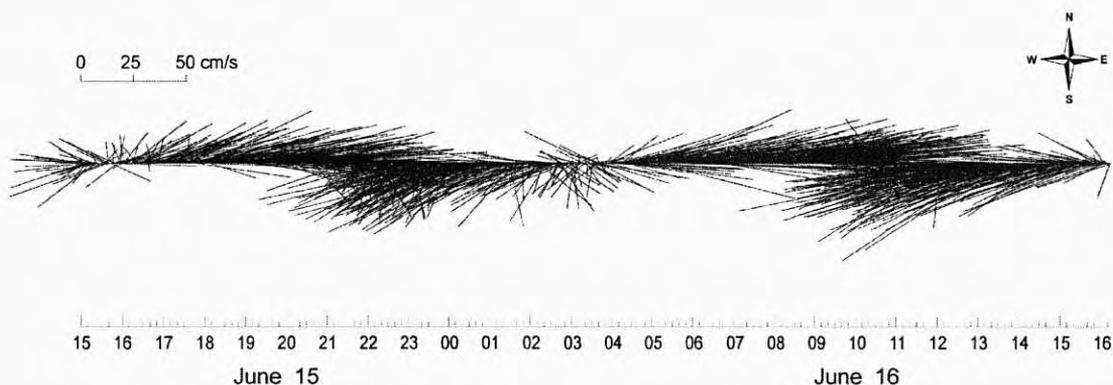


그림 3.31 외해가두리 양식장의 수심 30m 유속관측결과

측류관 추적실험결과는 6월 15일 표층에서 약 26.5~49.0cm/s (평균 35cm/s), 중층은 약 11.5~23.0cm/s (평균 14.3cm/s)의 속도로 북북동 방향으로 진행하였다. 그러나 관측 당일 흐름과 반대방향으로 풍속 약 3~5m/s인 북동풍이 불었던 점을 감안하면 실제 측

류판의 이동속도는 관측된 속도보다 빠를 것으로 예상된다. 그리고 ADCP를 이용하여 30일간 층별로 측류를 실시한 2차 관측의 결과 최강유속은 약 98cm/s로 1차 관측 시의 112cm/s 비해 작았으나 이같이 1m/s(약 2knot)에 달하는 강한 유속은 일시적으로 출현하였을 뿐 지속성을 보이지는 않았다. 즉 외해가두리 해역의 해수유동특성을 간략히 요약해보면 최대유속의 범위는 표층에서 약 60~70 cm/s, 가두리 시설물이 설치되어 있는 수심 25m 부근은 약 50~60cm/s 범위로 나타나며, 기상요인이나 해류의 영향에 의해 불규칙적으로 1m/s 전후의 강한 유속이 출현하는 것으로 보인다.

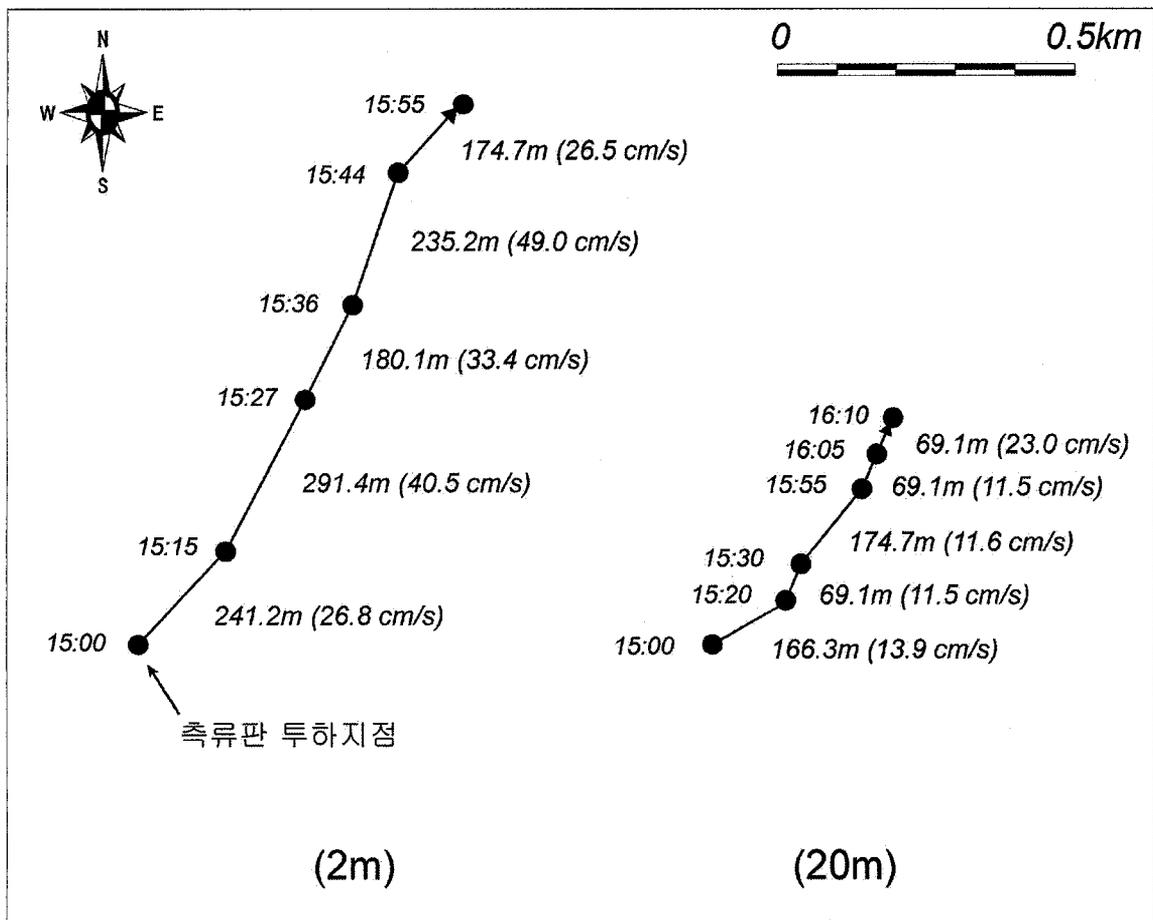


그림 3.32 측류판 이동궤적

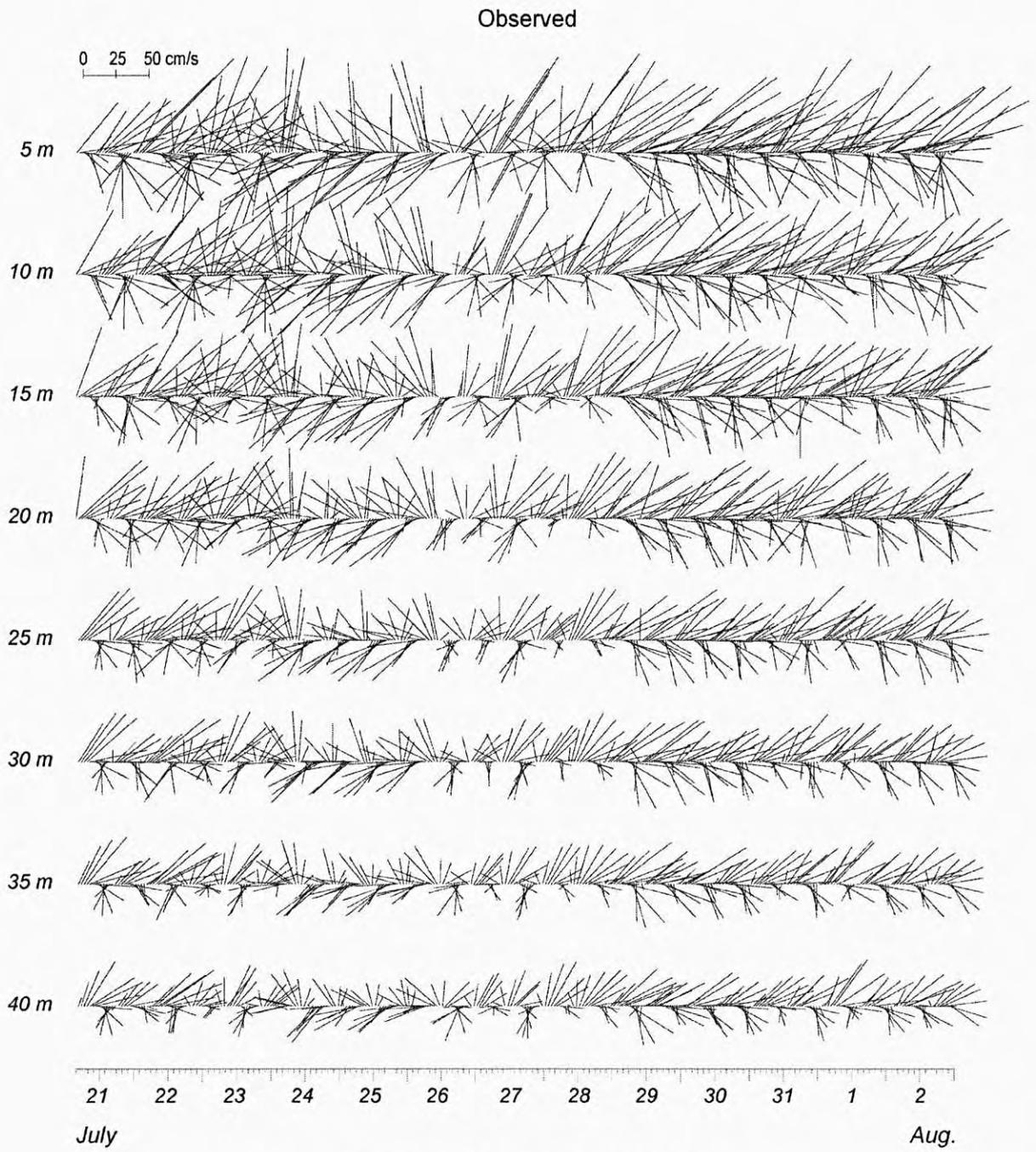


그림 3.33 ADCP 연속측류결과

나. 해수 유동 모델

본 연구개발과제에서는 외해가두리 인근해역의 해수유동상황을 재현하고자 2차원 해수 유동모델을 수행하였으며 그 결과 조류타원은 주 흐름방향이 창·낙조 시에 남서-북동 방향인 흐름으로 관측값의 진폭과 위상이 비교적 잘 재현되었다.

대상 해역인 표선항 인근 해역의 창조 시 최대 유속은 표선 동측 해역에서 약 40~50 cm/s 범위로 나타났으며, 낙조 시 최대유속은 이보다 약 2~5cm/s 가량 감소하는 경향을 보였다.

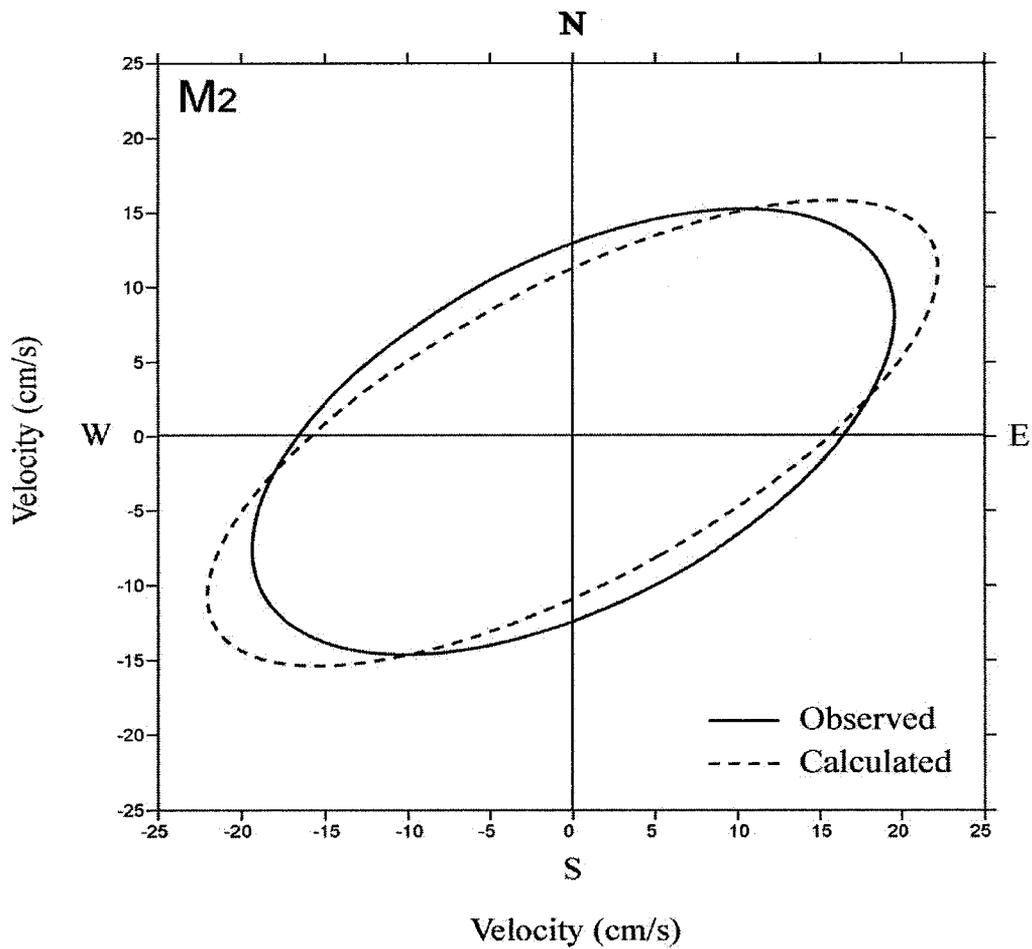


그림 3.34 관측값과 모델값의 조류타원도

전체적인 유동패턴을 보면 창조 시에는 성산포 동측으로부터 남향 또는 남서향하기 시작한 조류가 연안선과 나란한 방향으로 표선항까지 진행하다가 표선항 동남쪽 약 3km 부근에 위치하는 수심 약 20m 이하의 얕은 해저지형을 만나면서 유속이 약 10~20cm/s

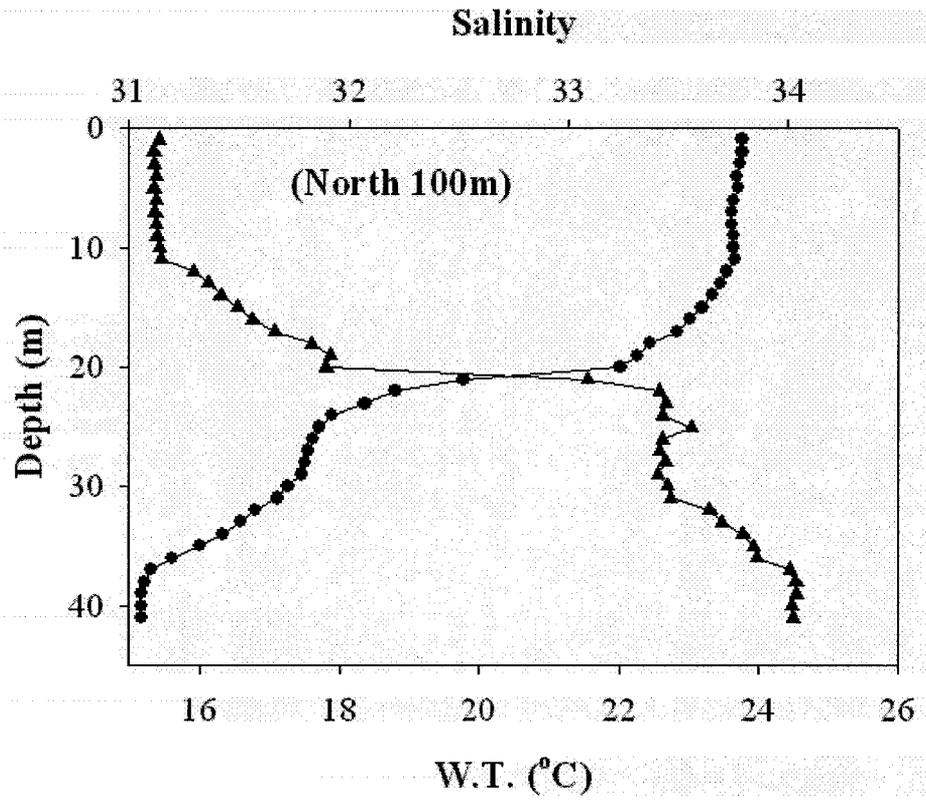
로 감소한 뒤 표선 남측 연안을 돌아 서진하는 형태로 나타난다. 낙조 시에는 이와 유향이 반대로 바뀌면서 유속은 다소 증가한다. 외해가두리 시설이 설치되어 있는 표선항 남쪽 약 3km 지점의 최강 유속은 약 25~30cm/s 범위로 창조 시에 비해 낙조 시의 유속이 다소 크게 나타났다. 그러나 제주도 남쪽 해역은 모델의 개방경계에 대한 정보가 부족할 뿐만 아니라 쿠로시오 해류의 영향을 직접적으로 받고 있으므로 차후 기존 외해가두리 시설의 유지나 새로운 시설을 위한 적지를 선정할 경우 반드시 충분한 기간에 걸쳐 장기 유속관측을 실시할 필요가 있으며, 이러한 장기관측 자료를 기초로 주요 4대 분조 이상의 조화상수를 외력으로 부여함과 동시에 해류의 영향을 포함하는 모델을 수행함으로써 대상 해역의 유동구조를 상세히 파악하는 일이 선행되어야 한다.

다. 현장 해양 화학 분석

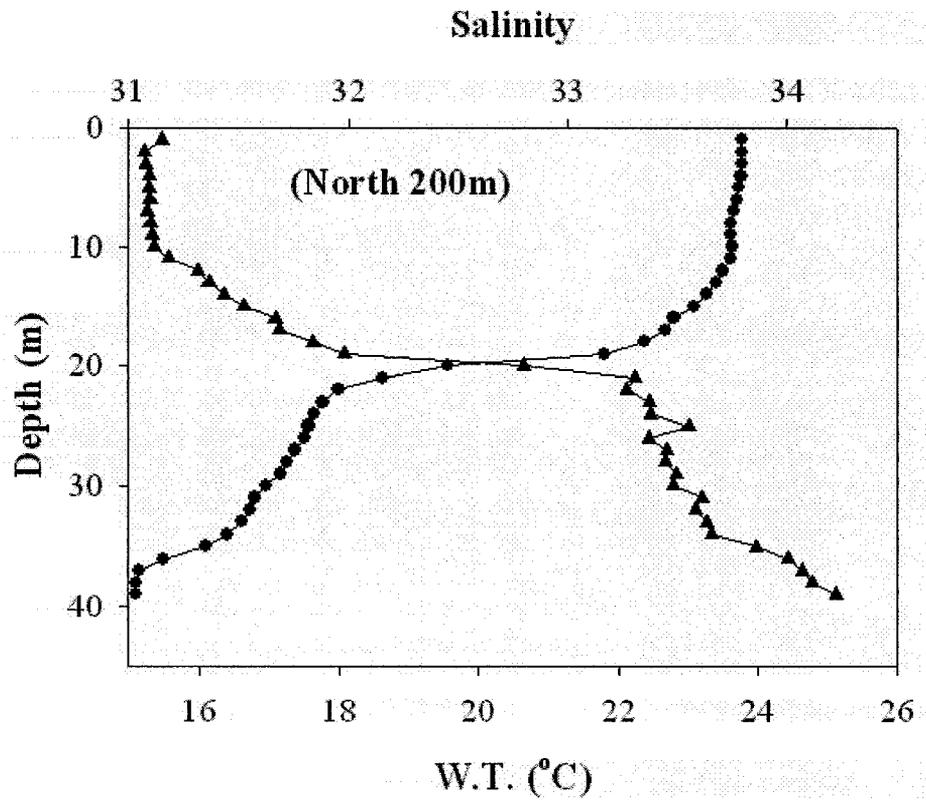
가두리 양식장의 수질 특성을 분석하기 위하여 수온, 염분은 수질측정기 (CTD, SeaBird-19)로 현장관측하였고, 영양염류, 화학적산소요구량 (COD) 등 일반수질항목은 해양환경공정시험법 (해수부, 2003)에 따라 분석하였다.

1) 수온과 염분

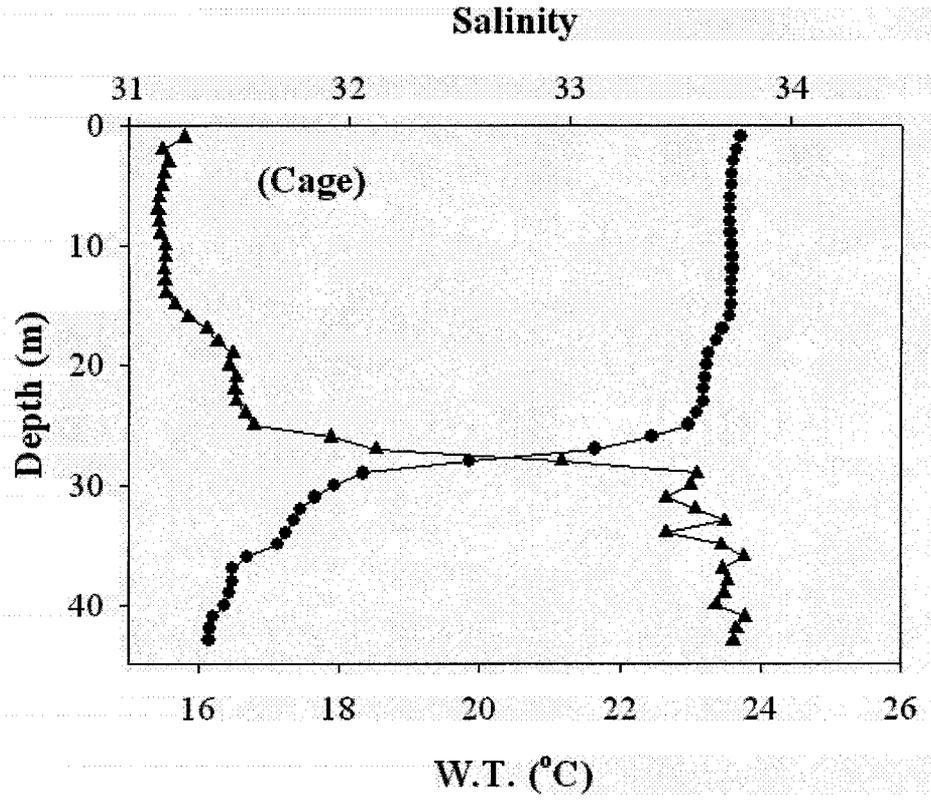
수온은 가두리 양식장 200 m 반경 내에서 표층은 23 °C, 저층에서는 16 °C까지의 분포를 보여주었고 염분은 표층에서 31‰ 에서 저층에서 34.5‰ 까지의 분포를 보여주었다. 다음의 그림들은 수온 및 염분의 분포를 나타낸 그림이다. 그림 (a) 는 가두리 북쪽 100m 지점, 그림 (b) 는 가두리 북쪽 200m 지점, 그림 (c) 는 가두리 설치 지점, 그림 (d) 는 가두리 동쪽 100m 지점, 그림 (e) 는 가두리 동쪽 200m 지점에서 측정한 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 수심 약 20m 부근에서 수온 약층이 생성되는 것을 알 수 있다.



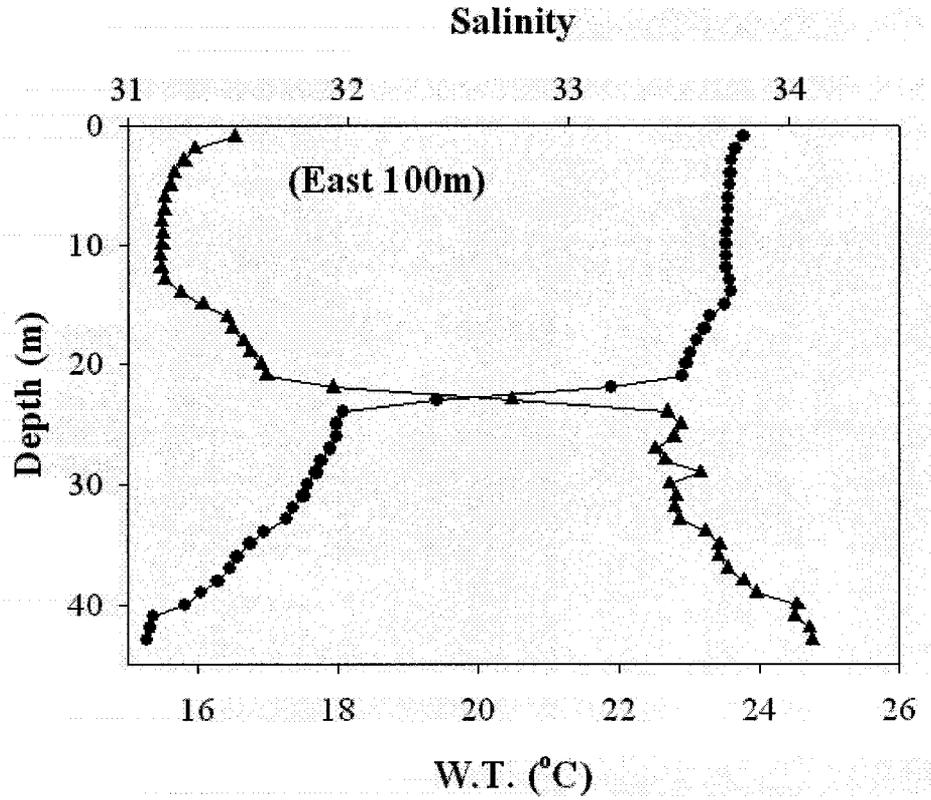
(a) 가두리 북쪽 100m 지점



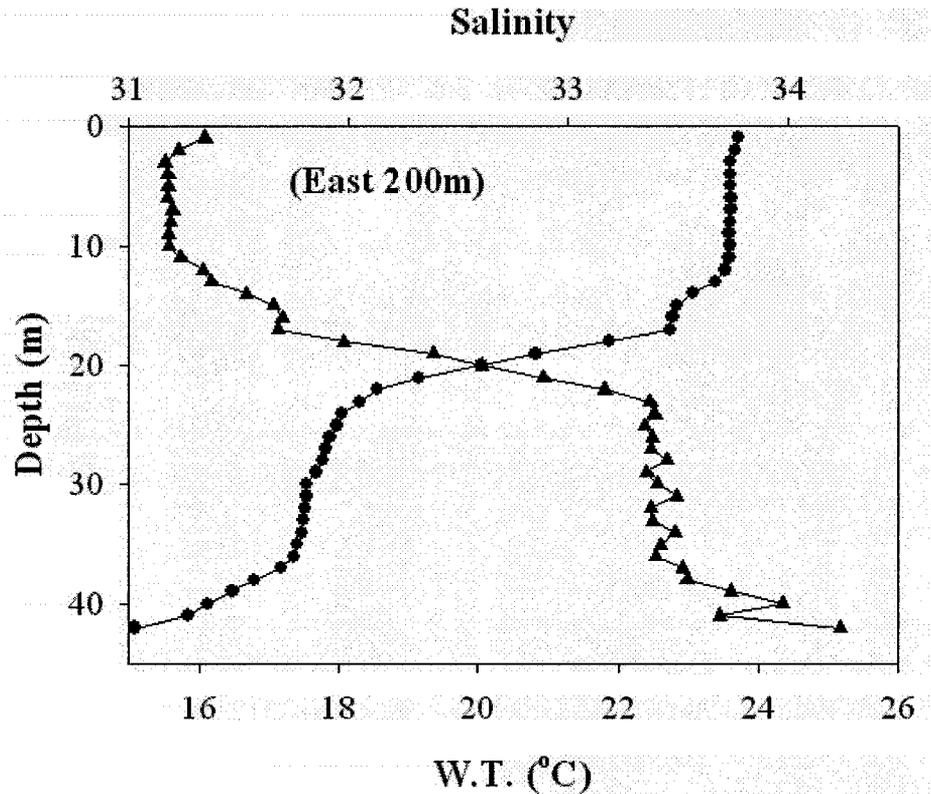
(b) 가두리 북쪽 200m 지점



(c) 가두리 설치 지점



(d) 가두리 동쪽 100m 지점

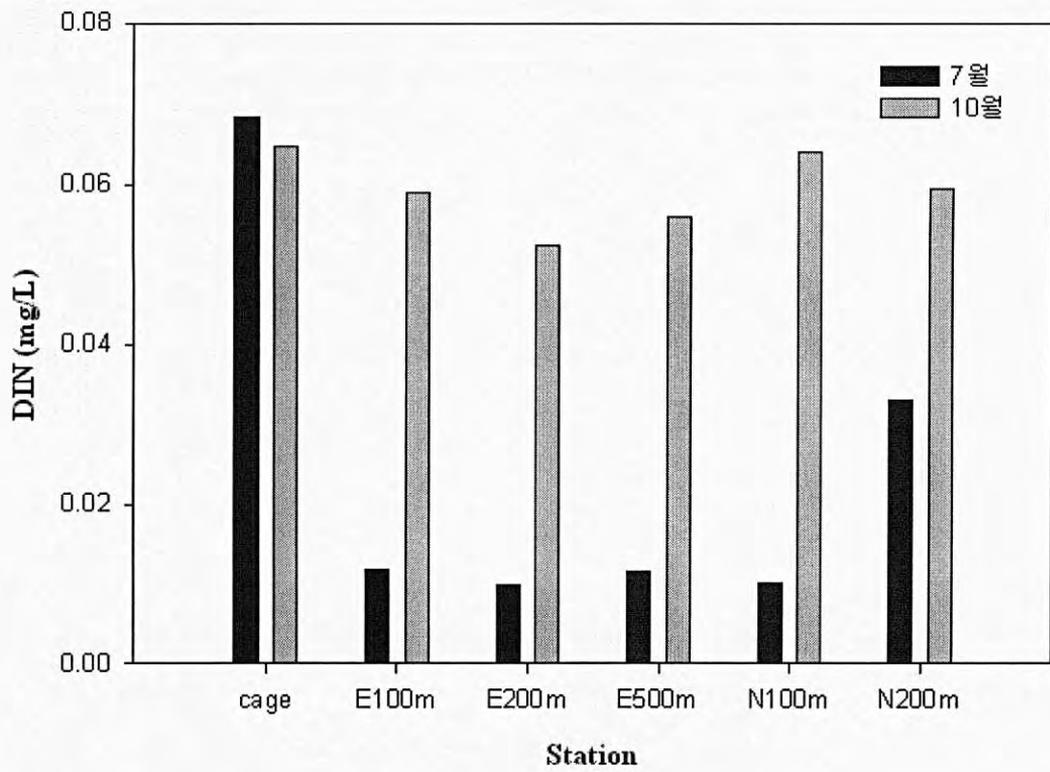


(e) 가두리 동쪽 200m 지점

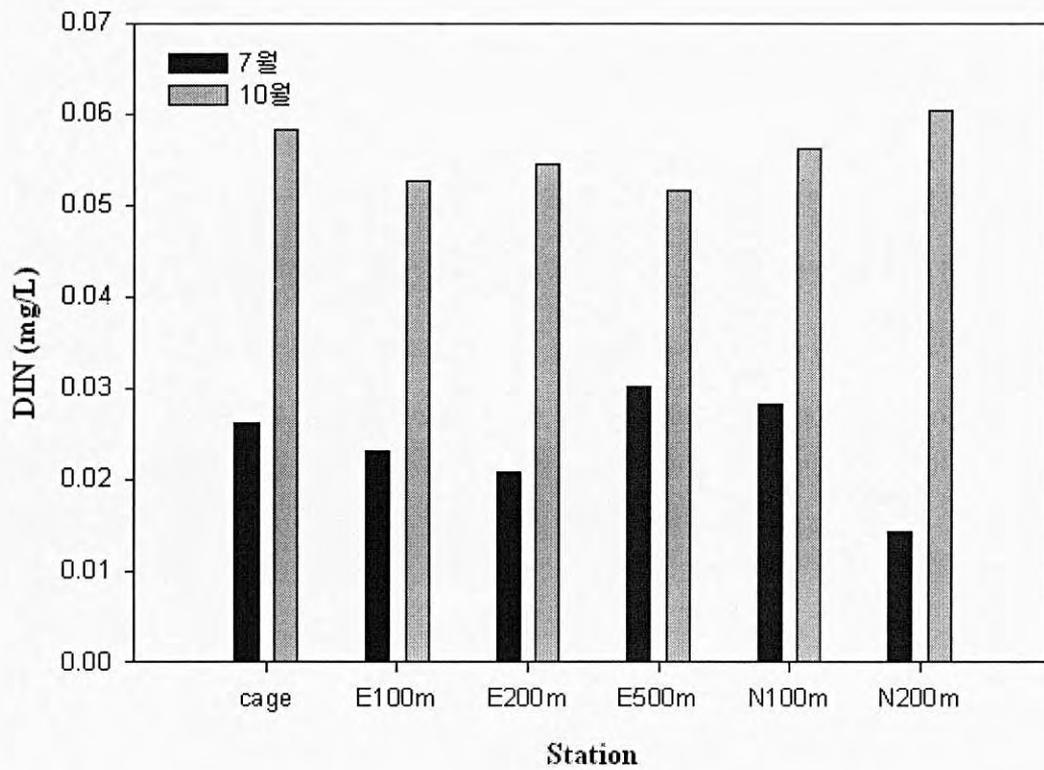
그림 3.35 가두리 양식장 근방의 수온·염분의 수직 분포

2) 영양염류

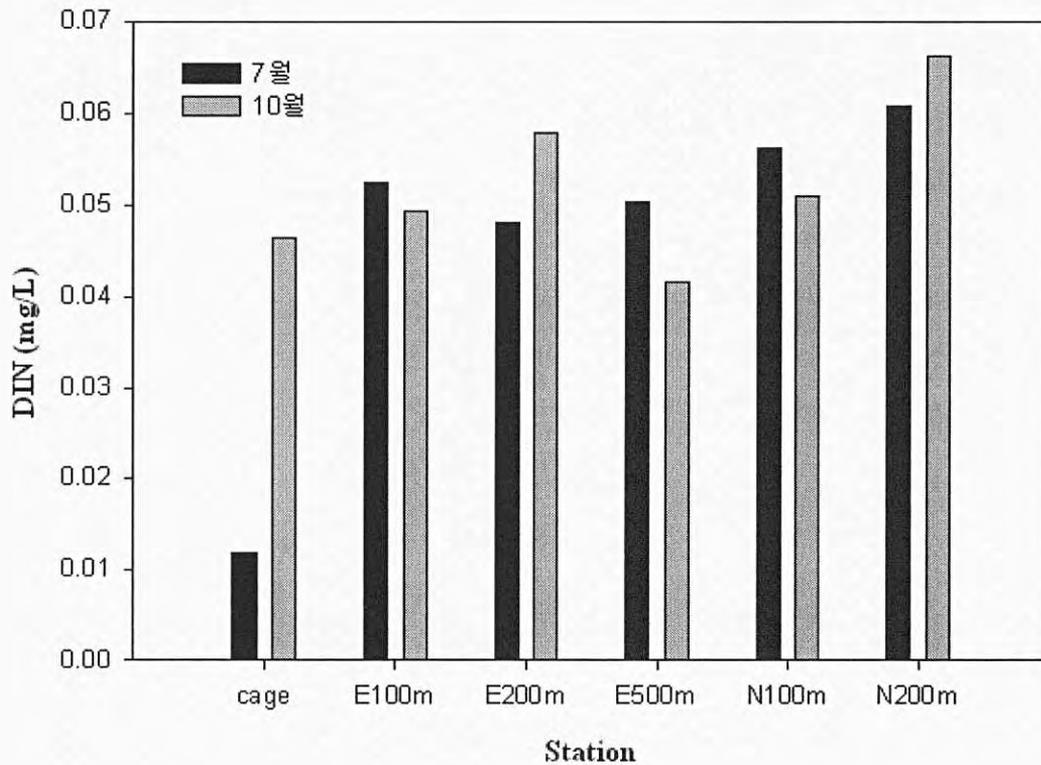
일반적으로 용존무기질소 (DIN) 는 암모니아성-질소 (NH_4-N), 아질산성-질소 (NO_2-N), 질산성-질소 (NO_3-N) 의 합으로 산출하며, 질산-질소(NO_3-N)는 일반적으로 용존무기질소(DIN)중 가장 많은 부분을 차지하는 영양염류이다. DIN 의 농도 분포는 가두리 양식장 설치 전, 표층에서 0.024 ± 0.023 mg/L였고 저층에서 0.047 ± 0.018 mg/L로 저층에서 높은 농도를 보여주었으며, 설치 후, 표층에서 0.059 ± 0.005 mg/L, 저층에서 0.052 ± 0.009 mg/L로 층간의 농도 차이를 보이지 않았다. 특히, 저층의 경우는 설치 전·후의 농도 차가 나지 않는 않지만, 표층과 중층에서 설치 후의 농도가 높은 것으로 나타났다. 다음의 그림들은 가두리 양식장 설치 전후의 DIN 농도를 나타낸 것이며, 그림 (a) 는 표층, 그림 (b) 는 중층, 그림 (c) 는 저층을 측정된 것이다.



(a) 표층



(b) 중층



(c) 저층

그림 3.36 가두리 양식장 설치 전후의 DIN 농도

라. 가두리 양식장의 퇴적물 특성

1) 입도분석

제주도 외해 수중 가두리 양식장 부근의 표층퇴적물의 평균 입도는 사질 퇴적물의 입도인 $2.99 \pm 0.36 \phi$ 로 대부분 약 30%의 함수율을 가지고 있다. 입도 분석 결과 나타난 각각의 조직 변수 (분급도, 왜도, 첨도)의 변화를 평균 입도와 대비하여 나타내었다. 분급도는 2.59 ± 0.23 범위로 가두리 양식장 부근의 퇴적물의 분급도는 균일한 값을 보여주었다. 이러한 값은 가두리 양식장 부근 표층 퇴적물은 대부분 매우 불량한 분급 (very poorly sorted)을 가지고 있어 다양한 크기의 입자가 존재함을 의미한다. 왜도는 1.04 ± 0.32 범위를 보이고 있다. 왜도값이 +인 것은 조립질 입자쪽으로 분산을 이루고 있고 -인 것은 세립질 입자쪽으로 분산을 형성하고 있음을 의미한다. 전체적으로 양의 왜도를 가지고 있어 조립질 퇴적물이 많이 포함되어 있으며 이와 같은 사실은 평균 입도에 나타난 결과와 잘 일치하고 있다. 첨도는 퇴적물의 분산이 얼마나 좁은 확률범위에 존재하고 있는가를 지시

한다. 제주도 가두리 양식장 부근의 퇴적물은 3.05 ± 0.86 으로 들출하거나 상당히 들출한 것으로 나타나 조립질 퇴적물이 집중적으로 분포하고 있음을 지시한다.

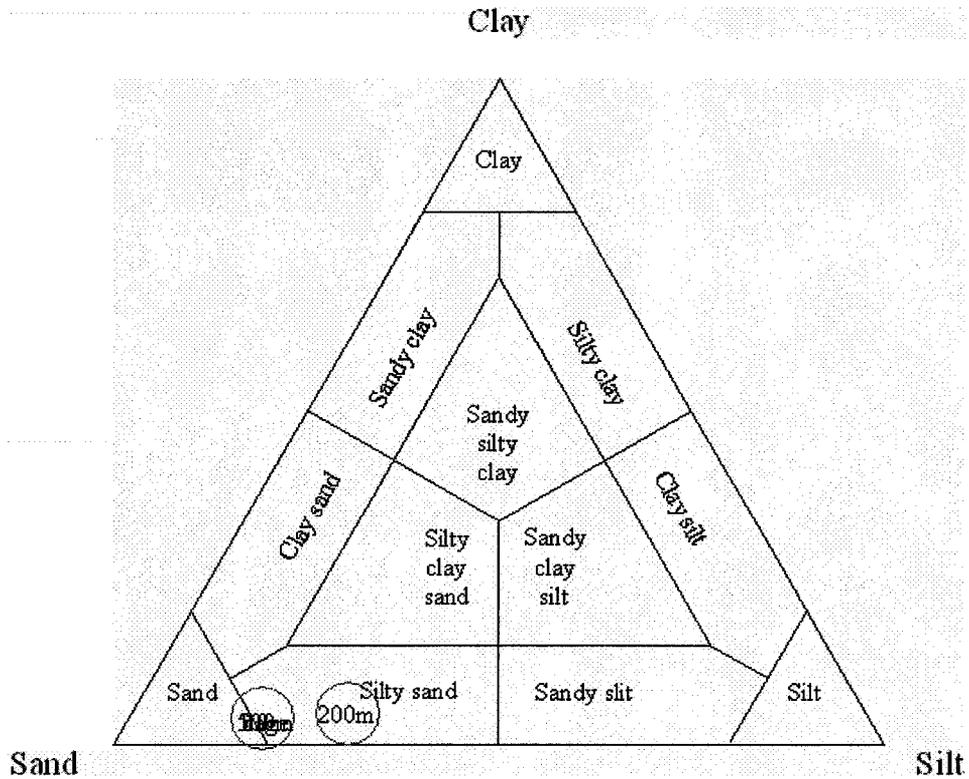


그림 3.37 가두리 양식장 부근의 입도조성도

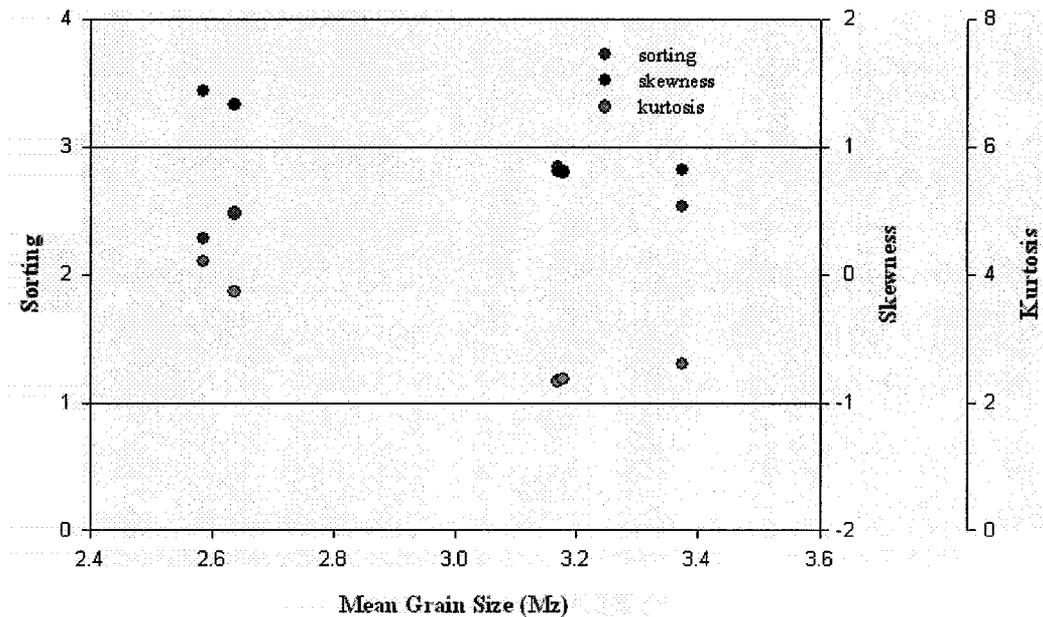
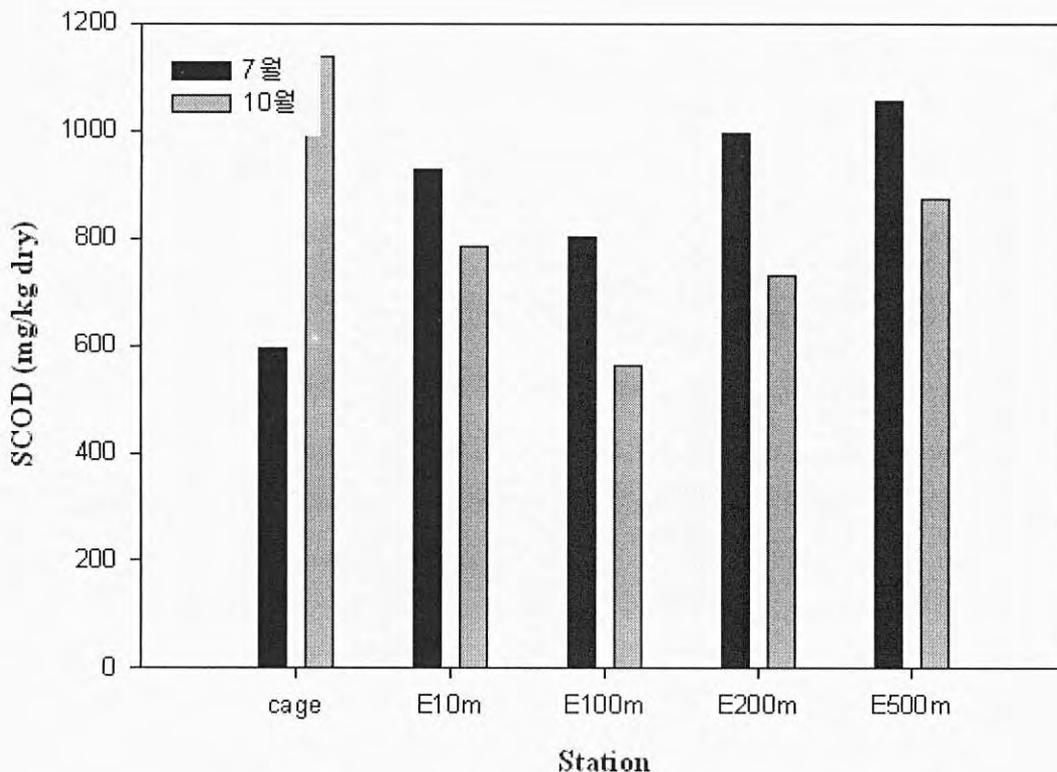


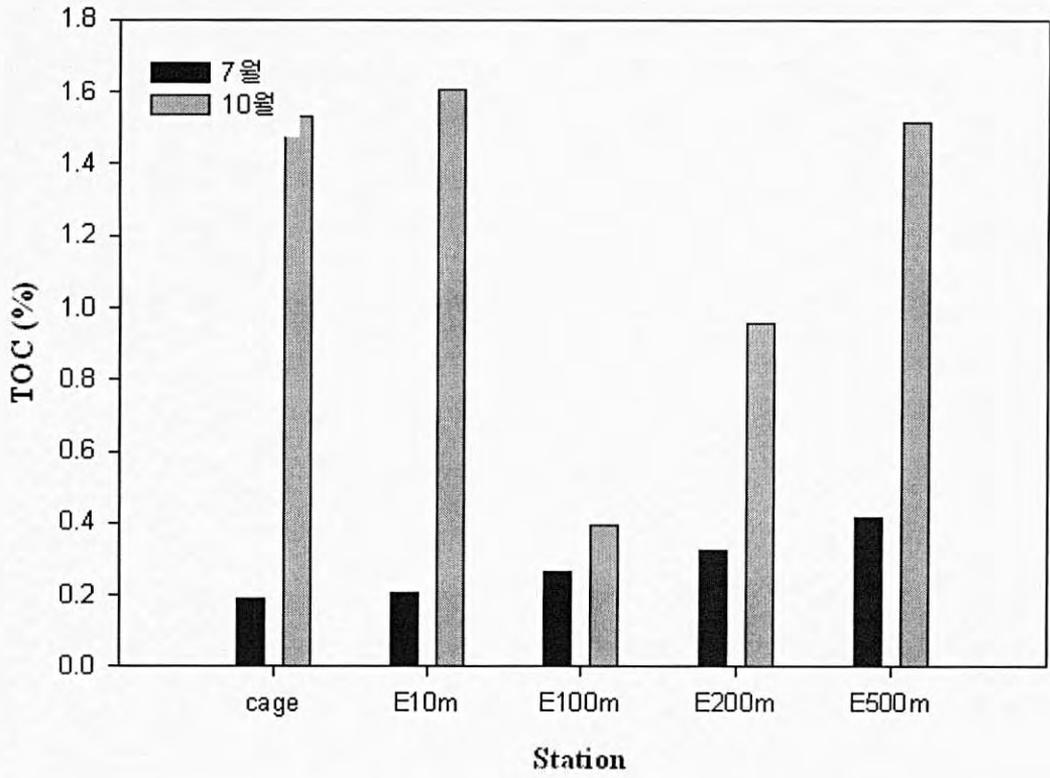
그림 3.38 가두리 양식장 부근의 퇴적물 분급도, 왜도, 첨도

2) 유기물질

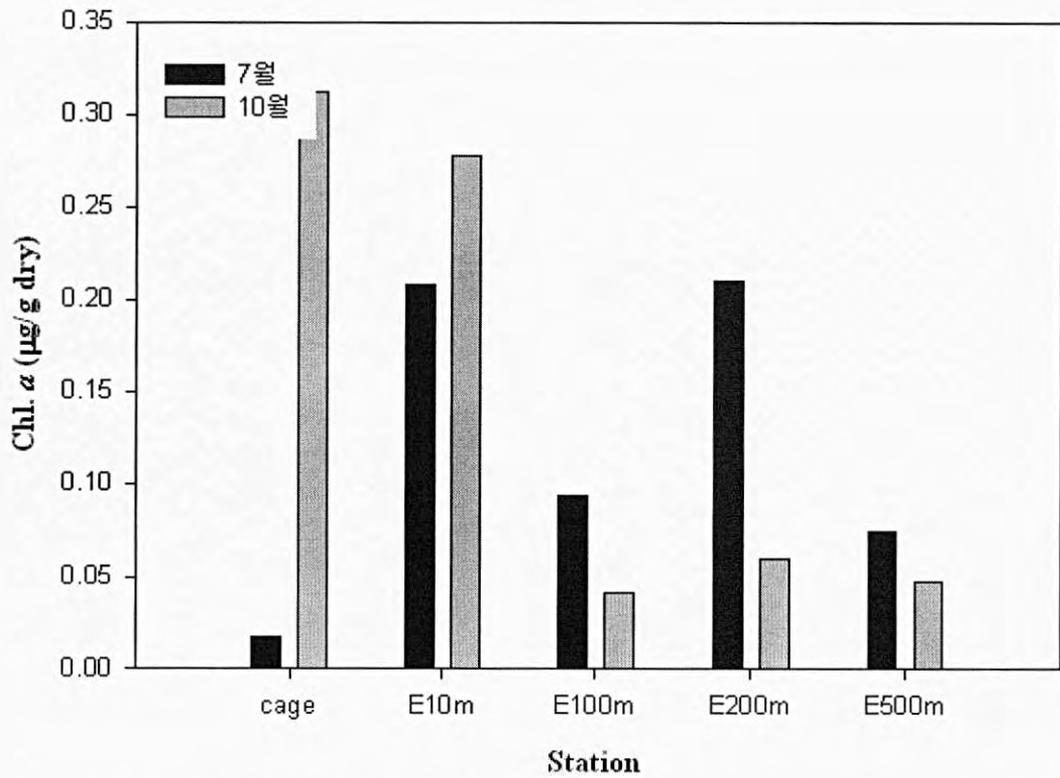
화학적 산소요구량은 가두리 양식장 설치 전에 875.97 ± 182.90 mg/kg dry이었고, 설치 후에 817.90 ± 211.27 mg/kg dry로서 가두리 양식장 설치 전후에 큰 변화를 보이지는 않았다. 거리별로 설치 전에는 가두리 양식장에서 가장 낮은 농도로 거리에 따라 증가하는 양상을 보여주었고 설치 후 가두리 양식장에서 가장 높은 농도를 보이고 거리에 따라 큰 차이를 보이지 않았다. 총 유기탄소 (TOC)는 설치 전에 0.280 ± 0.092 %이었고, 설치 후에 1.199 ± 0.519 %로서 가두리 양식장 설치 전·후에 가두리양식장에서 7배 이상의 높은 증가를 보여주었고 거리에 따라 농도의 증가를 확인할 수 있었다. 조류의 총 농도를 나타내는 Chl-a(클로로필-a)는 설치 전에 0.121 ± 0.085 ug/g dry이었고, 설치 후 0.148 ± 0.135 ug/g dry로 전체적인 농도에는 큰 차이를 보이지 않았다. 거리별로 설치 전의 경우 거리에 따른 큰 편차를 보였고 설치 후 가두리 양식장에서 가장 높은 농도를 보이며 거리에 따라 농도는 감소하는 경향을 보여주었다. 유기물을 이용한 가두리 양식장 설치 전·후의 영향은 10 m까지의 가두리 양식장 부근으로 판단된다.



(a) 외해 수중 가두리 양식장 설치 전·후의 SCOD의 변화



(b) 외해 수중 가두리 양식장 설치 전·후의 TOC 의 변화



(c) 외해 수중 가두리 양식장 설치 전·후의 Chl-a 의 변화
 그림 3.39 외해 수중 가두리 설치 전·후의 유기물질 변화

다. 외해 수중 가두리 양식장 수질 조사

외해 수중 가두리 양식장의 수질도를 조사하기 위해 경남통영시 일원의 가두리 양식장 세 곳을 선정하였다. site A는 통영시명지에 위치한 가두리 양식장으로 평균수심 10m 이고, site B는 한산, 거제만내 가배에 위치한 가두리로 평균수심은 28m 이다.

site A와 site B의 사료 공급은 습사료와 생사료를 사용하는 가두리 양식장이다. 조사는 계절별로 1회씩 4회 실시하였다. 선정된 곳의 가두리 양식장의 수질을 조사하기 위해 가두리 양식장의 각각의 양식장에서 가두리에 연직으로 1개의 조사선을 설정하여 거리에 따라 5개 정점에서 core sample을 이용하여 저질을 채집하여 2cm 깊이 단위로 산화환원전위, 산화발성산화물 및 감열열량을 측정하였으며, 수질 조사의 경우 가두리 안의 1개 정점 바깥의 동서남북 네 방향으로 30m 지점에서 표, 저층의 수온 염분 pH, DO, COD, 영양염, 및 ChlorophyII-a를 측정하였다.

3월, 5월, 9월에 조사된 site A와 site B의 표,저층의 수질성분을 평균을 표에 요약하였다. 용존산소의 경우 두 가두리 양식장 모두 표층과 저층의 차이가 크지 않았고, 화학적 산소 요구량은 두 가두리 모두 표층이 저층보다 높아 화학적 산소 요구량의 주 원인물질인 유기물의 함량이 저층보다 표층에 많이 존재함을 나타낸다. 용존 무기질소 및 용존무기인은 두 양식장 모두 저층이 표층보다 높았는데, 이는 용존무기질소 및 용존무기인이 오염된 저질에서 용출 공급되는 것으로 보여진다.

표 3.12 site A 와 site B 의 수질 조사 결과

contents	level	site A	site B
Water Temp. °C	표층	18.22	17.71
	저층	16.72	16.68
Salinity	표층	32.78	32.66
	저층	33.06	33.03
DO (mg/L)	표층	7.31	7.53
	저층	7.24	7.69
COD (mg/L)	표층	1.42	1.36
	저층	1.15	1.27
DIN (mg/L)	표층	0.047	0.041
	저층	0.061	0.058
DIP (mg/L)	표층	0.021	0.019
	저층	0.023	0.023

바. 각종 수산 생물의 적정 사육 수온 및 폐사 온도

외해 수중 가두리 양식장에 사육될 각종 어종과 해당 어종의 최적 사육 수온, 그리고 폐사온도 등을 조사하여 다음의 표와 같이 정리하였다. 이는 차후 환경 데이터베이스 프로그램에도 입력되어 사용자가 해당 어종을 선택할 경우 적정 수온에 대한 정보를 알려주고 폐사 온도에 근접할 경우 즉시 사용자에게 알려주어 사고를 미연에 방지할 수 있도록 하였다.

표 3.13 각종 수산 생물의 적정 사육 수온 및 폐사 온도

어종	사육수온	사육최적수온	폐사온도
미꾸라지	20°C ~ 25°C	25°C 전후	30°C 이상
뱀장어	20°C ~ 30°C	25°C ~ 26°C	10°C 이하 동면
은어	15°C ~ 25°C	20°C ~ 25°C	
송어	12°C ~ 23°C	12°C ~ 18°C	8°C 이하, 27°C 이상
대게	3°C 이하 서식		
꽃게	7°C ~ 35°C	20°C ~ 25°C	15°C 이하 동면
참전복	15°C ~ 20°C		7°C 이하
까막 전복	18°C ~ 20°C		8°C ~ 10°C
소라			13°C 이하
우렁쟁이	5°C ~ 24°C		
반지락		23°C ~ 24°C	0°C 이하, 36°C 이상
큰이랑피조개		20°C ~ 25.6°C	
보리새우	20°C 이상	26°C 부근	5°C 이하, 30°C 이상
대하	18°C ~ 30°C	20°C ~ 25°C	6°C 이하, 34°C 이상
블락		15°C 이상	
농어	10°C ~ 28°C	14°C ~ 22°C	
방어	18°C ~ 27°C	22°C ~ 26°C	7°C 이하, 31°C 이상
자주복	15°C ~ 25°C	20°C ~ 25°C	3~6°C 이하, 28°C 이상
전어	14°C ~ 22°C		
송어	20°C ~ 27°C	22°C ~ 26°C	1.2°C 이하, 29.8°C 이상
넙치	15°C ~ 26°C	21°C ~ 24°C	10°C 이하, 27°C 이상
감성돔	15°C ~ 30°C	20°C ~ 28°C	30°C 이상
참돔	13°C ~ 28°C	20°C ~ 28°C	7°C 이하, 30°C 이상
돌돔	10°C ~ 25°C	18°C ~ 26°C	5~7°C, 33°C 이상
조피 블락	12°C ~ 20°C	15°C ~ 20°C	7°C 이하, 30°C 이상

2. 가두리 양식장 환경 감시 및 관리 시스템 H/W 설계 및 제작

가. 이온 전극 관리 모듈

이온 전극을 사용하여 해수에 포함된 환경인자의 농도를 자동으로 측정하기 위해서는 전극의 보정, 세척, 보관 등에 관련된 일련의 과정들이 반드시 필요하다. 기존의 portable 계측 장비는 매번 측정할 때 마다 사용자가 일일이 보정을 해주어야 하며, 고가의 자동화된 장비를 사용하는 경우에는 현장에서 직접 측정할 수 없고 실험 용액을 채취하여 실험실 등으로 이동하여야만 측정이 가능하였다. 본 연구개발과제에서는 해상 가두리 양식장의 환경 인자를 자동으로 측정하기 위해 다수의 정량펌프와 솔레노이드 밸브, 스테핑 모터, DC 기어 모터 등을 이용하여 용기 및 Electrode 의 세척, 보관 등의 기본적인 관리 기능을 수행할 수 있는 자동화 시스템을 개발하였다.

DO electrode 의 경우 실제 외해 수중 가두리 양식장에 센서가 부착되는 형태이므로 별도의 관리 장치가 필요하지 않지만 pH electrode 와 NH_4^+ electrode 의 경우 다음의 그림에 나타나듯이 이온 전극 관리 시스템과 같은 장치가 필요하다. 그림에는 pH 혹은 NH_4^+ 하나의 이온 전극만을 관리하는 형태로 나타나져 있으며 실제로는 동일한 시스템이 두개가 장착되어 있는 형태이다.

각각의 정량펌프는 ISA 용액, 증류수, 둘 혹은 셋의 Standard 용액, 실험 용액을 각각 측정용기로 일정량을 이송하는 역할을 하며 교반기는 용액을 일정한 속도로 섞어주는 기능을 하고 솔레노이드 밸브는 측정용기에 용액을 유지시키거나 배출시키는 역할을 한다. 이온 전극은 측정 시에는 측정용기로 옮겨져 측정 인자의 농도를 측정하고 측정하지 않을 때에는 보관용기로 옮겨져 보관하게 된다. 각각의 부분은 전기적 노이즈 및 동작의 정확성, 수명 등을 고려하여 무접점 소자를 이용하였으며 ON/OFF 혹은 PWM 기법을 적용하여 적절한 동작을 하도록 구현하였다.

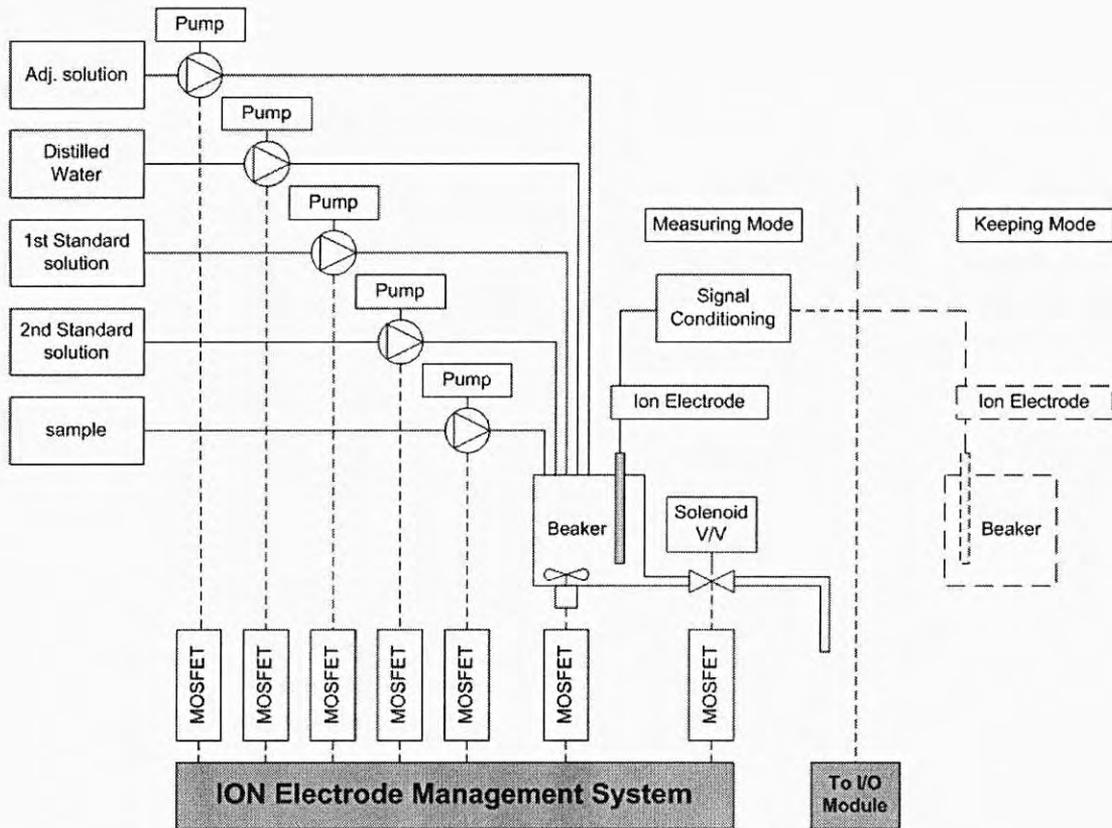


그림 3.40 이온 전극 관리 시스템 개념도

그림과 같은 시스템을 설계함에 있어 필수적으로 고려해야 하는 사항들을 다음과 같이 정리할 수 있다.

- 해상 환경에 설치되어 운용되므로 시스템 운전시의 소비 전력이 적어야 함.
- 가급적 제작 및 설치비용이 적어야 함.
- 해상 환경에 대한 내구성이 강해야 함.
- 시스템의 유지 및 보수가 간편해야 함.
- 시스템 운전의 신뢰성이 보장되어야 함.

위의 다섯 가지 사항을 중점적으로 고려하여 측정용기 및 보관용기, 이송용 펌프, 이온 전극 이동용 장치, 기타 등으로 구분하여 설계하고 다음과 같이 제작하였다. 또한 제작된 시스템이 차후 태양광 발전 시스템이나 파력 발전 시스템과 같은 대체 에너지 전원 체계와의 연동이 용이하도록 전원 규격을 DC 12V 로 설정하였다.

제작된 시제품은 1차 시제품과 2차 시제품, 최종 시제품으로 나뉘어져 있으며, 1차 시

제품은 pH 와 NH_4^+ 이온 전극을 이용하여 측정하는 방법을 중점적으로 실험 하였으며, 2차 시제품은 실제 필드에 적용되는 부분을 중점적으로 고려하여 제작하였다. 최종 시제품은 실제 해상의 부이에 설치되어 실험한 상용화 버전의 제품이다.

1) 이온 전극 이동용 장치

외해 수중 가두리 양식장에서 환경인자의 농도 측정은 연속적으로 이루어지는 것이 아니라 일정 시간마다 주기적으로 이루어지며 이온 전극을 사용하지 않을 때에는 보관용 시약을 담은 용기에 저장하는 것이 좋다. 이러한 동작을 수행하기 위한 방법으로 다음과 같은 두 가지 경우를 생각해 볼 수 있다.

- 이온 전극을 하나의 용기에 고정된 상태에서 용기내의 용액을 측정할 때와 보관할 때를 구분하여 투입하는 방법
- 이온 전극을 측정할 때와 보관할 때에 서로 다른 두 용기에 집어넣어 측정하거나 보관하는 방법

먼저 첫 번째 방법은 이온 전극이 이동할 필요가 없다는 장점이 있으나, 하나의 용기만을 가지고 있으므로 전극을 보관할 때 필요한 보관용 시약이 매번 투입되어야 한다는 단점이 있다. 하나의 용기에 서로 다른 용액을 투입하기 위해서는 특정 용액 투입 전에 증류수를 이용한 세척 과정을 거쳐야 하는데 매번 용액이 투입되는 동작이 반복되면 그만큼 증류수의 소비량은 물론 보관용액의 소비량도 많아지게 된다. 이를 위해서는 증류수 및 보관용액을 저장해 두는 장치의 부피가 커지는 단점을 야기하게 된다. 두 번째 방법은 측정할 때와 보관할 때 서로 다른 용기를 사용함으로써 첫 번째 방법의 단점인 부피증대의 문제를 해결할 수 있으며, 이온 전극 하나의 무게가 약 300mg 정도로 가볍기 때문에 전극을 이동하는데 큰 문제가 되지 않는다. 다만 전극을 이동하기 위한 약간의 장치가 추가가 필요하게 된다. 외해 수중 가두리 양식장의 환경과 총 소비전력, 시제품의 부피 등을 고려할 때 두 번째 방법을 이용하는 것이 더 효율적이라고 판단하였으며 이를 구현하기 위해서 다음의 그림과 같은 장치를 구상하고 검토하였다.

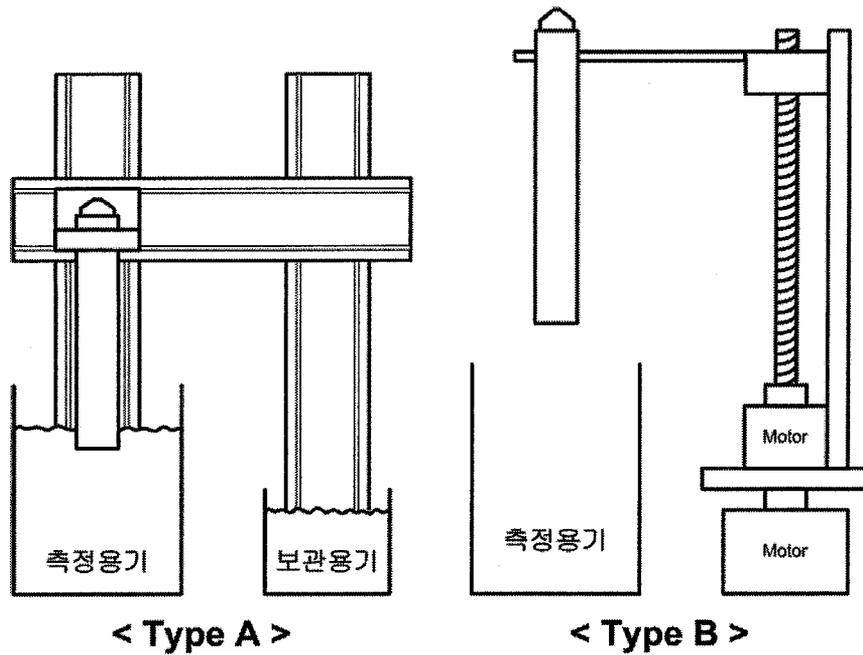
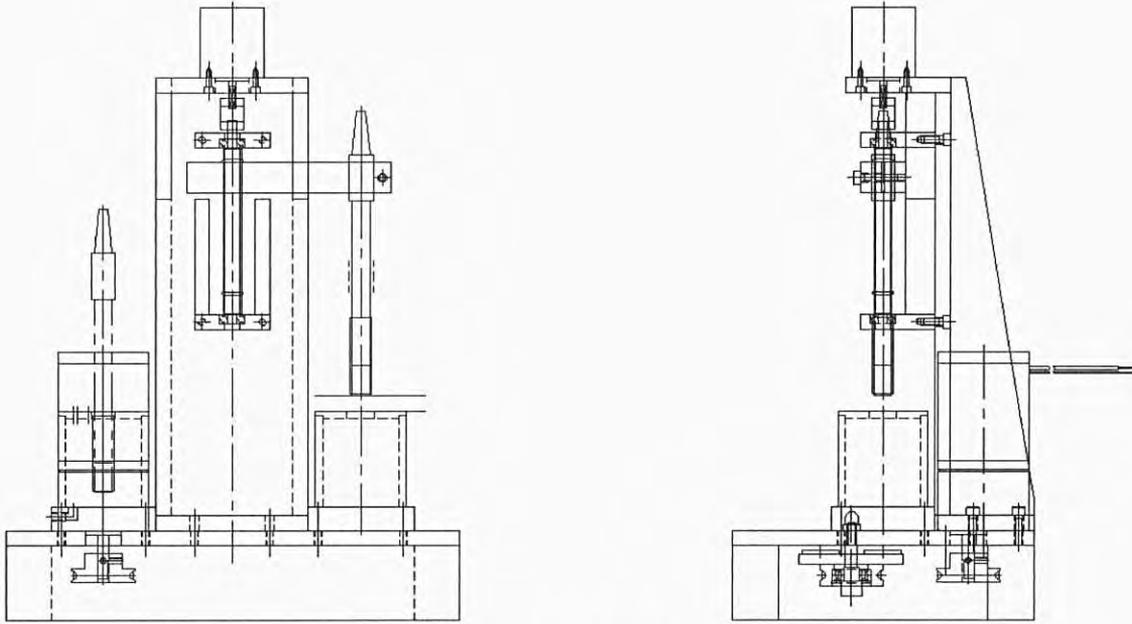
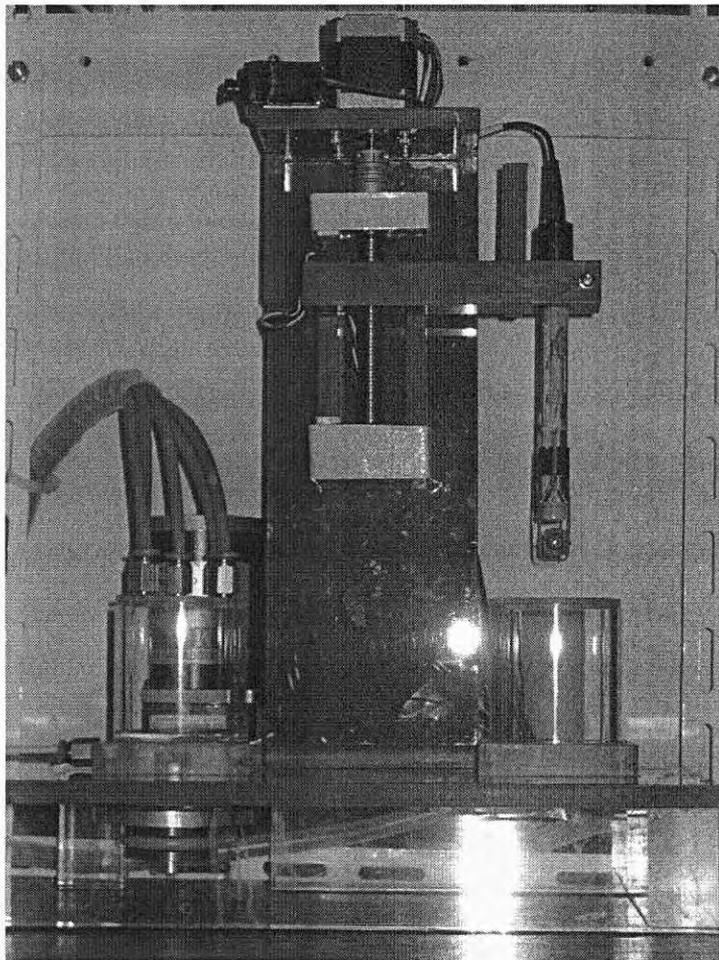


그림 3.41 이온 전극 이동용 장치 구상도

Type A와 Type B 모두 공장자동화 등의 산업현장에 널리 사용되어 있는 X차 구조의 산업용 로봇에 많이 보이는 형태이며, 일반적으로 Type A가 Type B보다 정밀한 동작을 한다고 알려져 있다. Type A의 경우 리니어부시, 볼나사 등을 이용하여 규격화된 제품들이 많이 있으며 반복운동시의 정확도나 내구성, 시스템 구성의 편의성 등은 우수하지만 제품의 단가가 매우 높으며, 본 기술 개발에서 요구하는 수준의 비교적 적은 부피로는 제작이 어려운 실정이다. 반면 Type B와 같은 경우 시스템 구성이 복잡하지 않아 직접 설계 및 제작이 가능하고 작은 부피로 설계할 수 있으므로 Type B와 같은 형태로 동작하는 이온 전극 이동용 장치를 설계·제작하였다. 먼저 이동용 장치의 동력원으로는 스테핑모터를 이용하여 정밀한 제어가 가능하도록 하였으며 수직 이동용 나사와 이온 전극과 나사를 연결하는 지지대와 지지대의 운동 방향을 정해주는 가이드, 그리고 나사를 통해 움직이는 지지대의 위치를 파악할 수 있도록 하기 위한 접점 스위치 등으로 구성하였다. 스테핑모터와 연결된 나사가 한쪽방향으로 계속 회전하면 나사와 연결된 지지대도 같이 회전하려 하지만 가이드와 맞닿아 있으면 회전하지 못하고 상·하 운동을 하게 된다. 그러나 일정 높이가 되어 가이드가 없는 부분에서는 좌·우로 회전하게 되므로 보관용기와 측정용기 사이를 이동 가능한 구조가 된다. 나사의 피치는 3mm로 하였으며 나사의 양쪽 부분에 접점 스위치를 부착하여 지지대가 정해진 위치에서 이탈하는 일이 발생하지 않도록 하였다. 다음의 그림에 제작된 이온 전극 이동용 장치의 도면과 사진을 나타내었다.

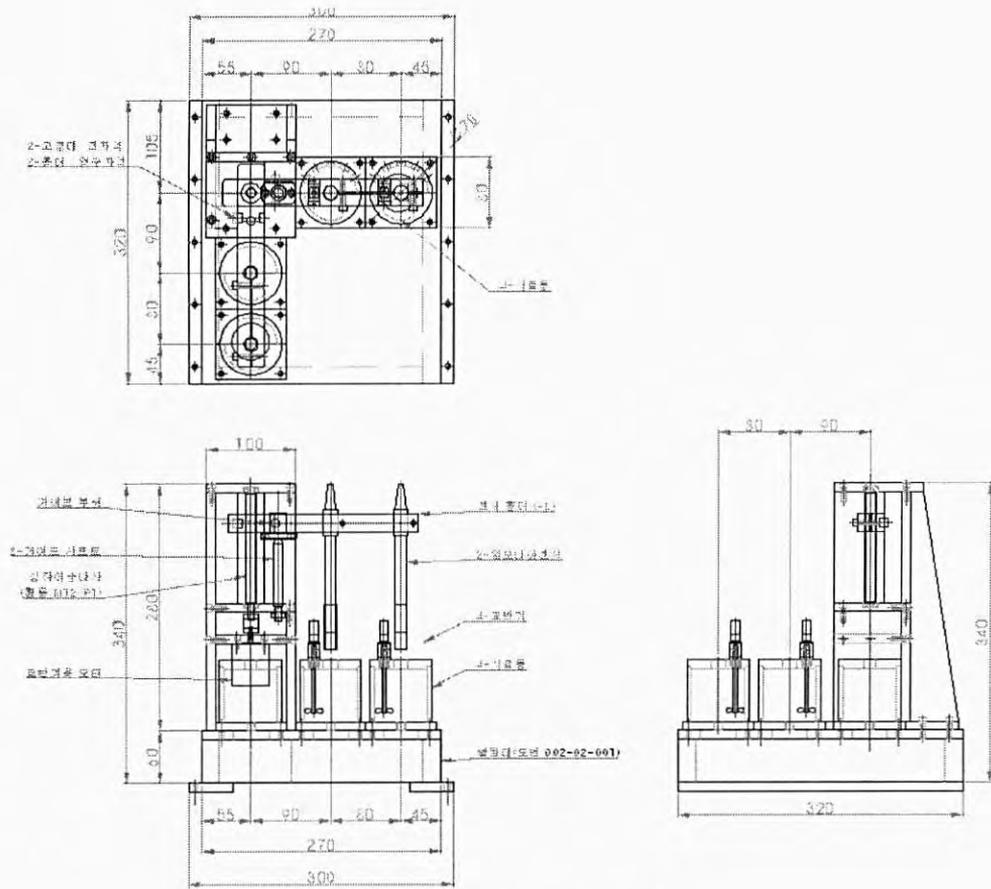


(a) 1차 시제품 설계도면

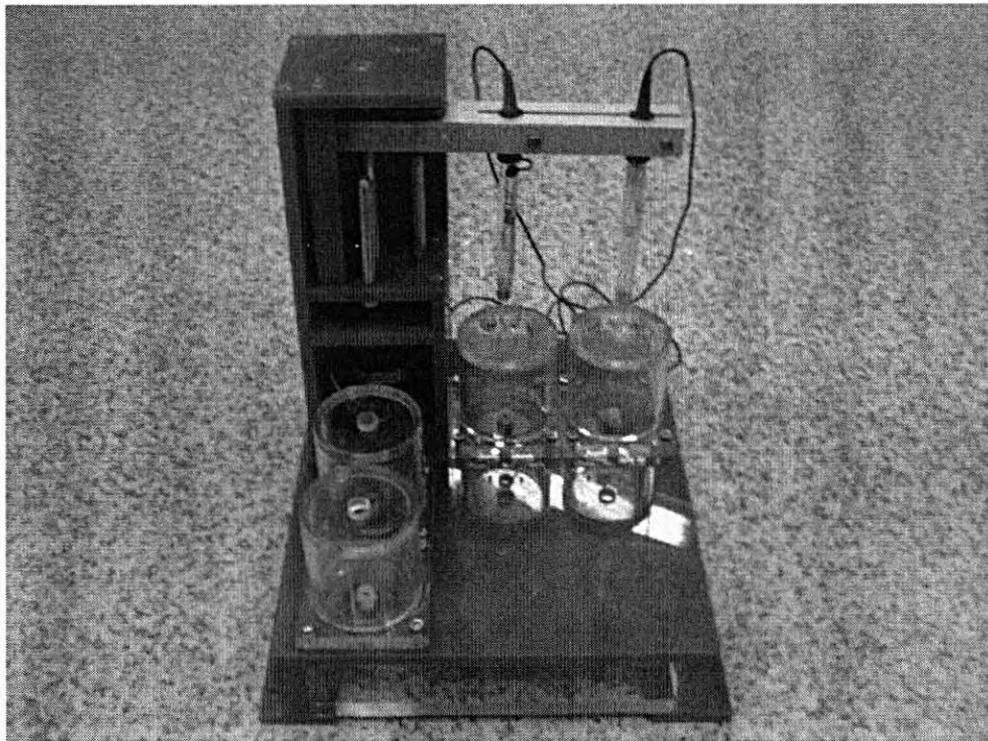


(b) 1차 시제품 설치 사진

그림 3.42 1차 시제품의 이온 전극 이동용 장치

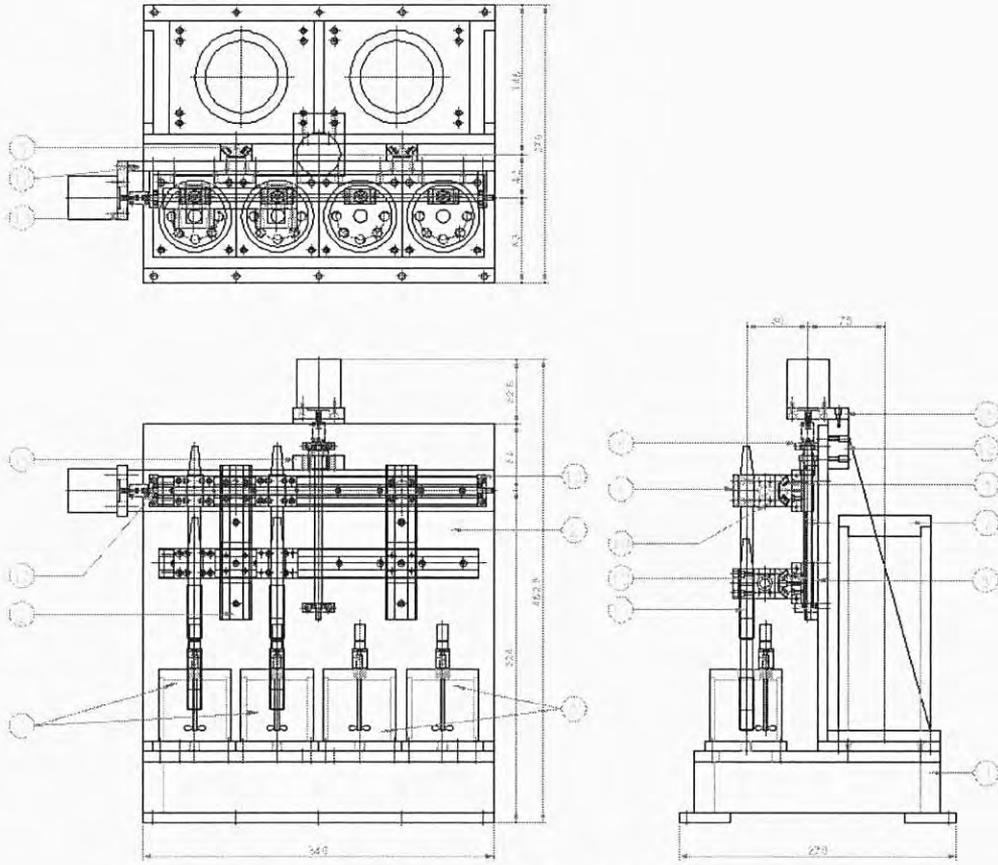


(a) 시제품의 설계도면

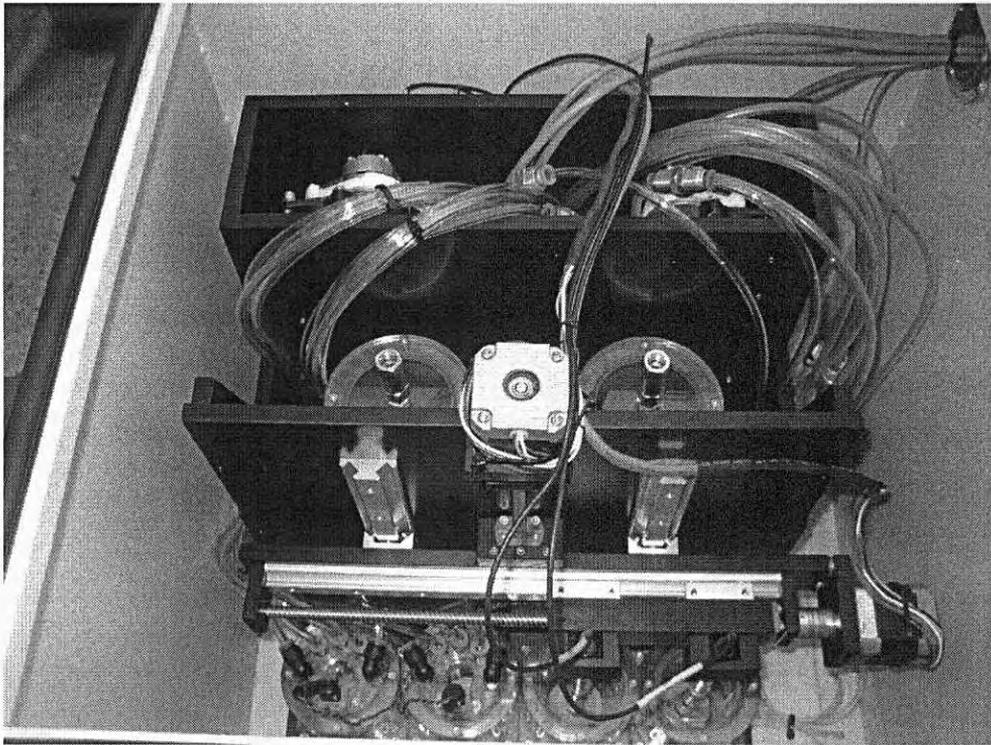


(b) 2차 시제품의 실제 사진

그림 3.43 2차 시제품의 이온 전극 이동용 장치



(a) 최종 시제품의 설계도면



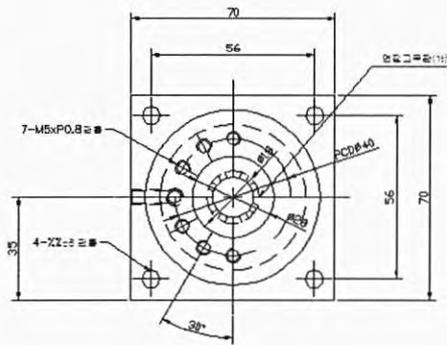
(b) 최종 시제품 실제 사진

그림 3.44 최종 시제품의 이온 전극 이동용 장치

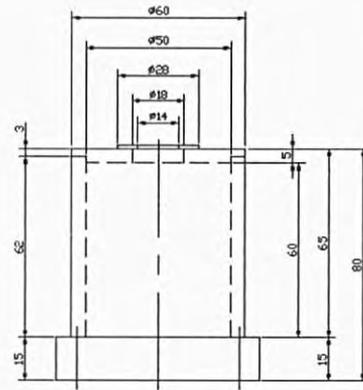
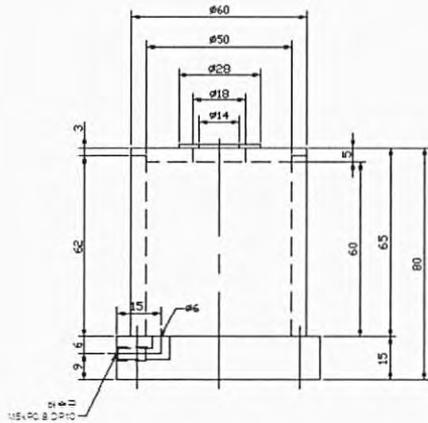
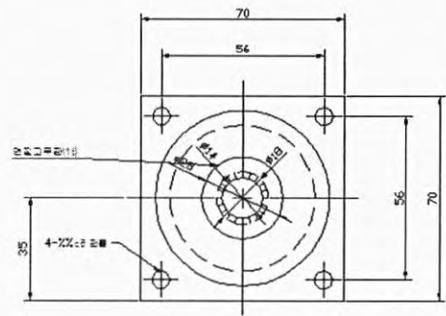
2) 측정용기 및 보관용기

외해 수중 가두리 양식장의 환경인자 농도를 측정하기 위해서는 가두리 양식장의 해수를 측정용기로 채취하여야 하고 이온 전극을 안전하게 보관하기 위해서는 보관용 시약이 담겨있는 보관용기에 보관하여야 한다. 농도 측정을 위해서 일반적으로 약 100ml의 실험용액을 기준으로 삼고 있으나 이온 전극의 특성상 일정 농도(0.002 ppm) 이상일 경우 용액의 양에 100ml 보다 적더라도 충분히 농도를 측정할 수 있다. 설계된 측정용기 및 보관용기는 약 170ml의 부피를 가지며 실제로 용액이 투입되는 양은 약 50~60ml로 설계하였다. 해상 가두리 양식장의 직접 설치되어 운영되는 장치이므로 진동 및 부식 등의 영향을 받지 않아야 하며, 시약 등에 화학반응이 일어나지 않도록 하기위해서 아크릴 재질을 사용하여 제작하였다. 다음의 그림에 설계된 측정용기 및 보관용기의 설계도면과 실제 사진을 나타내었다.

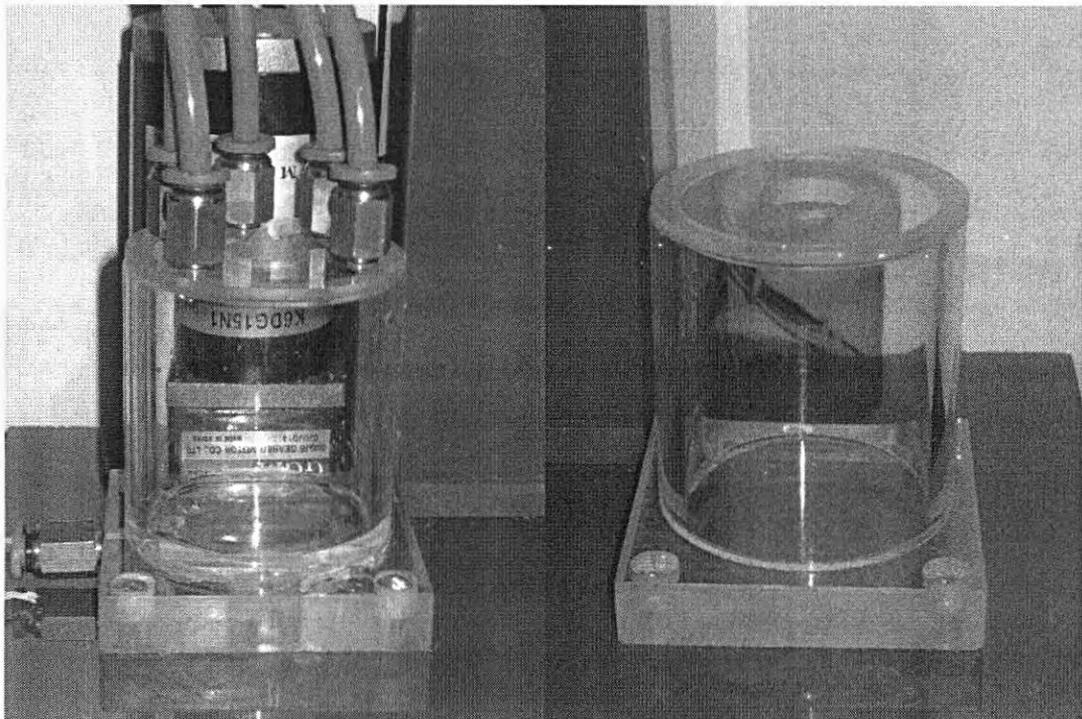
시료통



시약통

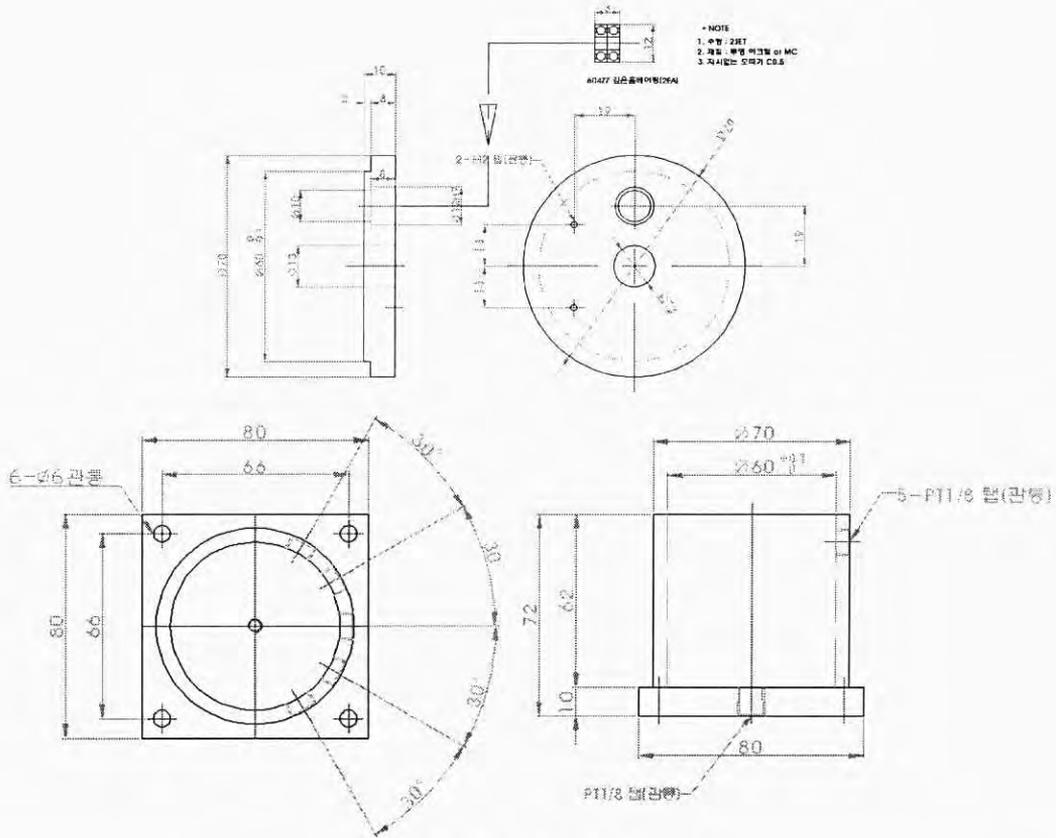


(a) 1차 시제품 설계도면

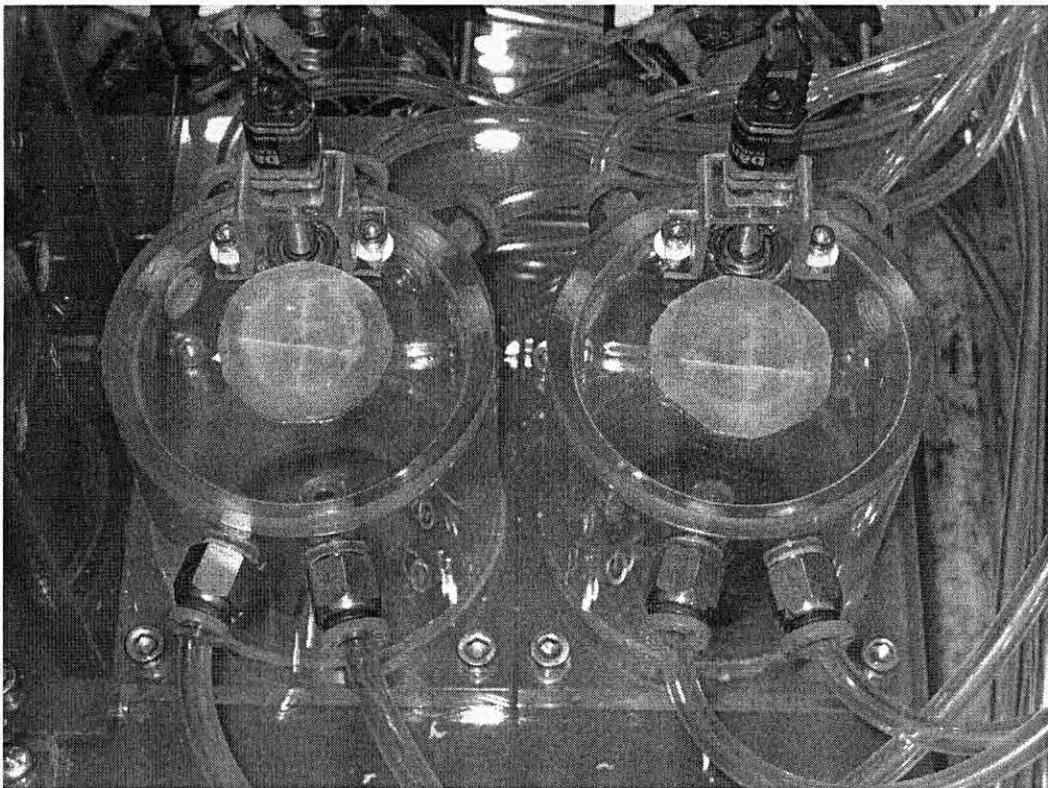


(b) 2차 시제품 실제 사진

그림 3.45 1차 보관 용기 및 측정 용기의 시제품

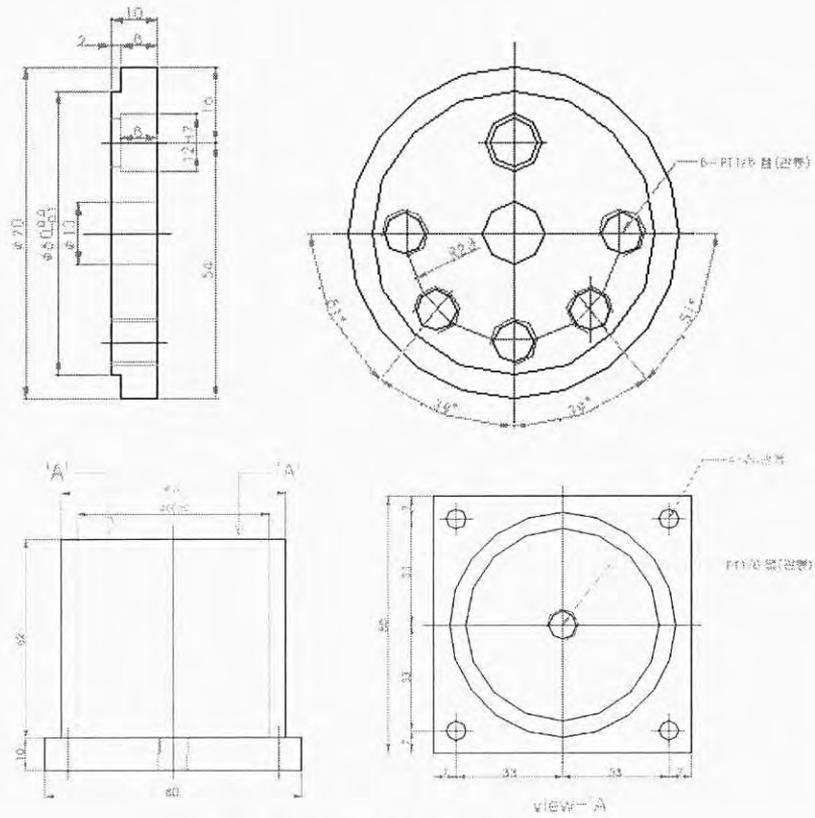


(a) 2차 시제품 제작도면

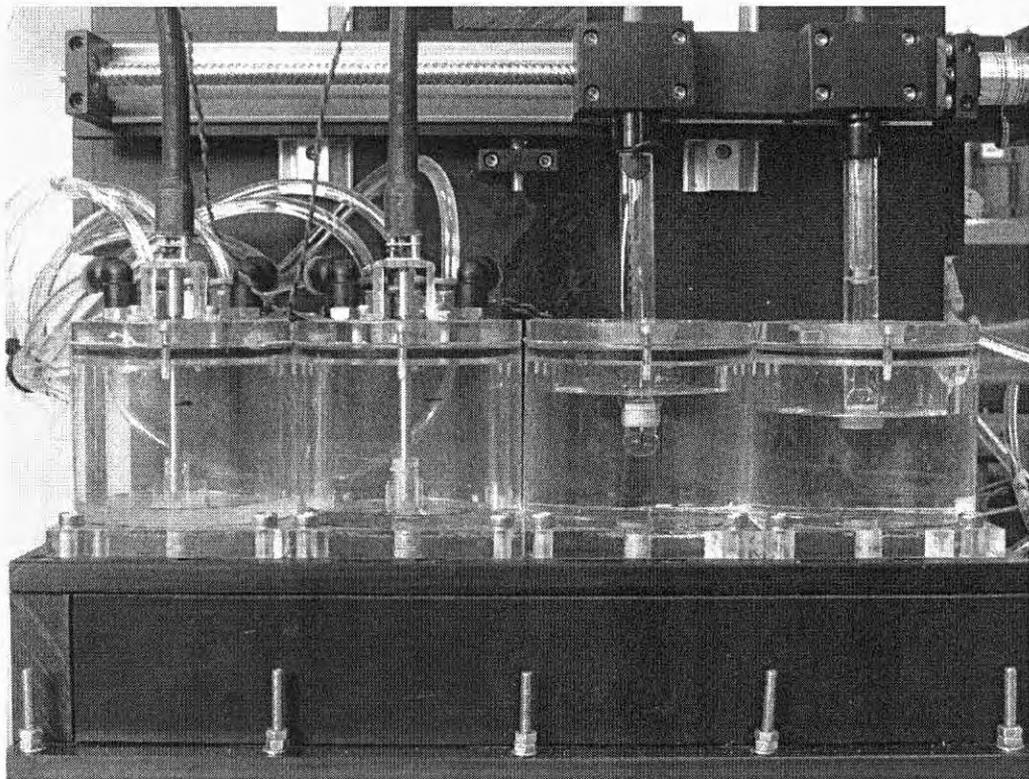


(b) 2차 시제품의 실제 사진

그림 3.46 2차 보관용기 및 측정용기 시제품



(a) 최종 시제품 제작도면



(b) 최종 시제품 실제 사진

그림 3.47 최종 시제품의 보관용기 및 측정용기

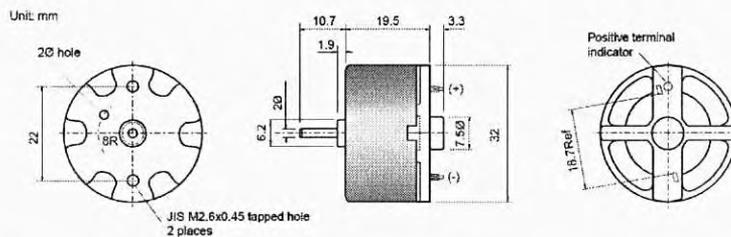
3) 이송용 정량 펌프

측정용기로 용액을 이송하는데 사용된 펌프는 측정용기에 50~60ml 혹은 2~3ml 등과 같이 특정용액을 일정량만큼 이송하여야 한다(이온 전극의 보정을 위해서는 정확한 양의 이송이 필수). 일반적인 펌프를 사용할 경우, 토출량이 커서 일정량을 이송하는데 어려움이 많은 반면 정량펌프의 경우 일정한 양을 토출할 수 있으므로 본 시스템에는 정량펌프가 적합하다고 판단하였다. 정량펌프의 종류는 다음의 표와 같이 조사한 상태에서 선정하였다. 펌프의 중량 및 단가를 비교해 보았을 때 D 타입이 가장 적합한 것으로 판단하여 이를 사용하였다. 또한 사용된 정량 펌프는 정격전압에서 60rpm, 토출량 60ml/min 을 가지므로(즉, 1ml/sec) 모터의 ON/OFF 시간을 제어함으로써 정확한 양의 용액을 투입할 수 있다. 다음의 그림은 각 시제품에 정량펌프가 설치된 사진이다.

표 3.14 이송용 펌프의 종류 및 비교

종류	크기 (W×H×D)(mm)	정격전압 (V)	소비전력 (W)	토출량 (ml/min)	중량 (kg)	비고
A	75×78×92	DC 12	100	25	2.9	-
B	120×83×90	AC 220	410	70	4	-
C	72×87×84	AC 220	40	36	7	-
D	59×74×65	DC 12	7	60	0.2	채택

자료출처 : pumpix, Autoclude사 제품 카탈로그



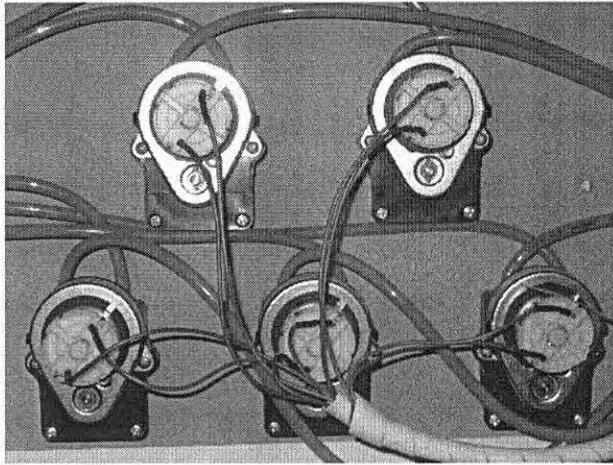
Model number	Volts V	Performance								Max Power W
		No Load		Maximum Efficiency			Stall			
		Speed rpm	Current A	Speed rpm	Current A	Torque mNm	Output W	Torque mNm	Current A	
D3218-12560	12	5300	0.025	4400	0.135	1.86	0.88	11.7	0.65	1.62
	6	2650	0.020	2140	0.070	1.14	0.23	5.9	0.33	0.41
	3	1320	0.016	850	0.051	1.05	0.09	2.9	0.16	0.10
	1.5	663	0.014	350	0.033	0.60	0.02	1.5	0.08	0.03

General specification

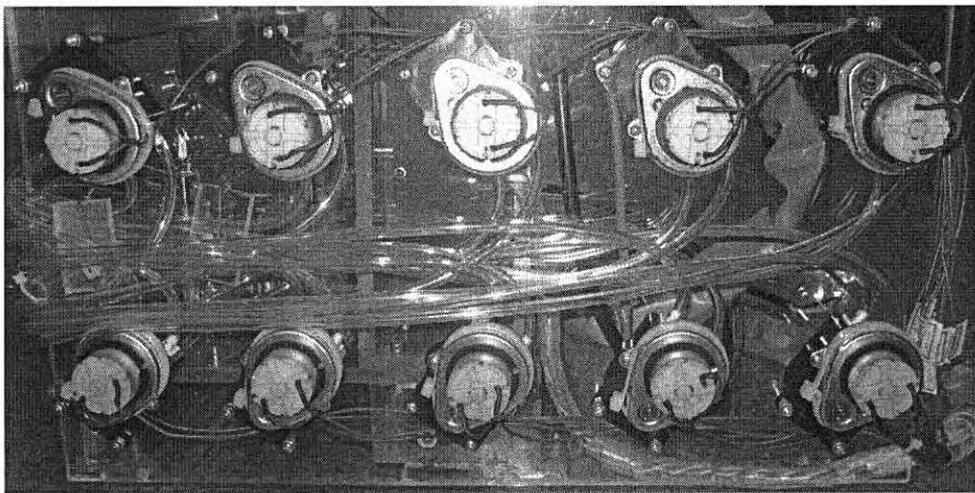
Bearings Sintered
 Brushes Precious metal
 Rotation Bi-directional
 Number of poles 3
 Operating voltage range 1.5V to 12V
 Nominal resistance 18.0Ω
 Nominal inductance 20.5mH
 Typical detent torque 2.0mNm
 Suppression Internal ring varistor
 Weight 48g

Motor options

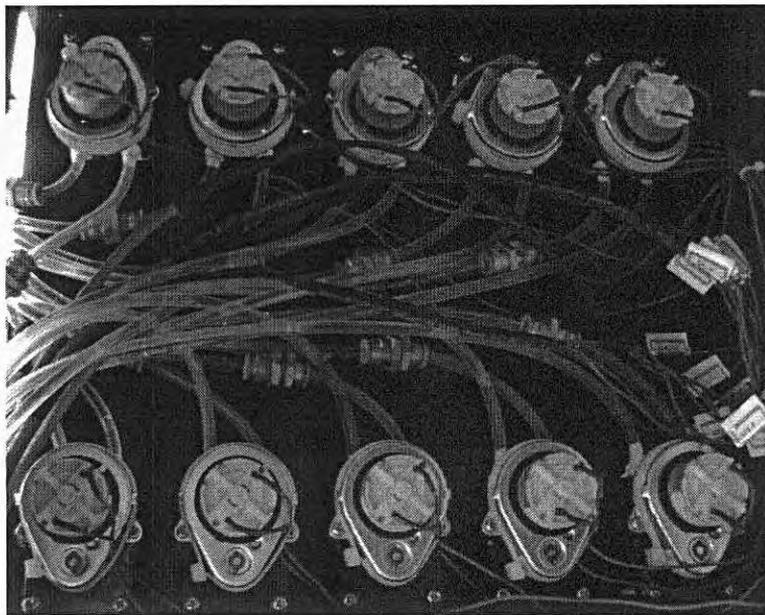
그림 3.48 정량 펌프의 구동용 모터 사양



(a) 1차 시제품에 설치된 정량펌프



(b) 2차 시제품에 설치된 정량펌프



(c) 최종 시제품에 설치된 정량펌프

그림 3.49 각 시제품별 정량펌프 설치 사진

보관용기에 보관된 용액을 측정용기로 이송하기 위한 각각의 정량 펌프는 MOSFET 소자를 이용하여 구동하며, 정확한 양을 투입하기 위해서 일정 시간 동안 동작하게 되어있다. 정량펌프의 토출량이 정확한지 알아보기 위하여 제작된 구동부로 30ml, 50ml, 100ml, 150ml, 200ml 씩 각각 10회씩 동작시켜 메스실린더로 토출용액의 부피를 측정하였다. 실험한 결과를 다음의 표에 나타내었다.

표 3.15 정량펌프 토출량 실험표

ml \ 횟수	횟수										평균
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
30ml	29	29	29	29	29	30	30	30	29	30	29.40
50ml	50	49	49	50	50	49	50	50	50	50	49.70
100ml	100	101	100	100	100	101	100	100	100	100	100.20
150ml	150	150	151	151	150	150	151	150	151	151	150.50
200ml	202	200	201	200	200	200	200	200	201	200	200.40

표에 나타나듯이 선정된 정량펌프와 제작된 구동부를 이용하여 정해진 량을 토출하는데 있어 큰 문제점이 없는 것을 알 수 있다. 30ml 의 경우 평균 2%, 50ml 의 경우 1.2%, 100ml 의 경우 0.2%, 150ml 의 경우 0.3%, 200ml 의 경우 0.2% 정도의 평균 오차율을 나타내었다. 비교적 적은 양을 토출하는 경우 오차율이 크긴 하지만 이정도 오차는 이온 전극을 이용하여 환경 데이터를 수집하는데 있어 문제가 되지 않는 범위이다.

4) 용액 배출용 솔레노이드 밸브

측정용기에 투입된 용액은 농도의 측정이나 보정이 끝나면 사용한 용액을 배출하고 측정용기를 증류수로 세척하는 과정이 필요하며 이러한 동작을 수행하기 위해서는 용액의 배출을 담당하는 부분이 설계되어야 한다. 용액 배출부는 측정용기의 배출관에서부터 용액을 외부로 이송시키는 부분으로 원하는 시간에 열림과 닫힘의 동작과 같은 기능을 수행하여야 한다. 용액 배출부를 설계함에 있어 측정용기의 배출관에 펌프를 부착하여 사용된 용액을 분출하는 형식으로 제작하거나 밸브를 부착하는 방법이 고려되었다. 배출부에 부착 가능한 밸브 및 펌프들의 사양을 조사하여 다음의 표에 나타내었다.

표 3.16 배출부 부착용 밸브/펌프 사양 비교

종류	크기 (W×H×D)(mm)	정격전압 (V)	소비전력 (W)	재질/용량	비고
밸브 A	35.5×63×40	DC 12	7	황동, Normal Close	채택
밸브 B	31×64×38.5	DC 12	8	스테인레스, Normal Close	-
밸브 C	32×70×40	AC 220	5	스테인레스, Normal Close	-
펌프 A	59×74×65	DC 12	7	60ml/min	-
펌프 B	82×120×80	DC 12	20	4 l /min	-
펌프 C	85×150×120	AC 220	40	7 l /min	-

자료출처 : KORCON, 파카밸브, 피엔지, 펌픽스 제품 카탈로그

배출용으로 사용될 밸브는 상시 닫힘의 상태(Normal Close)로 있으므로 측정용기로부터 용액을 배출하고자 할 때에만 밸브에 전원을 공급하여 밸브를 열면 용액이 배출된다. 펌프의 경우에는 펌프의 유입측이 항상 유체에 잠겨있는 상태가 아니므로 펌프종류 선정 시 유의하여야 한다(용액이 배출되고 난 후에는 유입측이 공기와 맞닿아 다음번 배출 시에 펌프가 헛도는 경우가 발생하기 때문). 일반적으로 펌프를 사용하면 배출시간이 짧으나 전력소모가 상대적으로 크고 펌프가 헛도는 경우가 발생하기도 한다. 반면, 밸브를 사용하는 경우에는 시스템 구성 단가가 적어지는 효과를 가질 수 있으며 소비전력도 적으나 용액이 배출되는데에 시간이 조금 소모된다. 조사된 밸브와 펌프를 각각 사용하여 용액의 배출을 시험해본 결과, 같은 용기형상에서의 미 배출량은 거의 동일하나 배출 시간에서 많은 차이가 있었다. 그러나 본 연구개발과제의 시스템구성상 배출시간은 크게 문제

시 되지 않으므로 밸브를 사용하여 배출 부분을 구성하는 것이 유리하다고 판단하였다. 다음의 표에 용액 100ml를 밸브 및 펌프로 토출하는 경우 소모되는 시간(sec)을 나타내었다.

표 3.17 배출 시간 비교표

종류 \ 횟수	횟수										평균
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
밸브 A	17	20	21	20	18	21	18	19	18	18	19
펌프 A	108	106	108	110	105	106	107	105	106	108	106.9
펌프 B	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

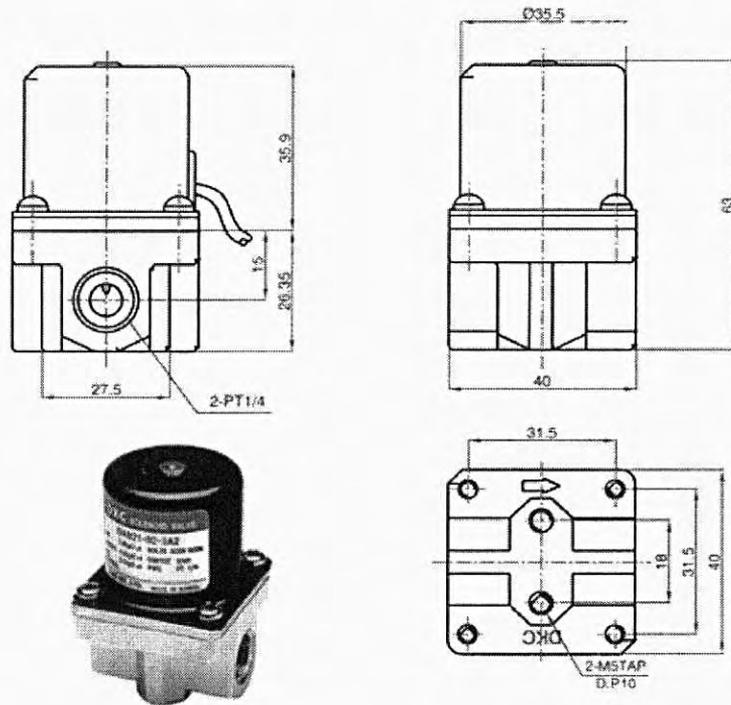
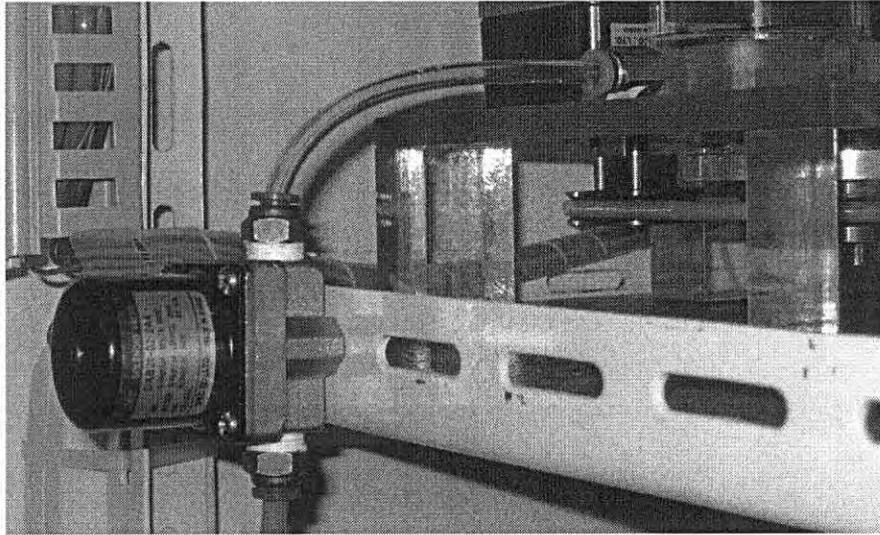
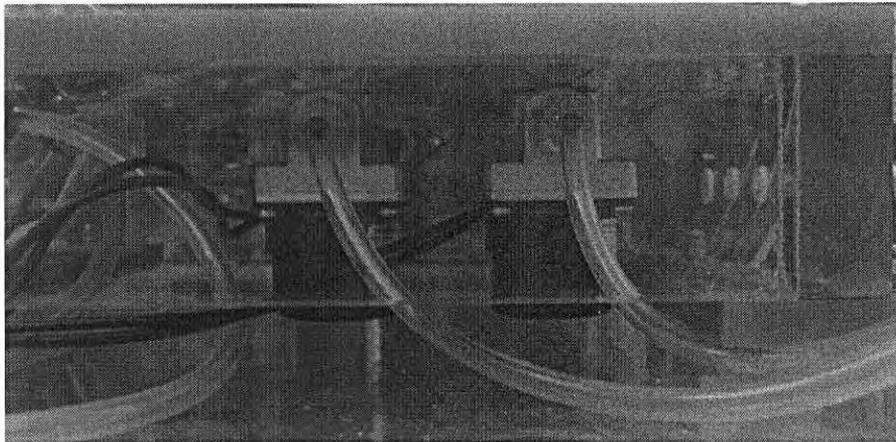


그림 3.50 DC 솔레노이드 밸브의 사진 및 외형도

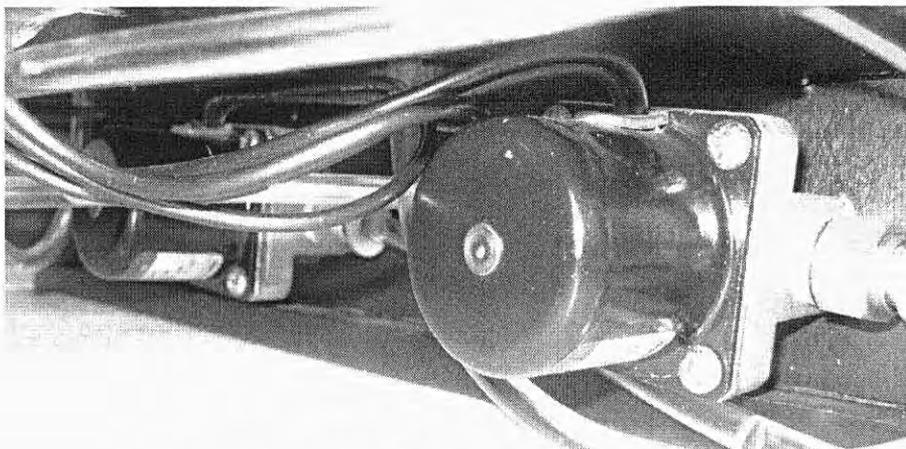
다음의 그림들은 선정된 DC 솔레노이드 밸브가 각 시제품 별로 설치된 사진이다.



(a) 1차 시제품에 설치된 솔레노이드 밸브



(b) 2차 시제품에 설치된 솔레노이드 밸브



(c) 최종 시제품에 설치된 솔레노이드 밸브
그림 3.51 각 시제품에 설치된 솔레노이드 밸브

5) 용액교반용 DC 기어 모터

이온 전극으로 환경인자의 농도를 측정하는 중에는 항상 교반장치를 이용하여 용액을 교반해주어야 한다. 보다 정확한 측정을 위해서는 교반 장치는 항상 일정한 속도를 유지하여야 하며 교반자로 인한 용액의 온도상승이 유발되지 않아야 한다. 시중에 유통 중인 교반장치는 대부분 AC 100~240V, 10~20W 내외의 소비전력, 0~1500rpm의 특성을 가지는 제품이 대부분이라 해상 가두리 양식장용 시스템에 사용하기 적합하지 않았다.

그래서 1차 시제품에서는 DC 기어 모터와 PWM스위칭 기법을 이용하여 자석을 회전시켜 이온 전극 하부에 부착되어 있는 자석판이 이온 전극 하부에 부착된 교반자를 움직여 용액을 교반할 수 있도록 하는 장치를 설계하였다. 또한 일반적인 교반기는 N극과 S극이 각각 하나씩만 존재하는 형태로 되어있어 모터와 교반자가 1:1로 동작하나 설계된 교반 장치에는 교반용 자석의 N극과 S극이 N-S-N-S 순으로 배치하여 모터와 연결된 자석이 1회전 할 때 교반자는 2회전을 하도록 구성하였다. 이러한 구성은 모터의 회전수를 절감하는 효과를 가져오고 이를 통해 교반 장치의 구동전력을 대폭 감소시킬 수 있었다.

2차 및 최종 시제품에서는 모터에 용액 교반이 가능한 임펠러를 부착하여 측정용기 내에 장착하여 직접 용액을 교반시켜주는 장치를 설계하였다. 교반 장치에 사용 가능한 모터는 소형 DC 모터, DC 기어 모터, 스테핑 모터, 서보 모터 등 여러 종류가 있으나 소형 DC 모터는 대부분 높은 회전수를 가지는 것이 많아 교반시 용액의 온도가 상승하는 문제가 발생하였다. 스테핑 모터와 서보 모터는 구동 회로가 복잡해지거나 모터의 단가가 높았다. 반면에 DC 기어 모터는 대부분 적당한 토크와 회전수, 낮은 소비전력을 가지며 제품단가도 낮아 이를 선택하여 사용하였다.

여러 개의 DC 기어 모터를 비교한 결과 다음과 같은 표를 얻을 수 있었다. 1차 시제품에서는 표 3의 'A' 제품을 사용하여 구현하였으나, 2차 시제품에서는 보다 적은 부피와 소비전력이 적은 'E' 제품을 사용하여 구현하였다. 두 시제품의 교반용 모터를 사용하였을 때 용기 내 용액의 온도 변화에 대한 실험을 수행하여 비교해 보았으며, 실험방법은 각 용기에 증류수 100ml 씩을 넣은 다음 교반 장치로 10분간 저어준 후 용액의 온도를 측정하였다. 1차 시제품은 마그네틱 교반장치의 원리를 이용한 것이며, 2차 시제품 및 최종 시제품은 임펠러를 직접 용액에 담구어 교반시키는 구성으로 되어있다.

다음의 표에 나타나듯이 교반용 모터의 종류에 따라서 용액의 온도 차이는 크게 나지 않음을 알 수 있다. 0.2 °C 정도는 온도계의 측정오차 ± 0.1 °C 에 아주 근접한 수치이므로 오차범위를 감안하면 0.1 °C 정도의 온도변화밖에 없다고 할 수 있다. 두 교반용 모터

의 온도 변화는 크지 않으나 10분간 구동하였을 때의 전력 소모량은 A 모터 2.24Wh, B 모터 0.34Wh 로 약 7~8 배 정도의 차이가 있었다.

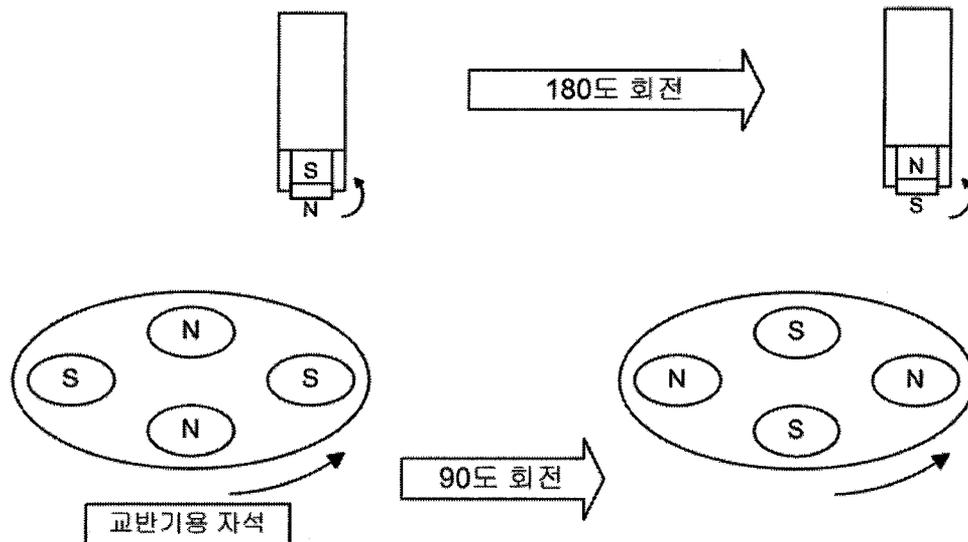
표 3.18 DC 기어 모터 비교표

종류	크기 (W×H)(mm)	회전수 (rpm)	감속 비율	정격 전압(V)	소비 전력(W)	토크 (kg/cm)	비고
A	40×77.6	4400	4:1	DC 12V	14.4	0.5	저속구간에서 토크 부족 현상이 나타남
B	54×144.9	3000	3:1	DC 12V	36	2.2	테스트 성능은 가장 좋으나 소비전력이 매우 큼
C	60×104	3200	3:1	DC 12V	6	0.5	저속구간에서 토크 부족 현상이 나타남
D	60×114	3300	3:1	DC 12V	10	0.9	저속구간에서 토크 부족 현상이 조금 나타남
E	70×119	3300	3:1	DC 12V	15	1.2	채택

표 3.19 교반 전후의 온도 비교

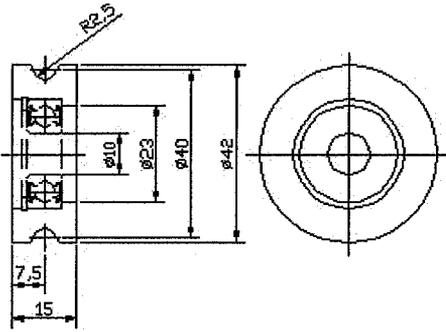
종류	회전수	1	2	3	4	5	평균 변화량
	A	교반전	24.4 °C	24.2 °C	25.0 °C	23.8 °C	
	교반후	24.6 °C	24.4 °C	25.2 °C	24.0 °C	23.2 °C	
E	교반전	24.2 °C	24.3 °C	25.1 °C	24.0 °C	23.1 °C	0.14 °C
	교반후	24.4 °C	24.4 °C	25.2 °C	24.2 °C	23.2 °C	

다음의 그림은 1차 시제품에 적용된 교반장치와 교반용 자석의 설계도면 및 사진이다.

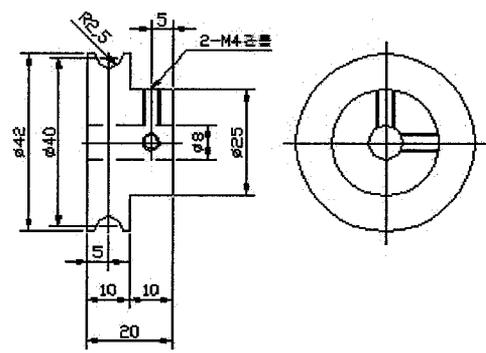


(a) 1차 시제품의 자석의 회전과 교반자의 회전

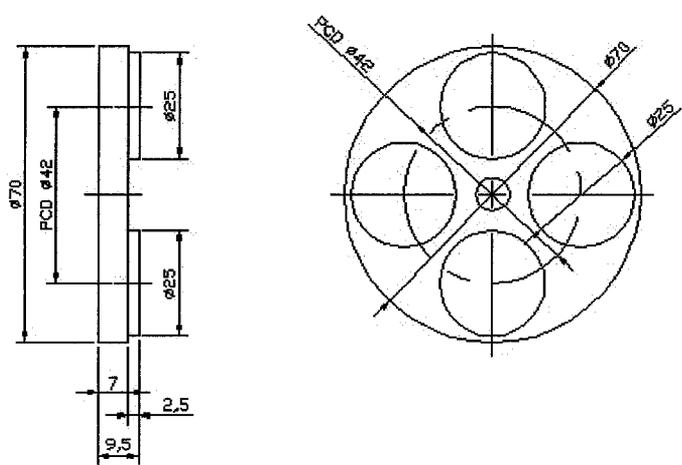
자석축 휠세트
(MBG40-2.5-P10)



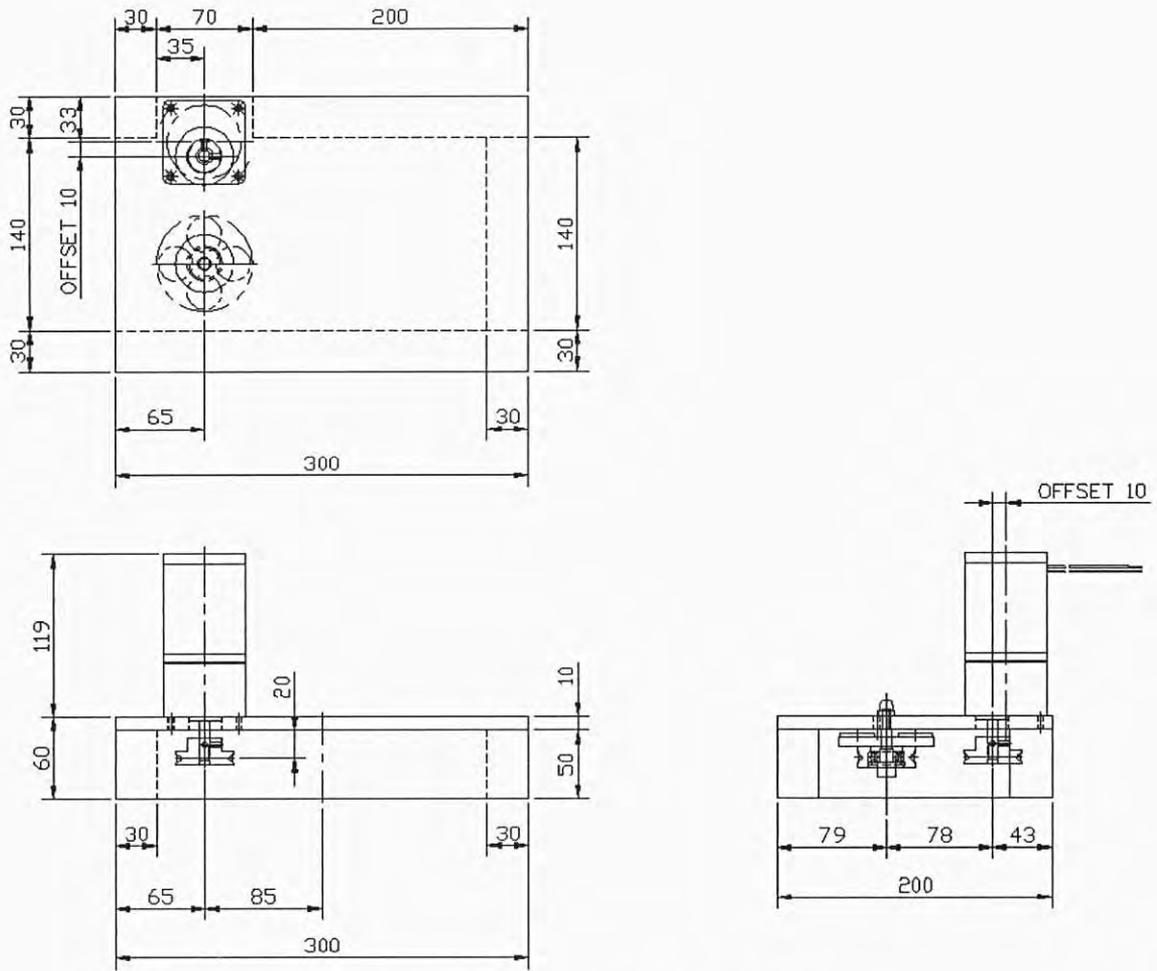
모터축 휠세트
(MBR 40-2.5-P8)



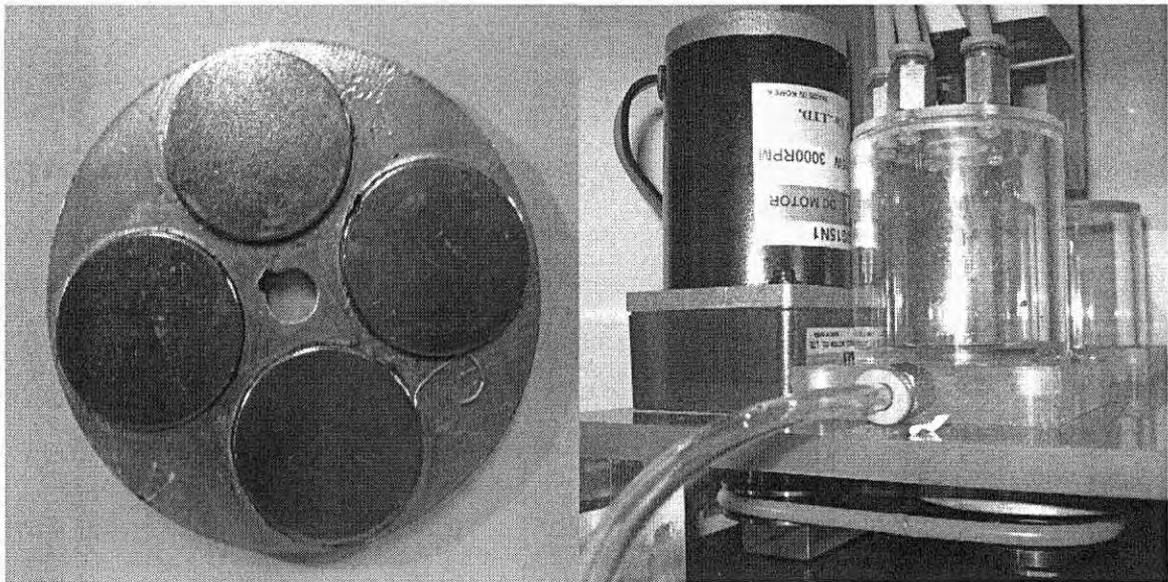
교반용 자석판



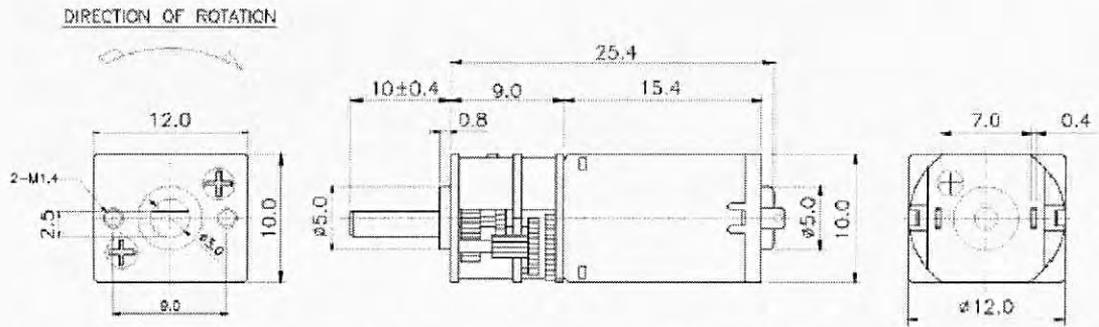
(b) 1차 시제품의 교반용 자석 설계도면



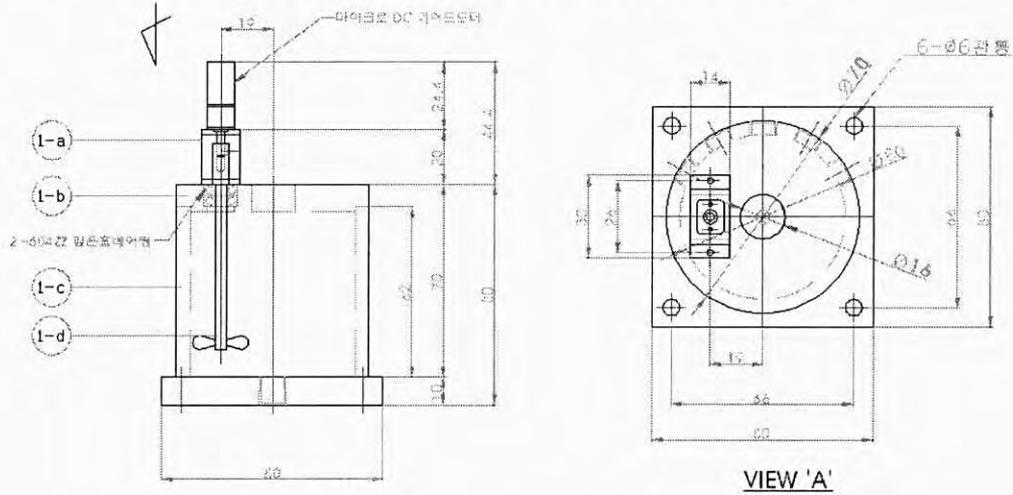
(c) 1차 시제품의 교반 장치 설계도면



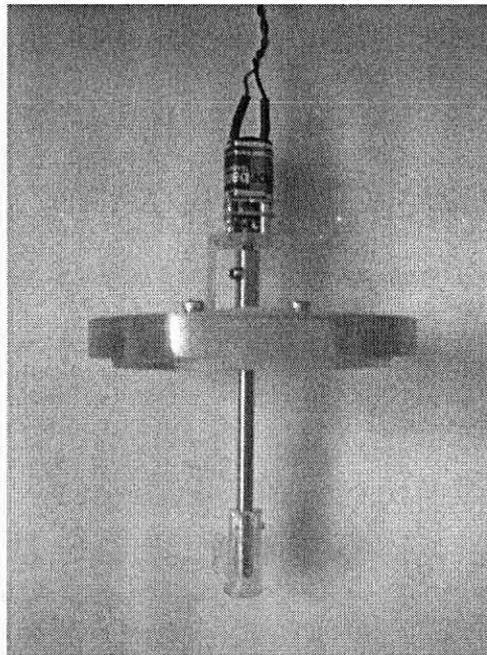
(d) 1차 시제품의 교반용 자석 및 교반장치 사진
그림 3.52 1차 시제품의 교반용 자석 및 교반장치



(a) 2차 및 최종 시제품의 교반용 모터 도면



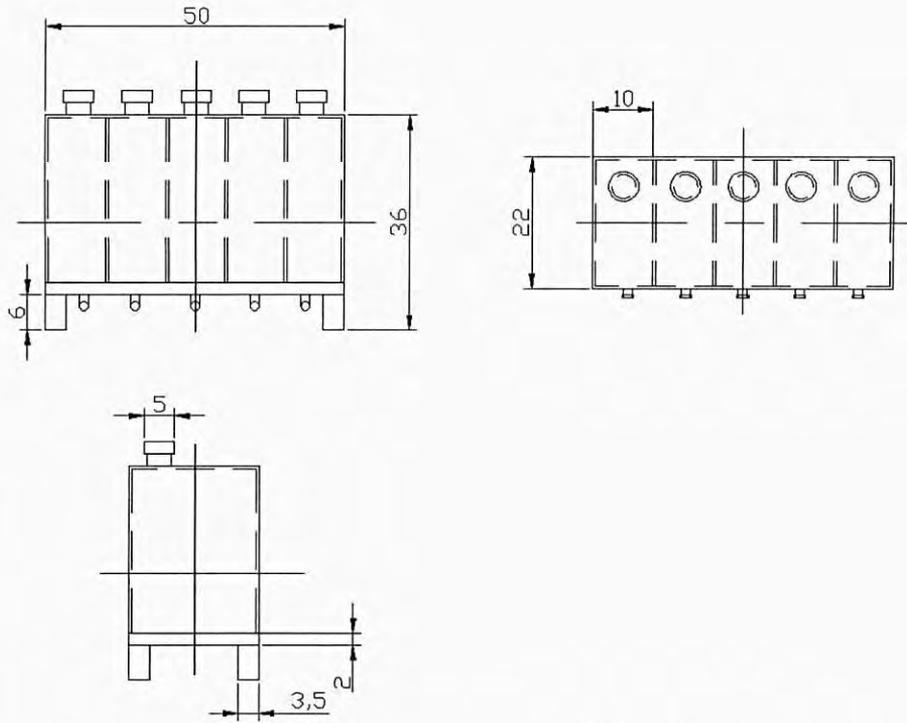
(b) 2차 및 최종 시제품의 교반장치 제작도면



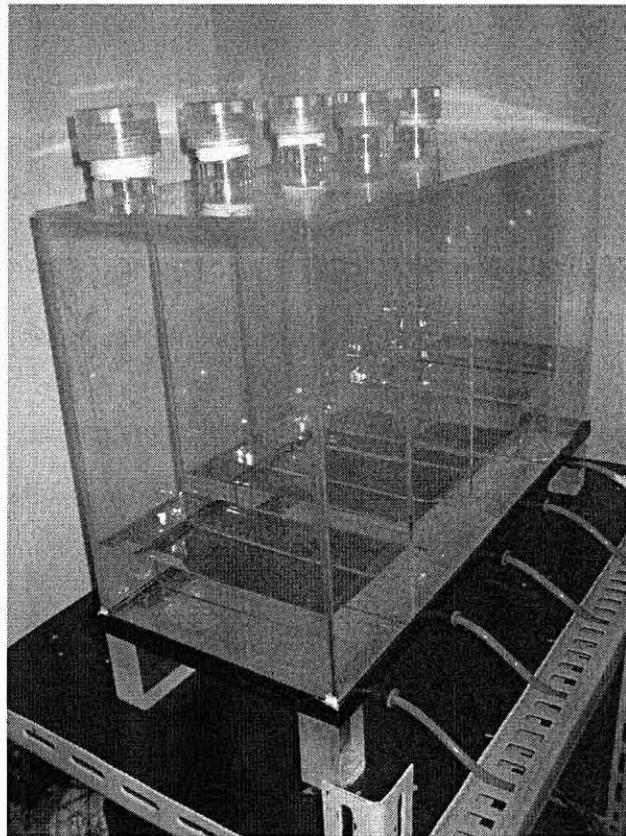
(c) 2차 및 최종 시제품의 교반장치 사진
그림 3.53 2차 및 최종 시제품의 교반장치

6) 시약 보관용 물통

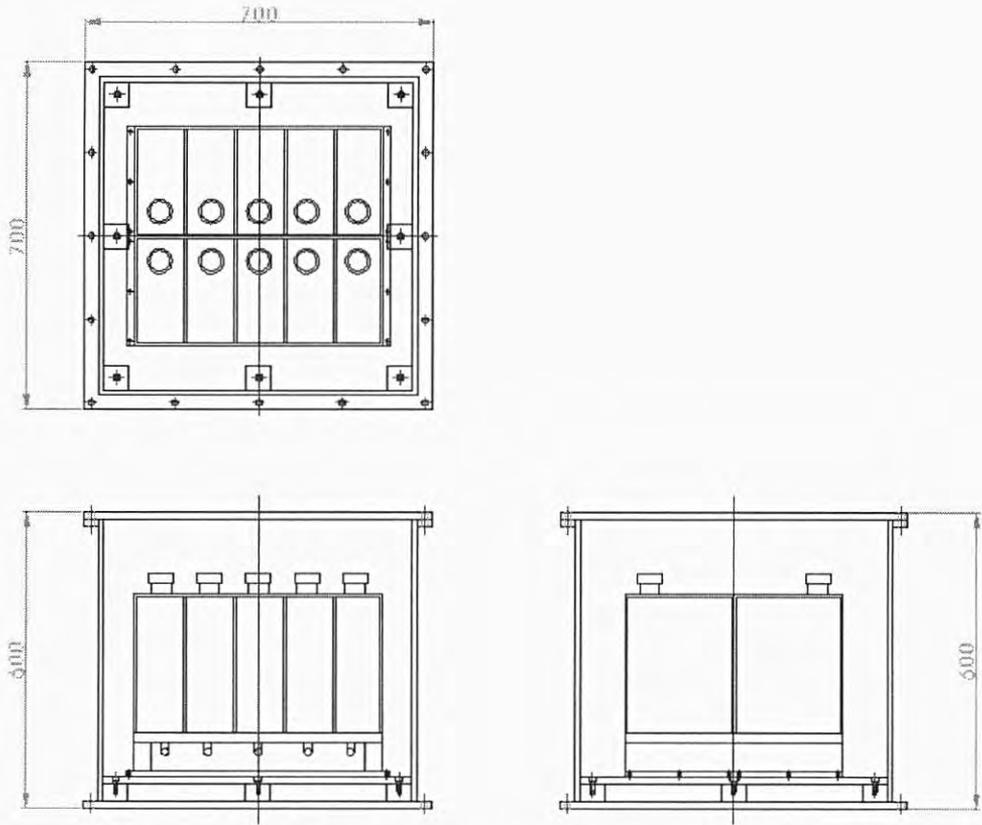
이온 전극 관리 자동화 장치에는 다수의 용액이 사용되므로 각각의 용액을 별도로 보관하는 부분이 필요하다. 시약 보관용 물통이 밀폐되어있지 않은 경우, 보관중인 Standard 용액이나 ISA 용액의 농도 변화 발생하게 되며(NH_4^+ Standard Solution 의 경우 상온에서 6시간 동안 약 50%의 농도 변화가 발생함), 증류수의 경우 해양 환경의 염분등과 같은 이물질이 섞일 우려가 있다. 그러나 완전히 밀폐할 경우에도 문제점이 발생할 수 있다. 정량펌프를 이용하여 용액을 이송시키므로, 밀폐되어있을 경우 용액이 빠져나가는 부피만큼 시약 보관용 물통 내부는 진공상태가 되므로 외부의 압력을 많이 받게 되므로 물통 설계 시에는 반드시 진공 압력을 고려해야 한다. 그래서 물통의 상부에 체크 밸브를 장착하여 용액을 이송시킨 양 만큼만의 공기가 유입되도록 하여 이러한 문제를 해결하였다. 각각의 물통에는 하부에는 정량 펌프와 연결하기 위한 피팅을 설치하였고, 상부에는 용액을 투입할 수 있도록 뚜껑을 제작하였다. 뚜껑은 Sealing Tape 등을 사용하여 최대한 밀폐될 수 있도록 하여 보관 중인 용액의 농도가 변하는 현상이 발생하지 않도록 하였다. 다음의 그림에 시약 보관용 물통의 제작도면과 사진을 나타내었다.



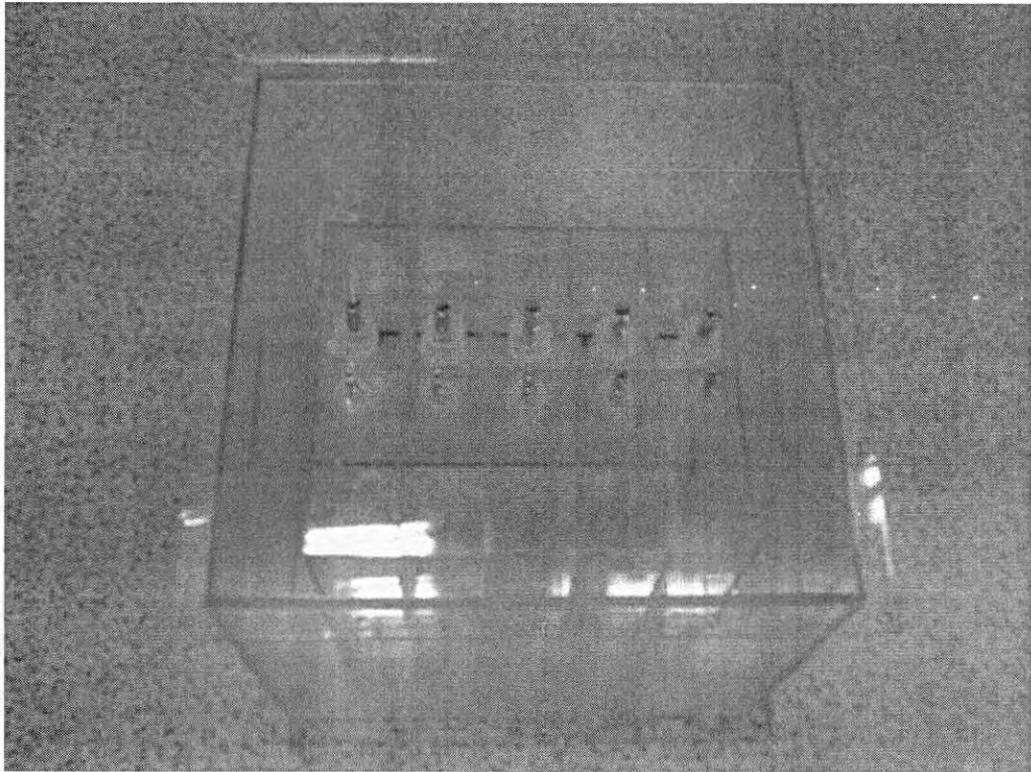
(a) 1차 시제품의 시약 보관용 물통 제작도면



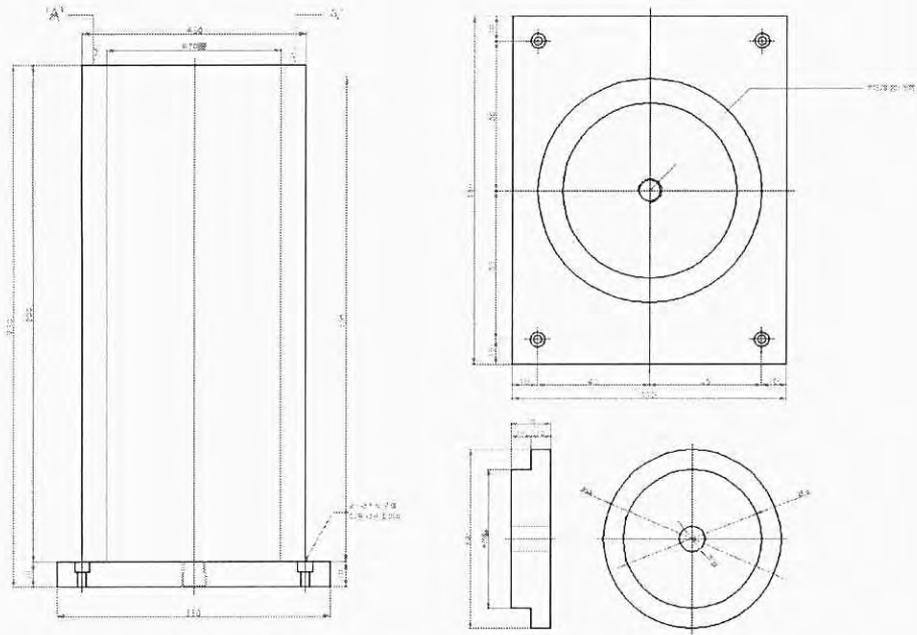
(b) 1차 시제품의 시약보관용 물통사진
그림 3.54 1차 시제품의 시약보관용 물통



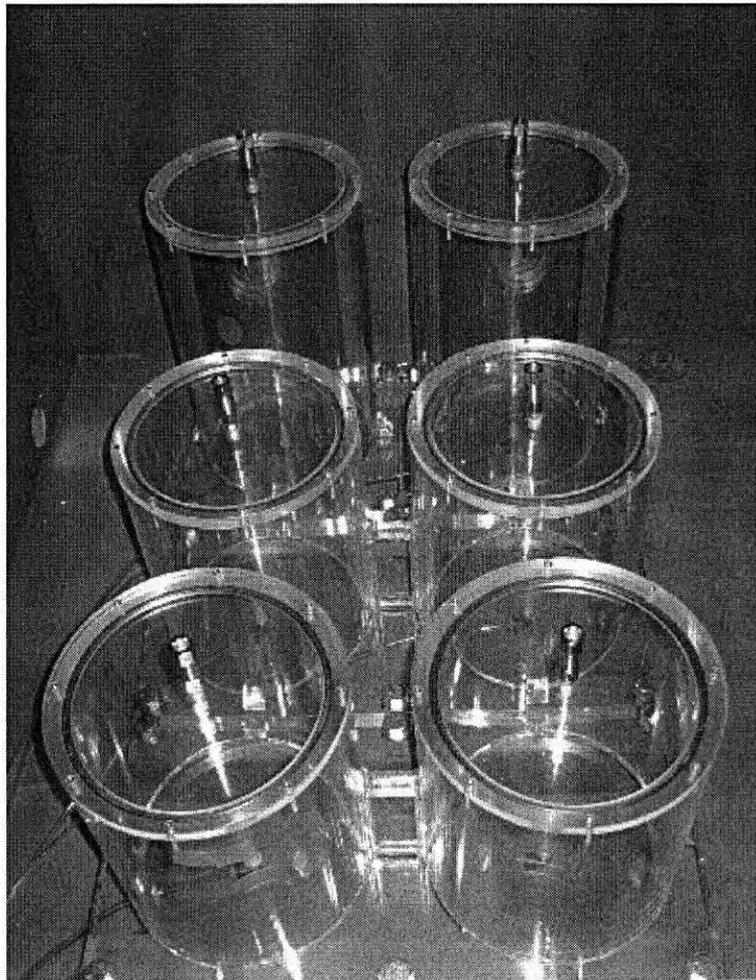
(a) 2차 시제품의 시약 보관용 물통 제작도면



(b) 2차 시제품의 시약보관용 물통사진
그림 3.55 2차 시제품의 시약보관용 물통



(a) 최종 시제품의 시약 보관용 물통 제작도면



(b) 최종 시제품의 시약보관용 물통사진
그림 3.56 최종 시제품의 시약보관용 물통

나. 다중 신호 처리 모듈

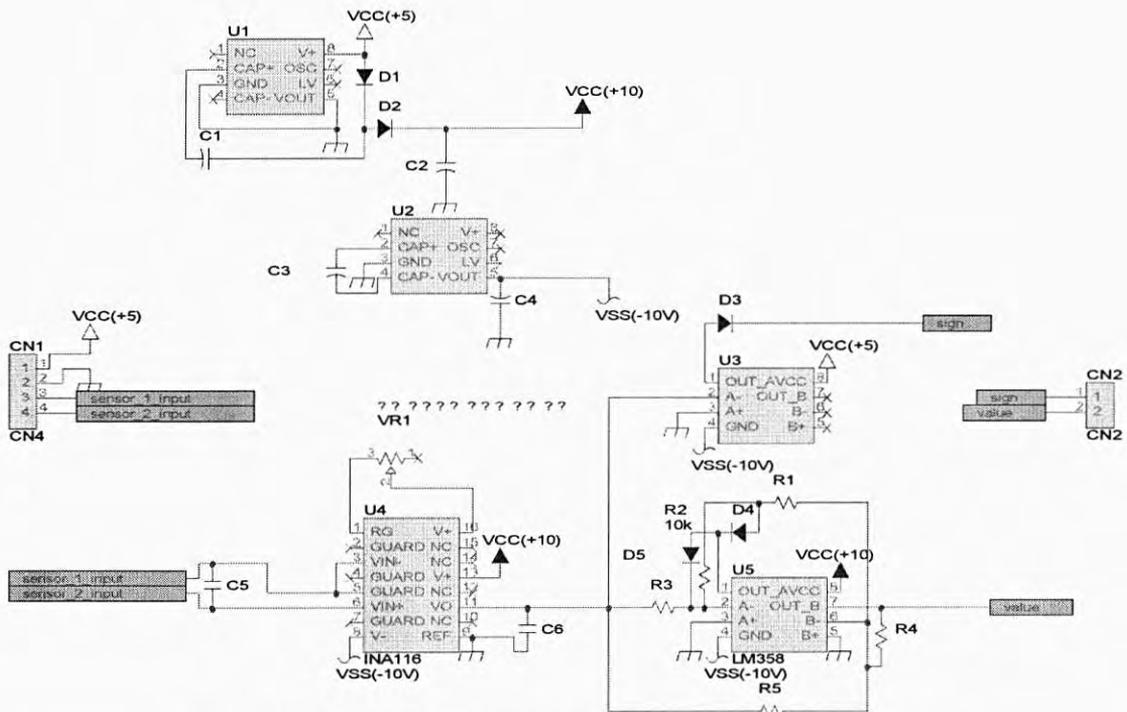
1) 보드 설계 및 제작

외해 수중 가두리 양식장에서의 측정 인자는 온도, pH , DO , NH_4^+ 등 서로 다른 종류의 센서들을 사용하지만 센서의 출력신호가 아날로그 전압신호로 나오는 점은 같다. 이 점에 착안해서 하나의 신호 처리 모듈로 여러 개의 센서 신호를 처리할 수 있는 다중 신호 처리 모듈을 연구·개발 하였다.

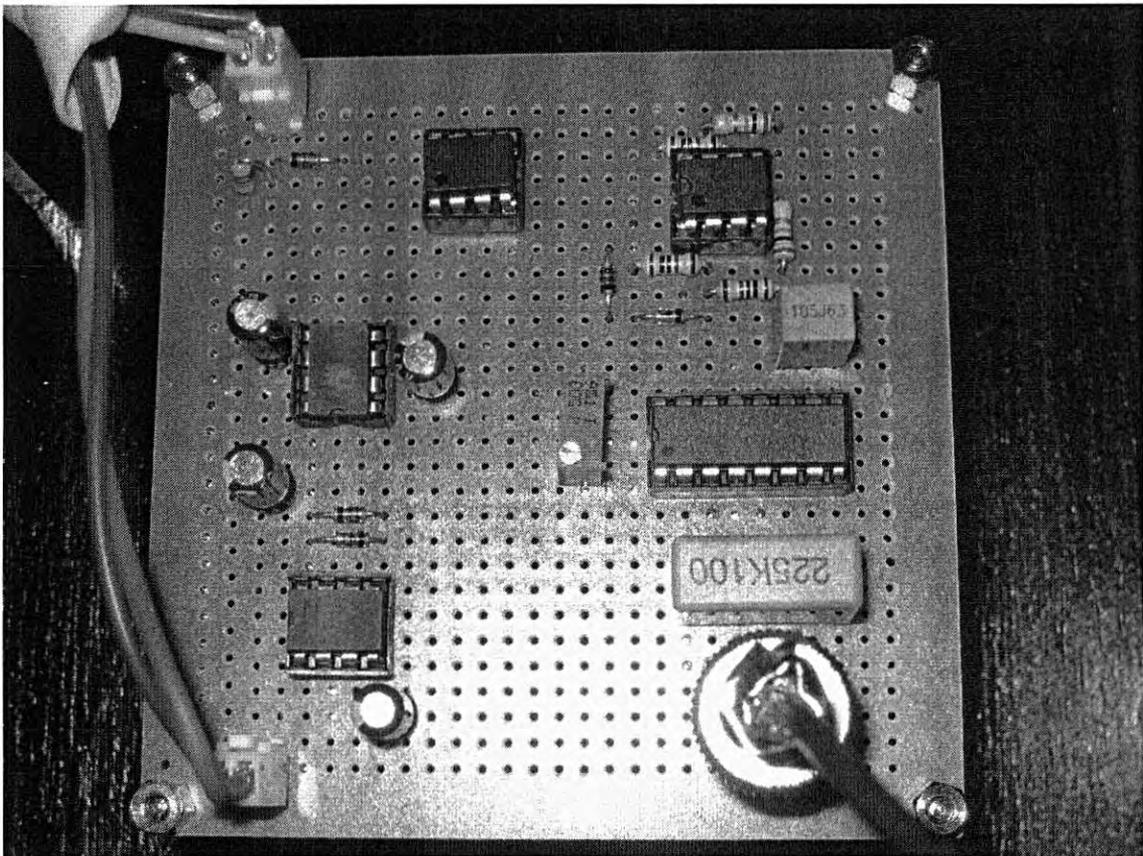
측정하고자 하는 환경인자의 농도에 따라 변화하는 이온 전극의 전위차는 \pm 수~수십mV의 값을 나타낸다. 이러한 신호를 모듈을 통해서 0~5V 레벨로 변환된 신호는 마이크로 컨트롤러의 A/D 컨버터로 입력되어 보다 높은 분해능을 가질 수 있도록 해준다. 또한 다중 신호 처리 모듈에서는 이온 전극으로부터 섞여오는 Noise 성분을 줄여 보다 안정된 출력 신호를 낼 수 있도록 도와주는 역할을 한다.

다중 신호 처리 모듈 제작을 위해 pH 측정이나 누설 전류 측정 등 아주 적은 입력 바이어스 전류를 필요로 하는 시스템에 사용되는 Ultra Low Input Bias OP-Amp 소자를 사용하여 측정 신뢰도를 향상시킬 수 있었다. 또한 이온 전극을 최대 $4 \times 4 = 16$ 채널 까지 확장이 가능하도록 설계하여 언제든지 pH , DO , NH_4^+ 등의 이온 전극을 추가하여 측정할 수 있도록 구성하였다.

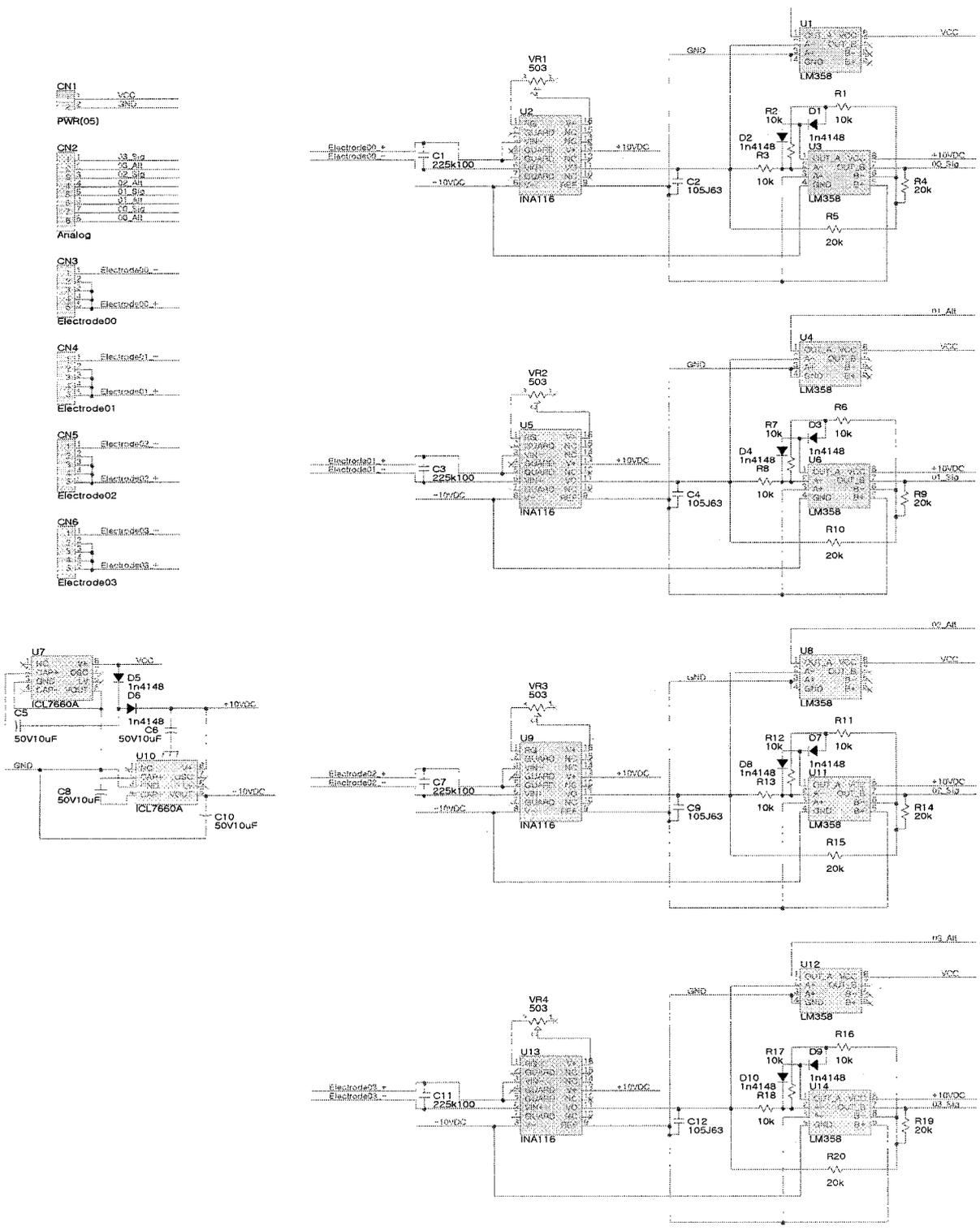
각각의 센서에서 출력되는 아날로그 신호의 범위가 모두 다르므로 가변저항을 이용해서 증폭도 등을 조절하여 마이크로 컨트롤러에 적절한 신호가 유입되도록 하였다. 또한 3 State Buffer 와 같은 기능을 이용하여 모듈의 수를 증가시킬 수 있도록 하여 확장이 가능하도록 하였다. 다음의 그림에서 다중 신호 처리 모듈의 회로도와 제작된 회로기판을 보여준다.



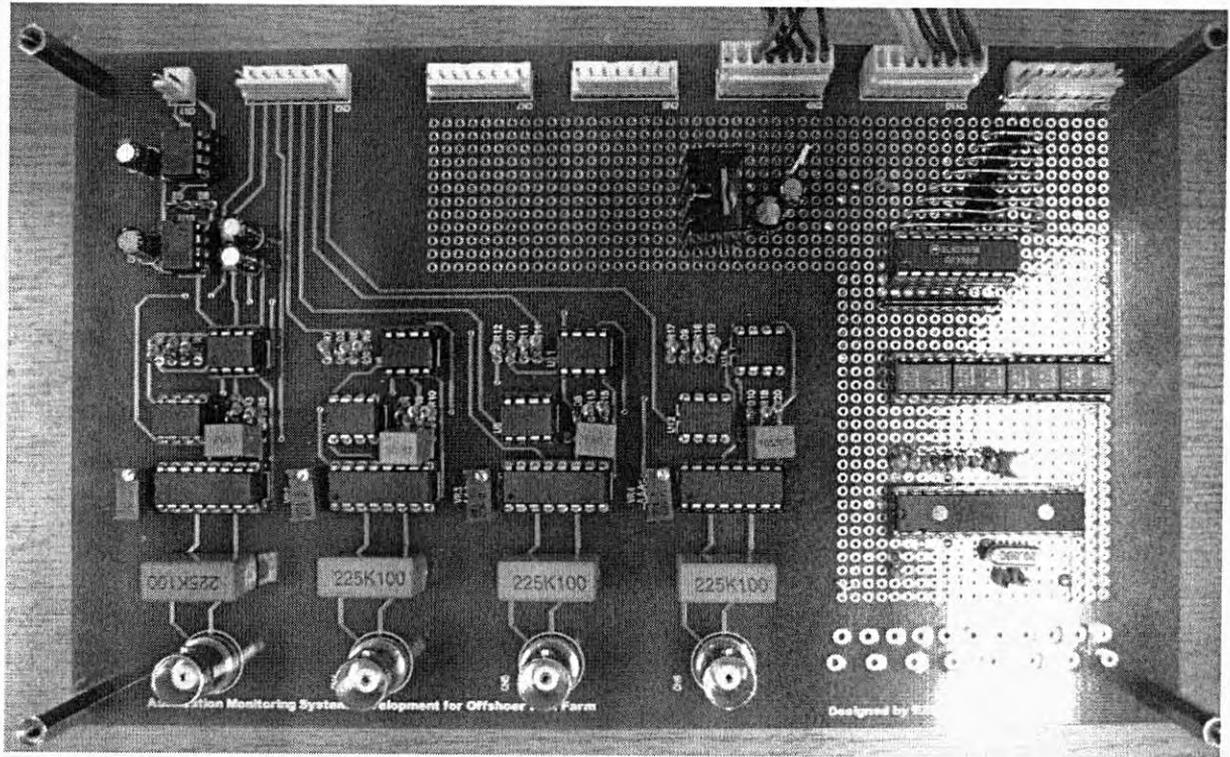
(a) 1차 시제품에 적용된 다중 신호 처리 모듈 회로도



(b) 1차 시제품에 적용된 다중 신호 처리 모듈 사진
그림 3.57 1차 시제품의 다중 신호 처리 모듈



(a) 2차 및 최종 시제품에 적용된 다중 신호 처리 모듈 회로도



(b) 2차 및 최종 시제품에 적용된 다중 신호 처리 모듈 사진
 그림 3.58 2차 및 최종 시제품의 다중 신호 처리 모듈

2) 실험과형 정리

가) 전원 변환 회로 실험

이온 전극에서 발생하는 미소 전압을 증폭하기 위하여 고이득 증폭기를 사용하여야 하는데, 이러한 증폭기 소자들에는 (+) 전위뿐만 아니라 (-) 전위도 필요하다. 본 연구개발 과제에서 대상으로 삼고 있는 해상 가두리 양식장의 환경에는 태양광 발전 등을 이용한 독립형 전원 시스템을 사용하고, DC 12V 범위의 전원이므로 단전원을 양전원으로 변환해야하는 회로가 필요하다.

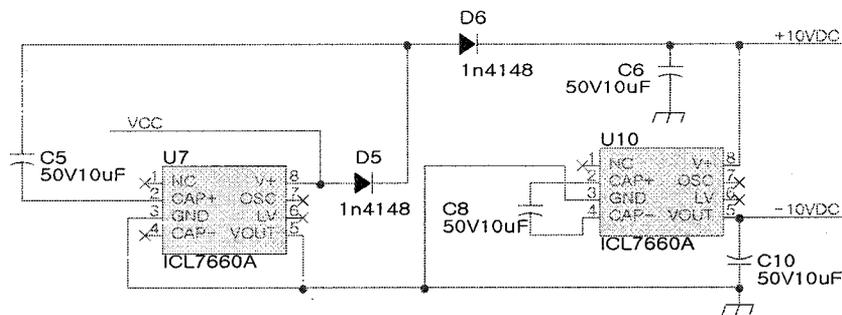


그림 3.59 전원 변환 회로

앞의 회로도도 DC 5V를 이용하여 \pm DC 10V를 출력하는 회로를 나타낸 것으로 Charging Pump Technology를 이용한 Voltage Doubler 회로이다. 비록 출력 전류용량이 10mA 정도로 낮은 편이지만 여기서 생성된 양전원은 OP-Amp의 양단에 거는 전압으로만 사용되기 때문에 전류용량은 고려 대상이 아니다. 다음의 그림에 각 부위별로 측정된 파형을 나타내었다. Ch 1은 입력 전원인 VCC를 측정된 것이고, Ch 2는 앞선 회로의 다이오드 D5와 D6 사이, Ch 3는 +10V 출력 단자, Ch 4는 -10V 출력 단자를 측정하였다. 그림에 나타나듯이 생성된 전압은 리플이 거의 없는 깔끔한 전압 형태로 OP-Amp의 양단 전원으로 사용하기에 적절한 것을 알 수 있다.

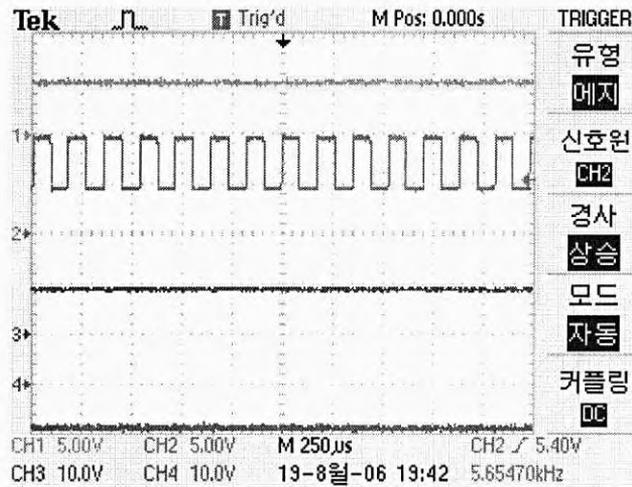
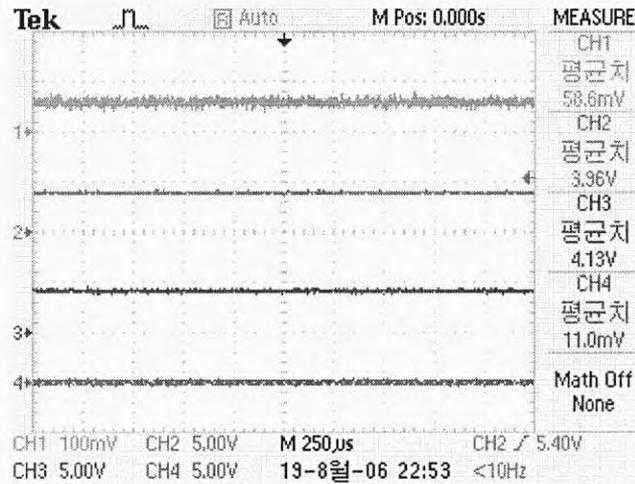


그림 3.60 전원 변환 회로 실험 파형

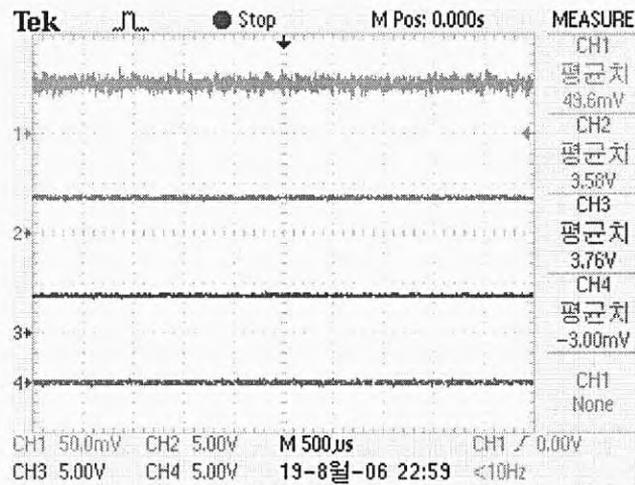
나) 이온 전극 측정 회로 실험

이온 전극으로부터 발생하는 수 ~ 수십 mV의 전위차 값을 입력받아 안정된 0~5V 신호 레벨로 변환하는 것이 신호 처리 모듈의 가장 핵심적인 기술이다. 다음의 그림들은 이온 전극의 농도에 따라 출력이 변화하는 모습을 보여주고 있다.

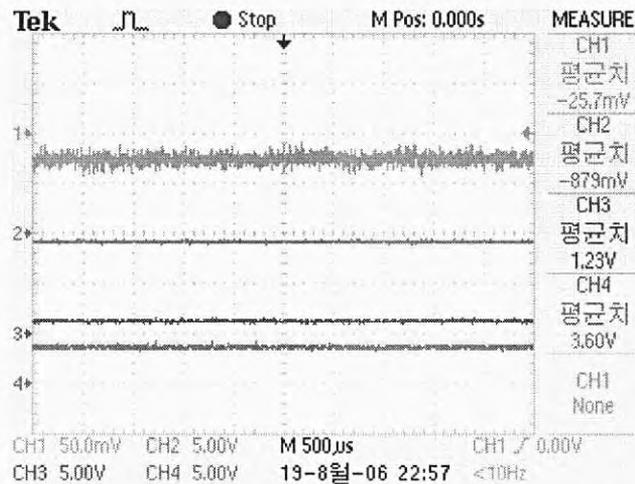
그림 (a) 는 100ppm NH_4^+ Standard 용액에 이온 전극을 넣었을 때 나타나는 파형이고 (b) 는 1000ppm NH_4^+ Standard 용액, (c) 는 일반 수돗물에 이온 전극을 넣었을 때 나타나는 파형이다. 각 그림의 Ch 1 은 이온 전극의 신호로 약간의 노이즈 성분이 섞여 있음을 알 수 있으며, Ch 2, Ch 3, Ch 4 는 신호 처리 후 출력되는 것으로 Ch 2 는 증폭회로단의 직후를 나타내고 Ch 3 은 나머지 신호처리 과정을 거친 측정 신호의 절대값 신호이다. Ch 4 는 측정된 신호의 부호를 구분하는 것으로 0V/5V 로 출력되며 이온 전극의 출력 값(Ch 1, Ch 2)이 양의 값인 (a), (b) 는 0V로, 이온 전극의 출력값이 음의 값인 (c) 는 5V 로 출력되는 것을 알 수 있다.



(a) 100ppm NH_4^+ Standard 용액에 이온전극을 넣었을 경우



(b) 1000ppm NH_4^+ Standard 용액에 이온전극을 넣었을 경우



(c) 일반 수돗물에 이온전극을 넣었을 경우
그림 3.61 다중 신호 처리 모듈의 실험 파형

다. IT 기반의 제어시스템 신호처리 모듈

1) 보드 설계 및 제작

다중 신호 처리 모듈을 통해 측정된 데이터를 수집하여 임시 저장하거나, 측정된 신호를 실제 농도로 변환하거나, 데이터를 신호 처리 모듈로 전송하는 일련의 과정들은 IT 기반의 제어시스템 신호처리 모듈에서 수행된다. 이러한 신호처리 모듈을 일반적으로 Data Acquisition Unit 이라고 말하며, 본 연구개발 과제에서는 위해 수중 가두리 양식장 데이터 측정용 DAU 모듈을 설계·개발하였다.

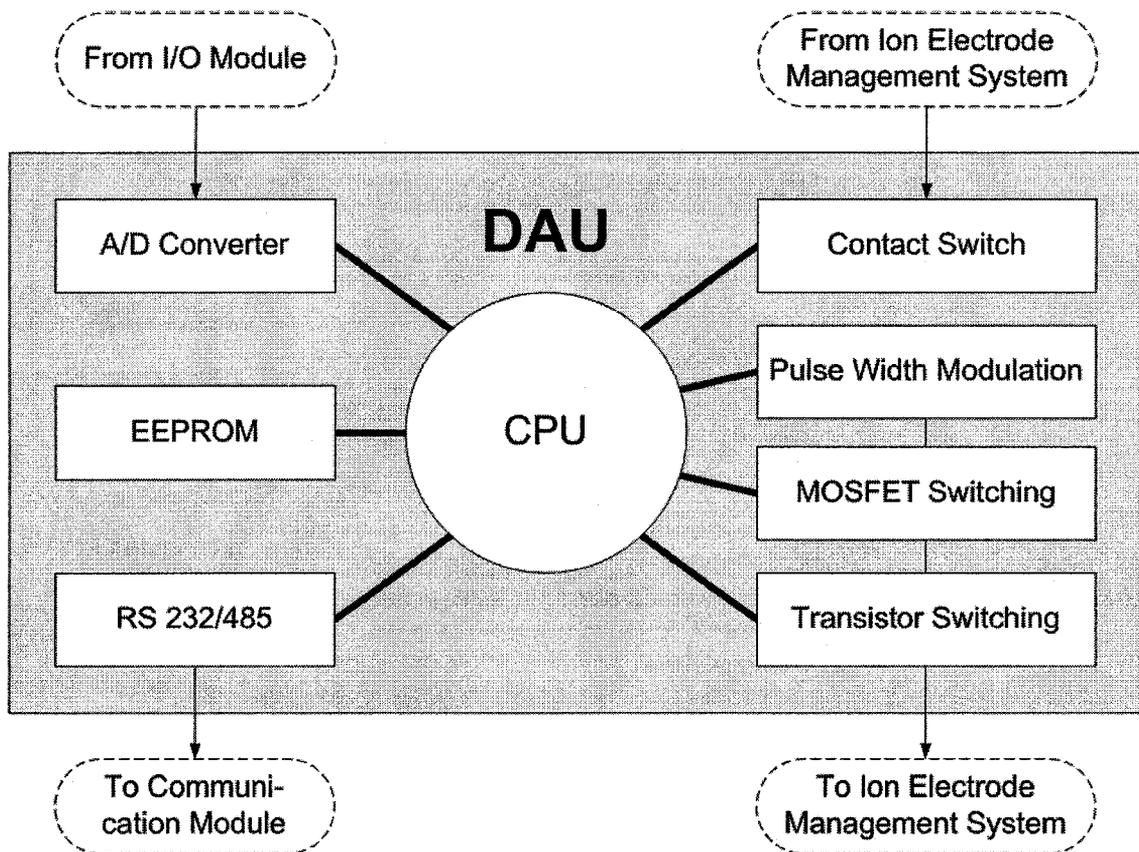


그림 3.62 DAU 모듈의 구성도

DAU 모듈에서는 기본 기능인 이온 전극의 농도 데이터 수집 기능 이외에 이온 전극을 통해 측정된 전압값을 실제 농도로 변환하는 A/D 컨버터를 비롯하여 이온 전극 관리 장치를 제어하는 기능, 통신 모듈에 데이터를 전송하기 위한 신호변환 기능들이 포함되어 있다. 이러한 다양한 기능들을 수행하기 위해서 마이크로프로세서를 이용하여 하드웨어

를 구성하고 C언어를 이용하여 구동 소프트웨어를 구성하였다. 1차 시제품의 DAU모듈에서는 CPU로 Microchips사의 PIC16F877A를 사용하였으며, 2차 시제품의 DAU 모듈에서는 보다 진보된 구조와 성능을 갖춘 PIC18F4585를 사용하였으며, 메인보드와 출력보드를 분리하여 모듈화하고, 서로간의 노이즈 간섭 현상 등을 줄여 보다 안정적인 동작이 가능하도록 제작하였다.

이온 전극에서 측정된 신호는 다중 신호 처리 모듈을 거쳐 A/D 컨버터로 입력되어 변환된다. 변환된 이온 전극의 측정값은 마이크로 컨트롤러 내부의 EEPROM에서 통신모듈을 통해 육상의 호스트 PC로 전송할 때까지 보관된다. 마이크로 컨트롤러 내부의 EEPROM은 시스템의 전원이 끊어지더라도 지워지지 않으므로 데이터 보존이 확실하며, 10만 번의 쓰기/지우기 동작이 가능하므로 거의 반영구적인 수명을 가진다.

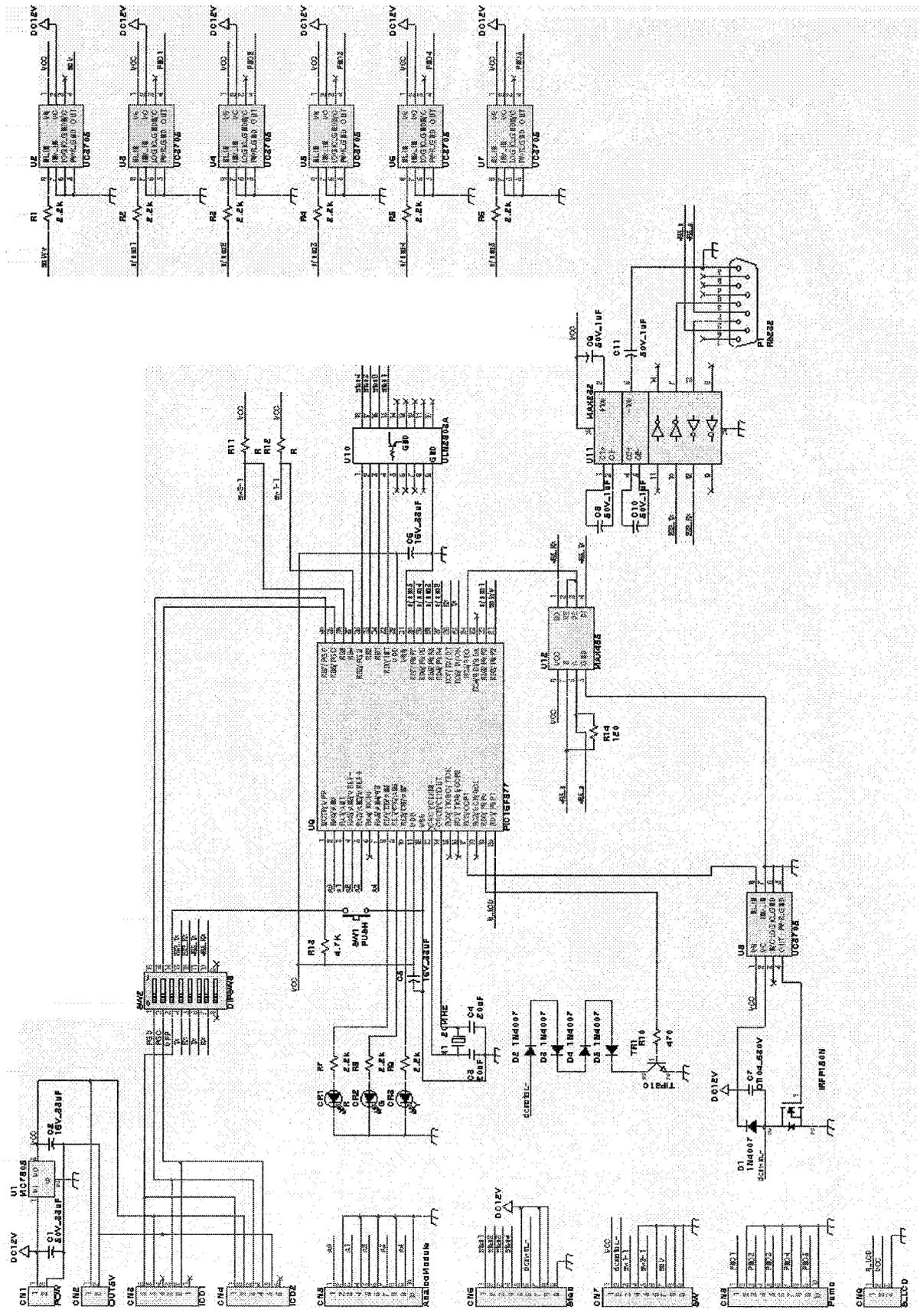
각종 환경 인자 농도의 데이터 수집 횟수는 1일 최대 24회까지 설정이 가능하지만 1차 시제품에서는 기본 값으로 12시간에 한번 데이터를 측정하여 보관하는 것으로 설정하였다. 2차 및 최종 시제품에서는 다른 장비들과의 연동성과 전력 소비량을 토대로 1일 1회 측정을 기본으로 설정하였다.

이온 전극 관리 모듈의 보다 효과적인 제어를 위해서 이온 전극 관리 시스템의 구성요소인 각종 모터 및 밸브를 DAU 모듈에서 제어할 수 있도록 하여 보정 및 검출 알고리즘 수행과 이온 전극의 전압 측정, 이온 전극의 관리 등이 상호 유기적으로 동작할 수 있도록 하였다. PWM 스위칭 부분을 이용하여 DC 모터 등을 구동하고 MOSFET 스위칭 부분을 이용하여 정량 펌프와 밸브를 구동한다. 그리고 트랜지스터 스위칭 부분을 이용하여 스테핑 모터를 구동하여 이온 전극이 정밀하게 안전하게 이동할 수 있도록 하였다.

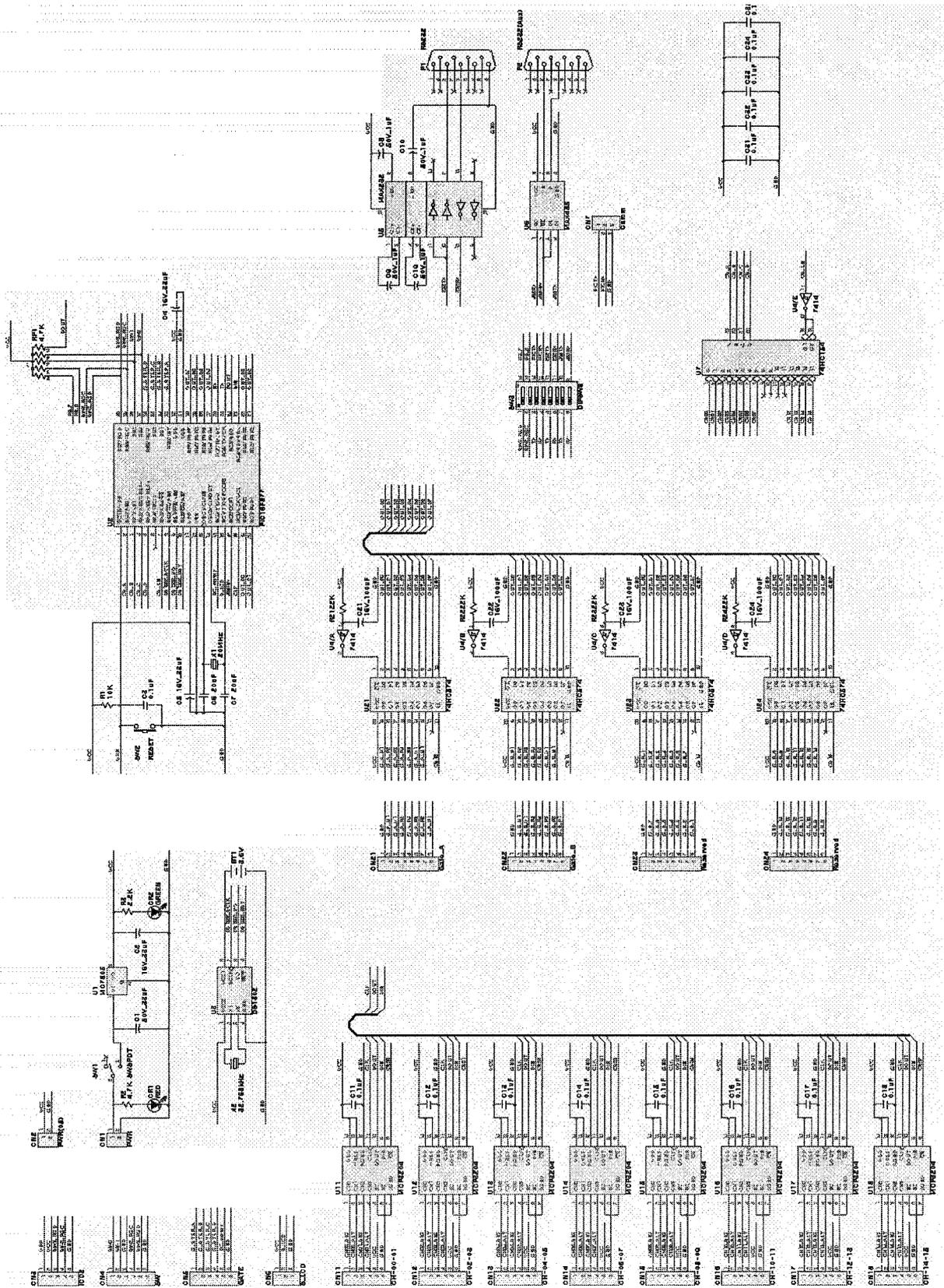
이온 전극을 통해 수집되어 EEPROM에 저장된 데이터는 RS232/485 통신 규격을 사용하여 통신 모듈로 전달된다. 육상의 호스트 PC와 통신하기 위해 신호 처리 모듈로 신호를 변환하여 전송하며 이때 MAX232, MAX485 와 같은 신호변환용 칩을 사용하였다. 다음의 표는 시제품에 사용된 CPU 사양을 비교한 것이며, 그림들은 시제품으로 개발된 DAU 모듈의 회로도 및 제작된 모듈의 사진이다.

표 3.20 제어장치에 사용된 CPU 비교표

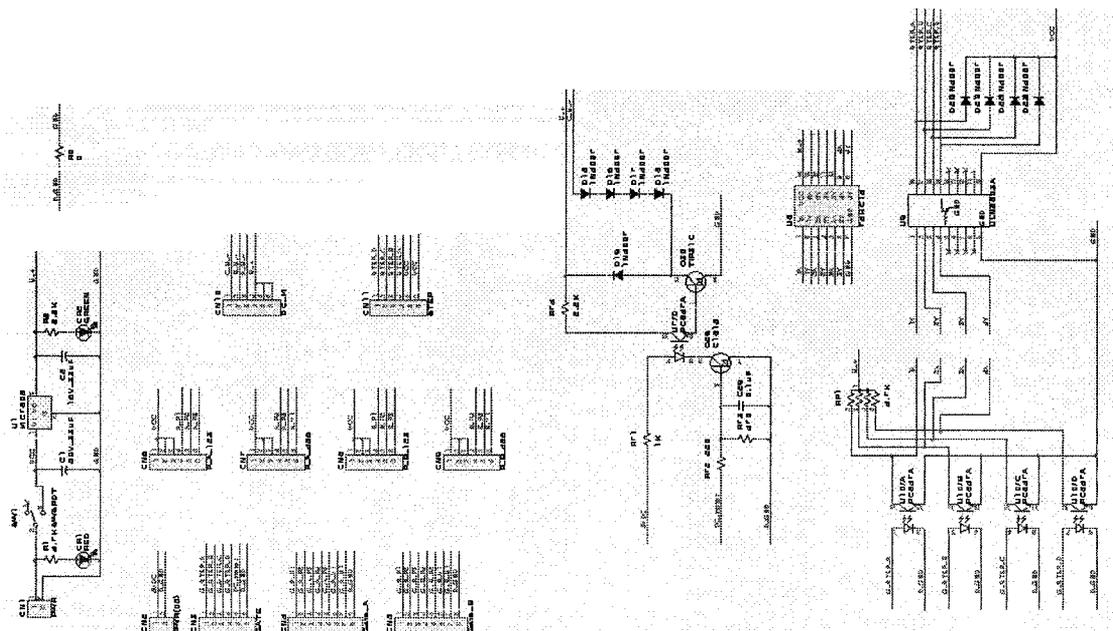
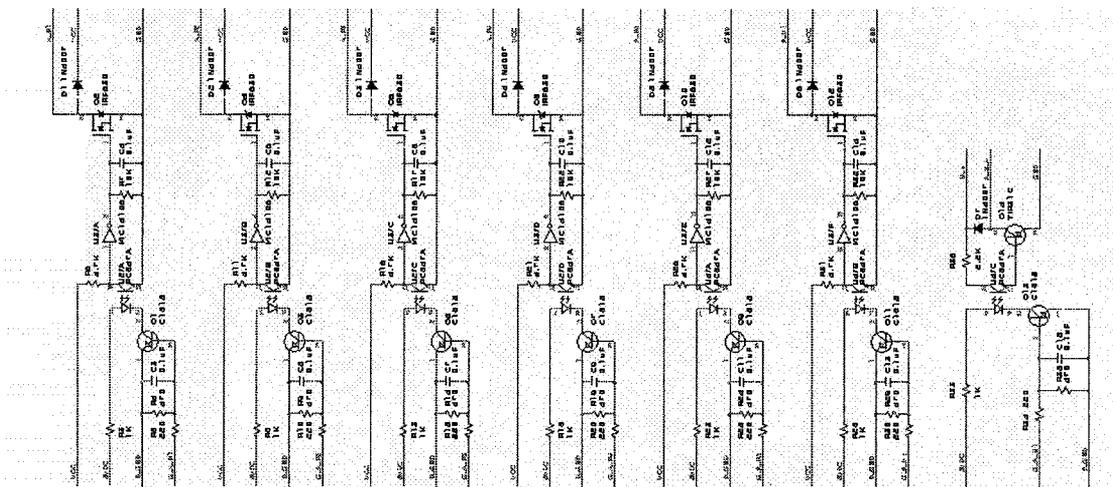
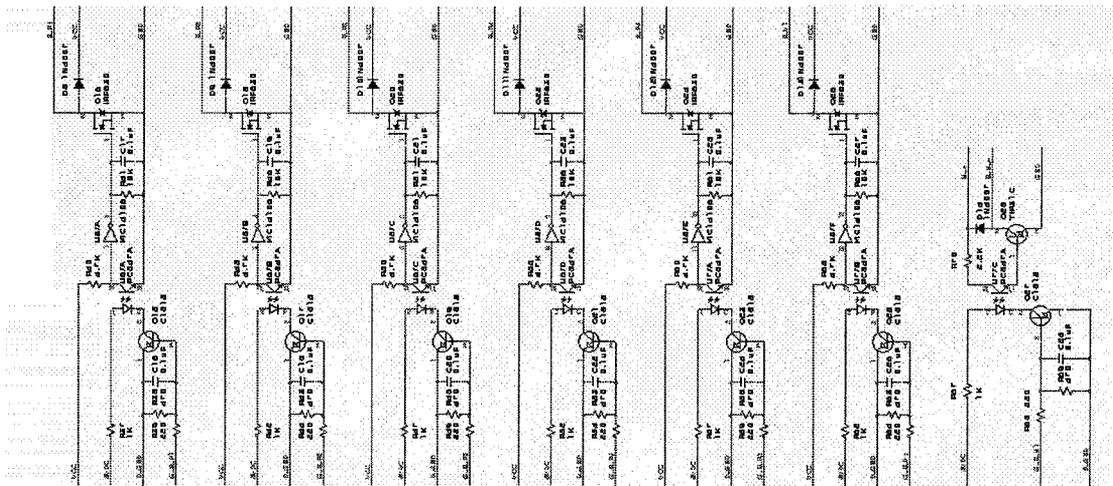
	PIC16F877A	PIC18F4585
Operating Frequency	DC - 20MHz	DC - 40MHz
Program Memory(Bytes)	8192	49152
Program Memory(Instructions)	-	24576
Data Memory(Bytes)	368	3328
EEPROM Memory (Bytes)	256	1024
Interrupts Sources	15	20
I/O Ports	Ports A, B, C, D, E	Ports A, B, C, D, E
Timers	3	4
Capture/Compare/PWM Module	2	1
Enhanced Capture/Compare/PWM Module	-	1
Serial Communications	MSSP, USART	MSSP, Enhanced USART
Parallel Communications	PSP	PSP
10 bit Analog to Digital Module	8 Input channels	11Input channels
Analog Comparators	2	2
Resets (and Delays)	POR,BOR(PWRT,OST)	POR, BOR, Reset Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT,OST), $\overline{\text{MCLR}}$ (optional), WDT
Instruction Set	35 Instructions	75 Instructions; 83 with Extended Instruction Set enabled



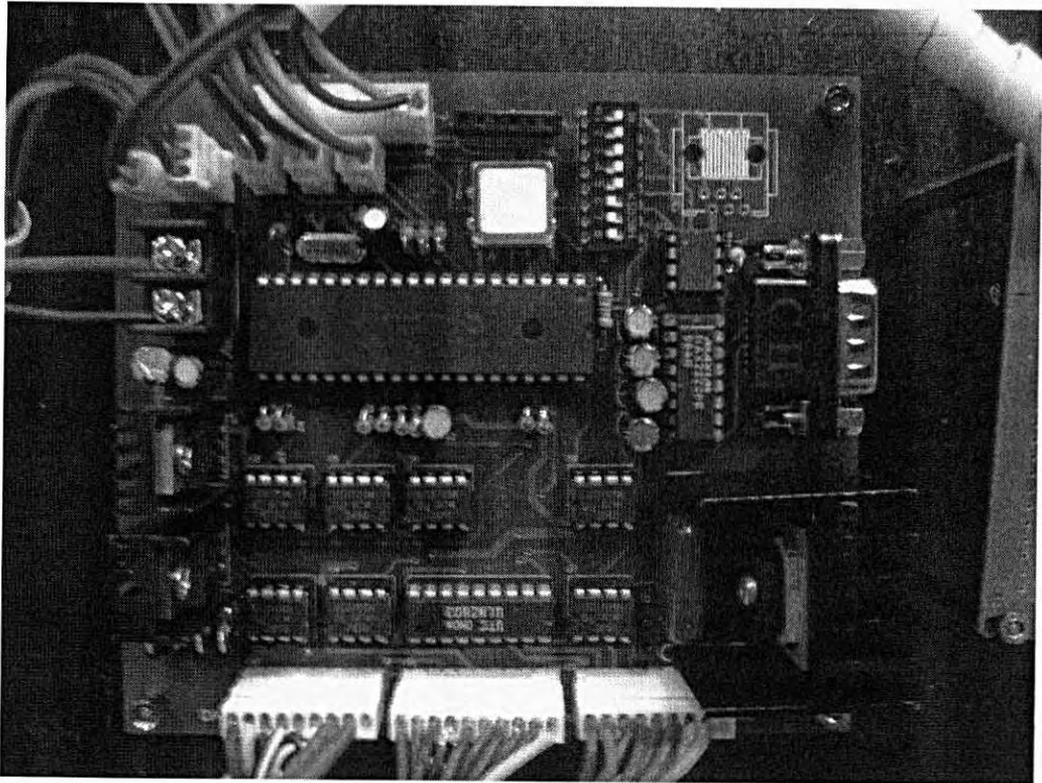
(a) 1차 시제품의 DAU 모듈의 회로도



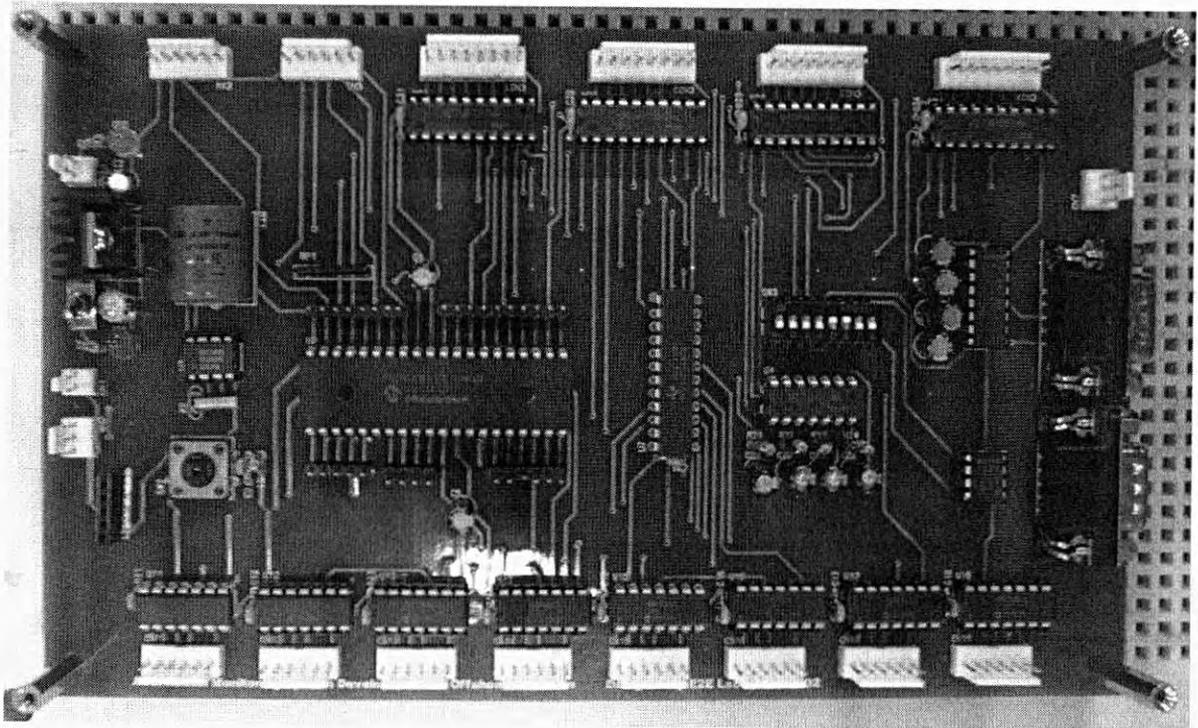
(b) 2차 및 최종 시제품의 메인보드 회로도



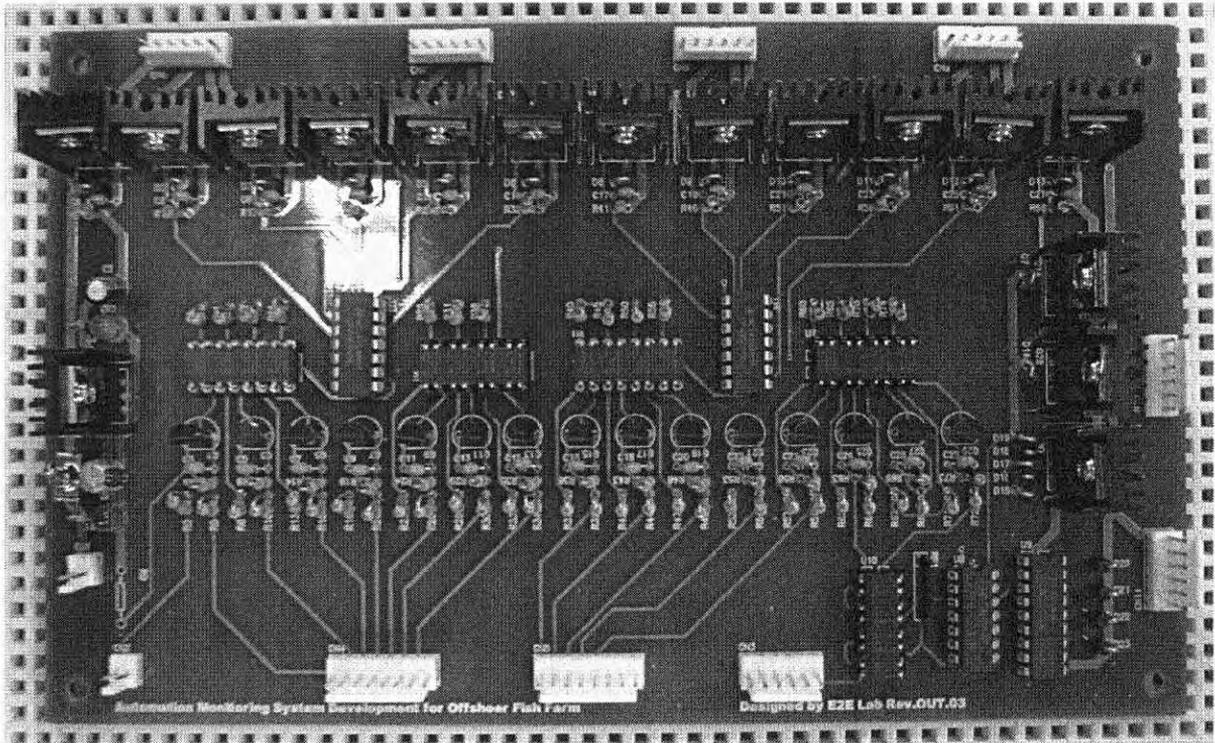
(c) 2차 및 최종 시제품의 출력보드 회로도



(d) 1차 시제품의 DAU 모듈



(e) 2차 및 최종 시제품의 메인보드 모듈



(f) 2차 및 최종 시제품의 출력보드 모듈
그림 3.63 각 시제품별 I제어시스템 모듈

2) 실험과형 정리

IT 기반의 제어시스템 모듈, 이하 DAU 모듈은 용액 이송용 정량 펌프, 용액 배출용 솔레노이드 밸브, 용액 교반용 DC 기어 모터를 구동하는 역할을 하는 출력보드와 A/D 컨버터와 포트 확장 및 칩 선택 기능, 그리고 출력보드에 신호를 주는 래치 회로를 포함한 메인보드로 구성되어 있다. 시제품에 적용하기 위해 설계·제작된 보드들을 각각의 세부 동작을 구분하여 테스트해 보았다.

가) 칩 선택 및 출력 래치 회로 실험

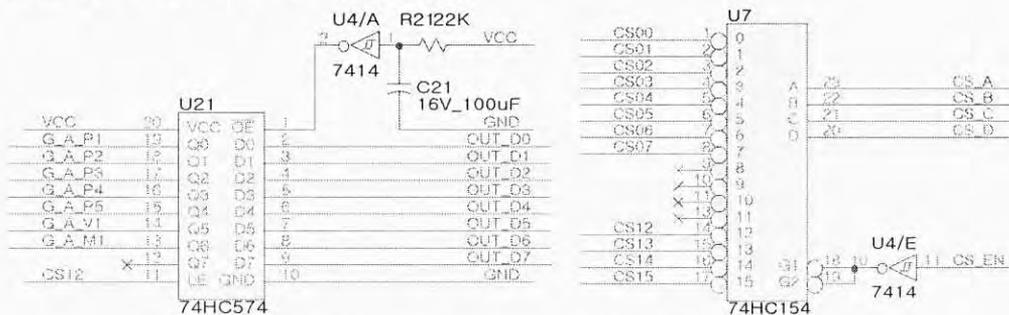
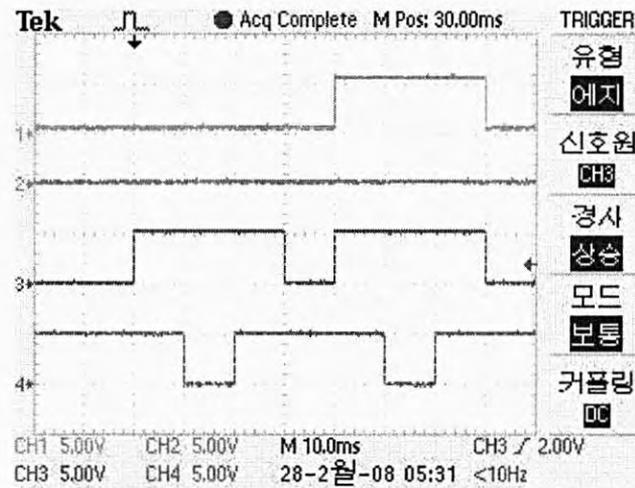


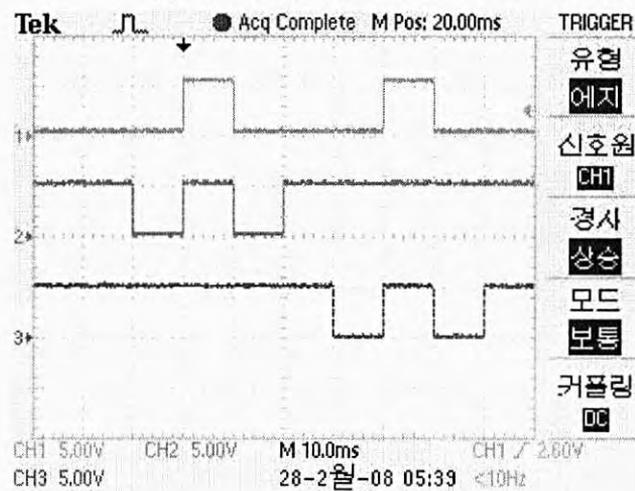
그림 3.64 칩 선택 및 출력 래치 회로

상기 그림은 메인보드에 사용된 칩 선택 및 출력 래치 회로이다. PIC18F4585는 I/O로 사용가능한 핀이 32핀인데 각종 기능들을 제외하고 출력 회로 제어용으로는 12핀의 여유밖에 없었으므로 디코더 칩(74HC154)와 3-state-buffer 기능을 갖춘 래치소자인 TTL 74HC574 칩을 사용하여 8핀의 데이터버스를 24핀으로 확장하여 사용할 수 있도록 하였다. 다음의 그림들은 74HC154 칩에 8번과 9번 칩을 선택하고자 하는 경우에 각각 CS08핀과 CS09핀에 출력이 나와 래치 소자를 동작시키는 모습을 보여준다. 그림 (a)의 Ch 1, Ch 2, Ch 3은 74HC154 칩으로 들어가는 주소영역의 A 비트와 B 비트, C 비트 단자, Ch 4는 CPU에서 출력되는 디코더 칩의 enable 단자를 측정하였다.

그림 (b)의 Ch 1은 그림 (a)의 Ch 4가 Inverter를 거쳐 들어가는 74HC154의 \overline{EN} 핀을 측정한 것이고, Ch 2와 Ch 3은 74HC154 칩의 출력핀인 CS00과 CS01핀의 단자를 측정한 것이다.



(a) 칩 선택 회로 실험 파형



(b) 출력 래치 회로 실험 파형

그림 3.65 칩 선택 및 출력 래치 회로 실험 파형

다음의 그림은 74HC574가 초기 기동 시에 비정상적인 데이터를 출력하지 않게 하기 위하여 초기 기동 후 일정시간(그림에서 약 1.2초)이 지난 후에 칩이 동작하도록 설계한 RC 회로 부분의 파형을 나타낸다.

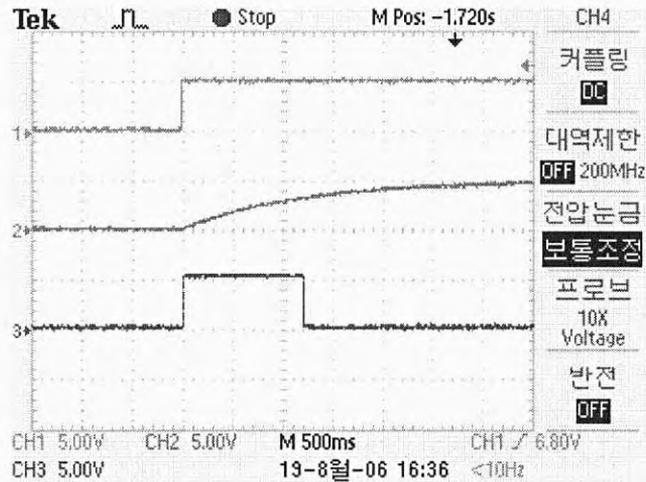


그림 3.66 75HC574의 Power On Reset

Ch 1 은 투입전원을 나타내는 것이며, Ch 2 는 RC 회로의 출력단을 나타내고, Ch 3 은 74HC574 의 출력을 제어하는 핀(\overline{OE})의 상태를 나타낸다. 74HC574의 \overline{OE} 핀은 Low Level Enable 단자로 처음 전원이 들어왔을 때에는 High Level(5V) 상태로 출력을 내보내지 않고 있다가 약 1.2 초(RC 회로로 인해 지연된 시간)가 지나면서 슈미트트리거를 가진 인버터 소자인 74HC14를 거쳐 \overline{OE} 단자에 Low Level(0V) 신호가 입력된다. 이 시점 이후 부터 출력이 나가게 된다.

나) 정량 펌프, DC 밸브 구동 회로 실험

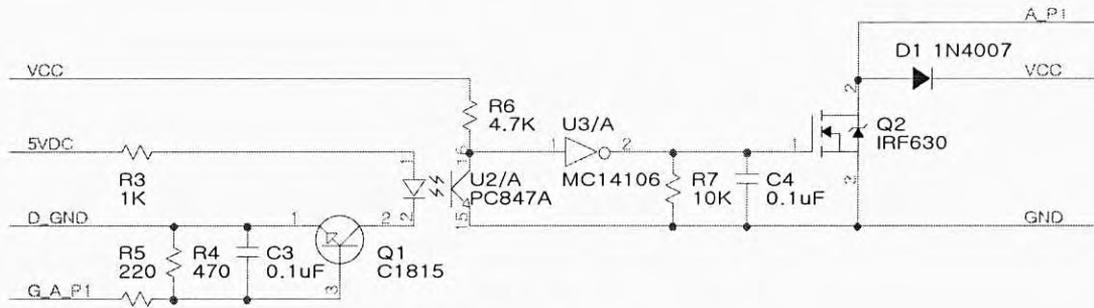
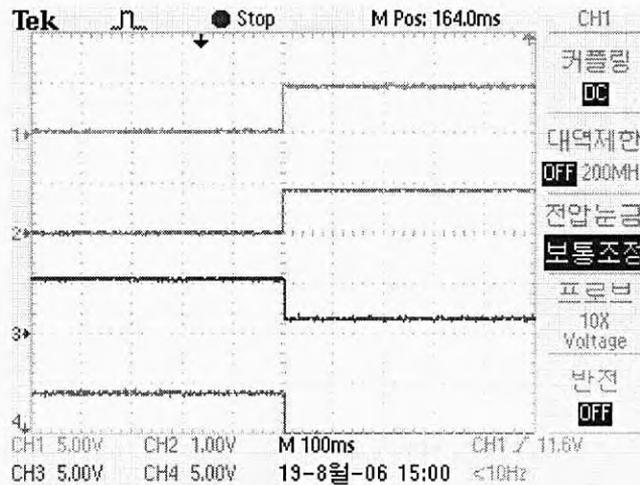


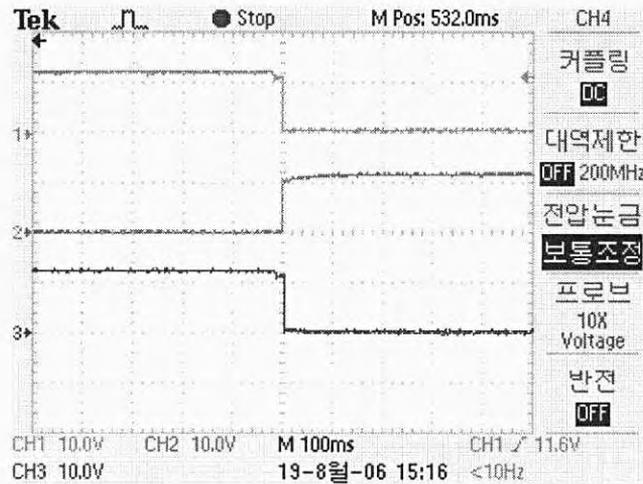
그림 3.67 펌프 및 밸브 구동 회로

상기 그림은 용액 이송용 정량 펌프 및 용액 배출용 DC 솔레노이드 밸브의 구동 회로이다. 정량 펌프 및 솔레노이드 밸브의 경우 소비전력이 다른 장치에 비해 상대적으로 크므로 전류제어가 용이한 MOSFET 소자를 사용하여 드라이브 하도록 구성되어 있다. 또한 펌프 및 밸브는 유도성 부하이므로 Freewheeling Diode를 부착하여 역기전력의 영향을 최소화 하고자 하였으며 MOSFET소자의 게이트 신호의 전위를 확실하게 하기 위해서 CMOS Inverter를 사용하여 10V 내외의 전압을 유지하도록 하였다.

CPU에서 출력되는 신호와 MOSFET 이 구동되는 신호를 포토커플러를 이용하여 구분함으로써 전기적 절연 상태를 유지하게 하여 펌프 및 밸브가 오동작하거나 불량상태가 되어 과전류가 흐르더라도 메인 회로는 안전하게 보호될 수 있도록 하였다.



(a) 포토커플러 전단의 파형



(b) 포토커플러 후단의 파형
 그림 3.68 펌프 및 밸브 구동 회로 실험 파형

앞선 그림들은 CPU에서 래치회로를 거친 MOSFET 구동 신호가 어떻게 변화하여 MOSFET 까지 도달하는지 보여준다. 포토커플러 전단의 파형에서 Ch 1 은 CPU의 출력 신호 이며 Ch 2 는 포토커플러를 동작시키는 트랜지스터의 베이스 단자, Ch 3 은 포토커플러의 애노드 단자, Ch 4 는 포토커플러의 캐소드 단자를 측정한 것이다.

포토커플러 후단의 파형에서 Ch 1 은 CMOS Inverter의 입력 단자이며 Ch 2 는 Inverter의 출력 단자, Ch 3 는 MOSFET 의 Drain 단자를 측정한 것이다. 그림에 나타나듯이 CPU에서 출력되는 신호가 정확하게 MOSFET의 구동을 위한 게이트 전압으로 변환되어 출력되며 12V 정도의 일정한 값을 잘 유지하여 MOSFET을 안정적으로 동작시키고 있음을 확인할 수 있다.

정량 펌프는 정확한 양을 투입하기 위해서 일정 시간 동안 동작하게 되어있다. 다음의 그림은 정량 펌프가 ISA 용액을 측정용기에 2ml 투입하는 동작을 나타낸 파형이다. Ch 1 은 ISA 용액의 이송을 담당하는 펌프의 (+) 단자를 측정한 것이며, Ch 2 ~ Ch 4 는 각각 스탠다드 용액과 증류수, 해수의 이송을 담당하는 펌프의 (+) 단자를 측정한 것이다. 그림에 나타나듯이 CPU에서 명령을 수행하면 정확하게 ISA 용액을 2초간 투입하는 것을 알 수 있다.

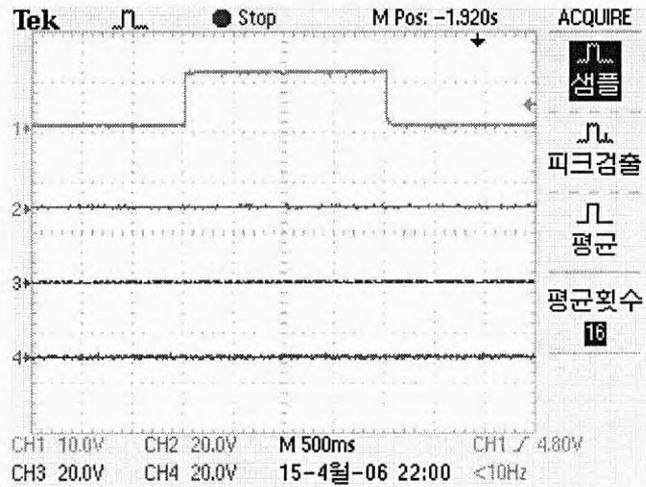


그림 3.69 ISA 용액 투입 시 정량펌프 구동 및 정지 파형

측정용기에 용액을 이송한 후 배출할 때에도 DC 솔레노이드 밸브가 정해진 시간만큼 열려 용액을 충분히 배출하도록 구성되어 있으므로 이러한 동작이 정확하게 수행되는지 실험해 보았다. 다음의 그림은 MOSFET 소자로 구동되는 밸브가 정확히 동작하는지 보여준다. 그림의 파형은 실험을 위해서 약 3초간 밸브를 열었다가 다시 닫는 동작을 하였다.

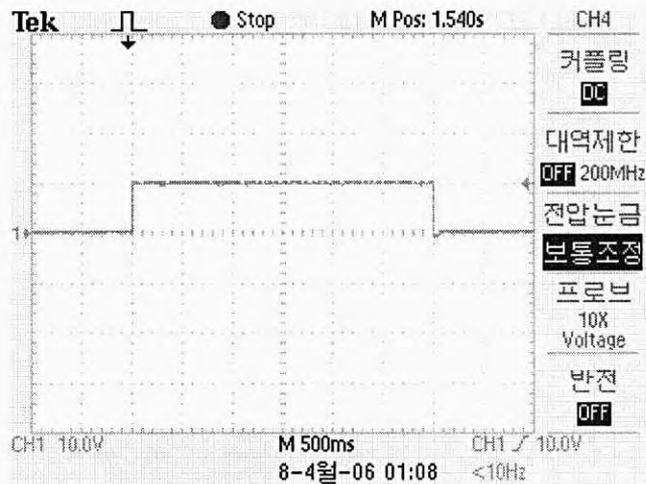


그림 3.70 솔레노이드 밸브의 구동 및 정지 파형

다) 교반용 모터 구동 회로 실험

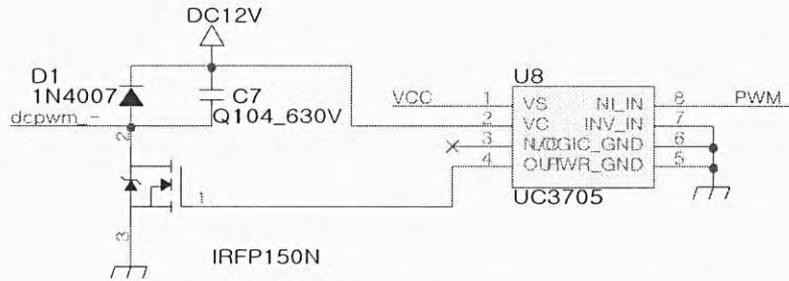
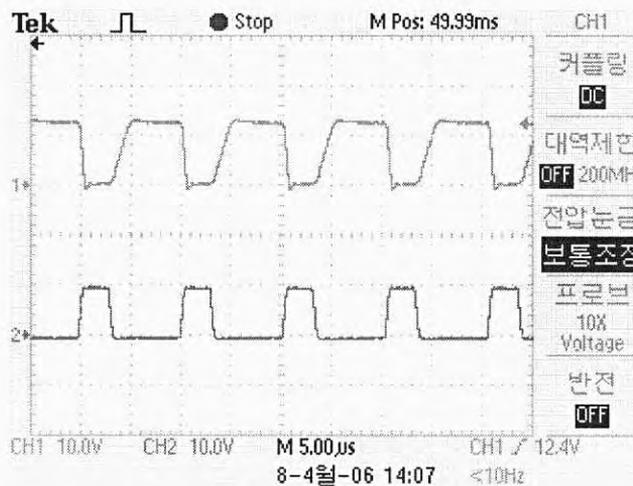
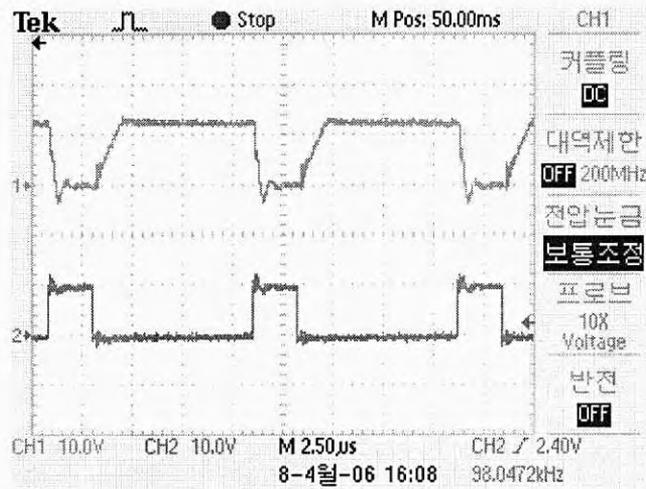


그림 3.71 1차 시제품의 교반 장치 구동 회로

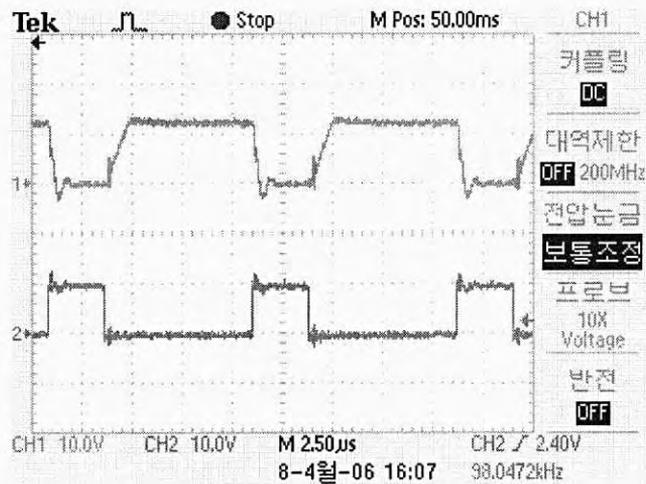
1차년도 시제품의 자석 교반 장치 구성품인 DC 기어 모터를 MOSFET 소자와 PWM 스위칭 기법을 사용하여 교반자가 일정한 속도를 유지하며 회전하는지 실험해 보았다. 다음의 그림들은 각각 자석 교반 장치가 처음 동작할 때와 지속적으로 동작 중일 때, 그리고 동작을 정지할 때의 PWM 스위칭 파형과 MOSFET 소자에 인가되는 전압을 측정하는 것이다. Ch 1 은 DC 기어 모터의 출력 단자를 측정하는 것이고 Ch 2 는 CPU 의 PWM 신호 단자를 측정하는 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 정상운전시의 파형은 크게 일그러지지 않으나 시작할 때나 종료할 때에는 역기전력 등으로 인하여 출력 및 입력 신호 파형이 많이 일그러지는 것을 알 수 있다. 이러한 점이 CPU 등에 부담을 줄 수 있기 때문에 2차 및 최종 시제품에는 교반용 모터도 교환하고 회로도 안정적으로 보완하였다.



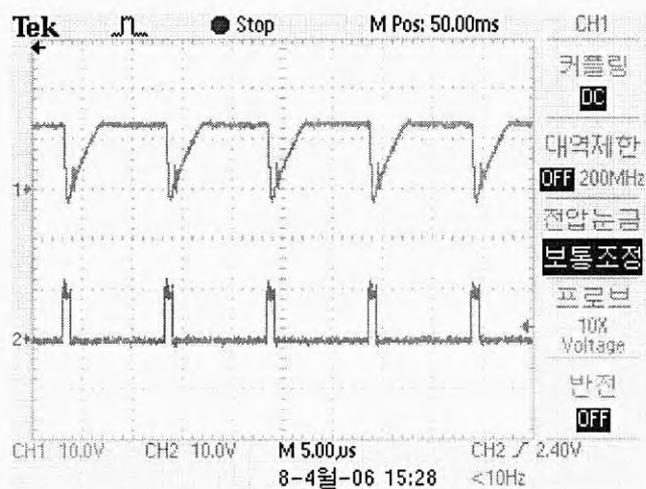
(a) 1차 시제품의 교반 장치 정상운전시의 스위칭 파형



(b) 1차 시제품의 교반 장치 구동 시작할 때 스위칭 파형(1)



(c) 1차 시제품의 교반 장치 구동 시작할 때 스위칭 파형(2)



(d) 1차 시제품의 교반 장치 구동 종료할 때 스위칭 파형
그림 3.72 1차 시제품의 교반 장치 구동시 파형

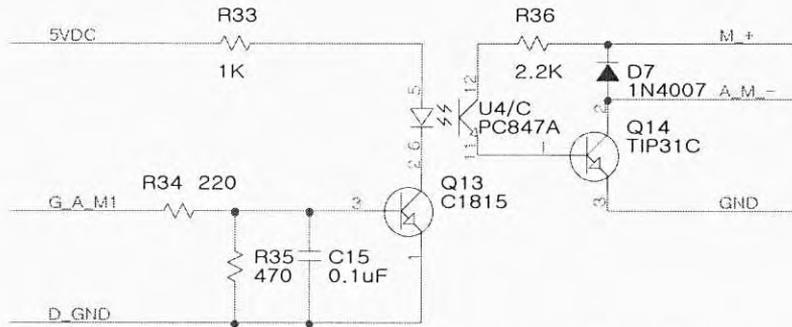


그림 3.73 2차 및 최종 시제품의 교반 장치 구동 회로

2차 및 최종 시제품에는 상기 그림과 같은 회로를 적용하여 1차 시제품에 나타났던 파형의 일그러짐을 대폭 감소 시켰다. 기본적인 회로는 정량 펌프 구동 회로와 동일한 구조로 되어 있으며, 구동 소자만이 용량에 따라 MOSFET에서 트랜지스터(TIP31C)로 변경되었다. 아래의 그림에 실제 구동시 파형을 나타내었다. Ch 1 은 포토커플러의 콜렉터 단자를 측정하는 것이며, Ch 2 는 TIP31C의 베이스 단자, Ch 3 은 TIP31C의 콜렉터 단자(모터의 (-) 단자)를 측정하는 것이다. 그림에 나타나듯이 스위칭을 하는 순간에도 모터측에서 노이즈 성분이 유입되지 않음을 알 수 있다.

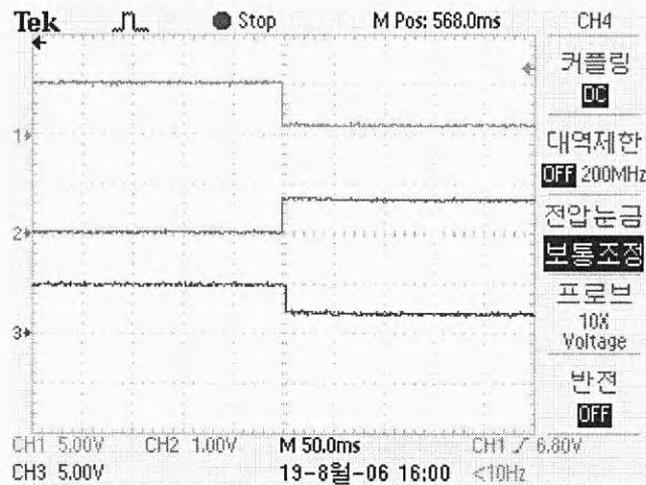


그림 3.74 2차 및 최종 시제품의 교반 장치 구동 스위칭 파형

라) 이온 전극 이동용 스텝 모터 구동 회로 실험

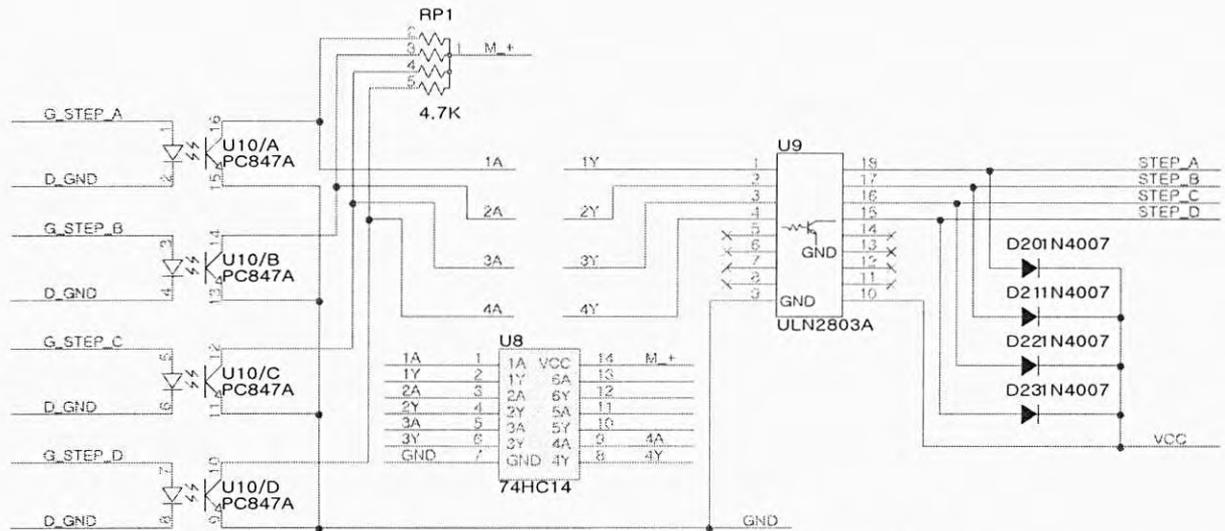
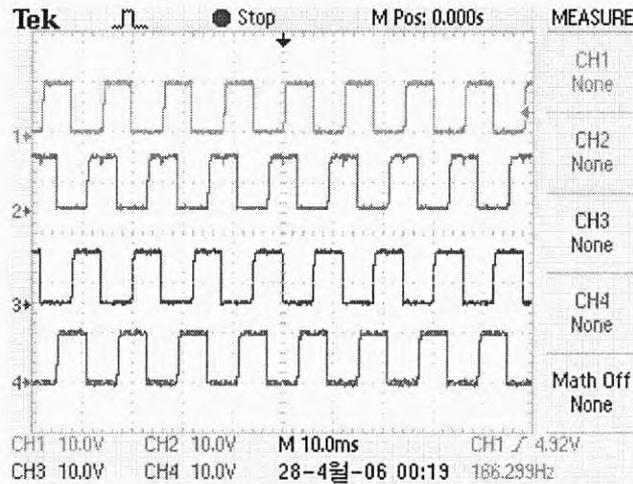


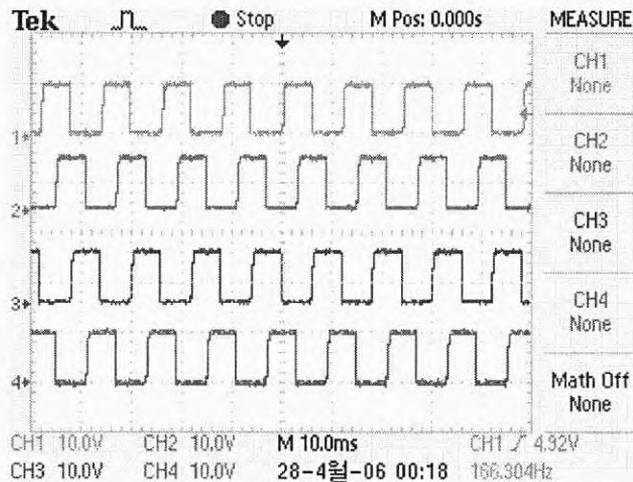
그림 3.75 이온 전극 이동용 스텝 모터 구동 회로

리니어부시와 지지대, 가이드 등을 이용하여 이온 전극을 이동시키는 데에는 스텝 모터를 이용하여 정밀한 제어가 가능하도록 하였다. 스텝 모터를 구동하는 회로도 다른 회로들과 마찬가지로 포토커플러를 거쳐 전기적 절연상태를 유지하게 하였으며, 포토커플러의 후단에 풀업저항과 Inverter 소자를 사용하여 논리적으로 CPU에서 출력되는 신호가 바로 스텝 모터를 구동할 수 있도록 하였다. 스텝 모터를 직접 구동하는 부분은 달링턴 트랜지스터 어레이 소자(ULN2803)을 사용하여 충분한 전류용량을 가지게 하였다.

리니어부시의 상부와 하부에 부착한 접점 스위치의 신호에 따라 지지대가 나사를 이탈하지 않는지, 지지대는 정해진 이동 루트를 따라 적절히 움직이는지 실험해 보았다. 다음의 그림들은 스텝 모터를 정방향 혹은 역방향으로 구동할 때 DAU 모듈의 트랜지스터 스위칭 부분에 인가된 전압을 측정한 파형이다. 즉, Ch 1 ~ Ch 4 는 ULN2803 소자의 출력단을 측정한 것이다. 그림 (a) 는 정방향으로 동작하고 있을 때의 파형을 나타낸 것이며, 그림 (b) 는 역방향으로 동작하고 있을 때의 파형을 나타낸 것이다.



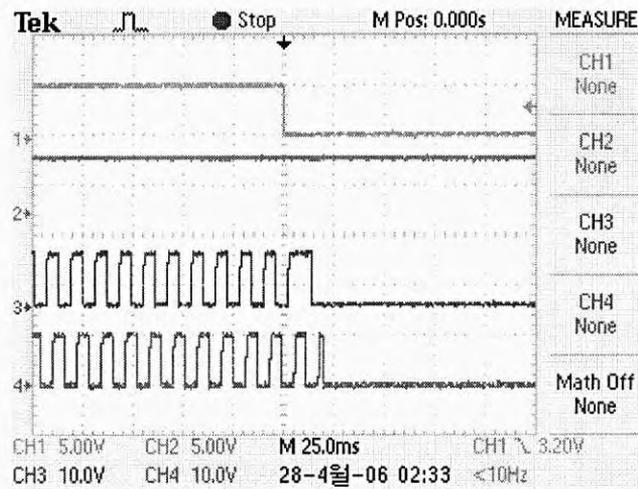
(a) 정방향시



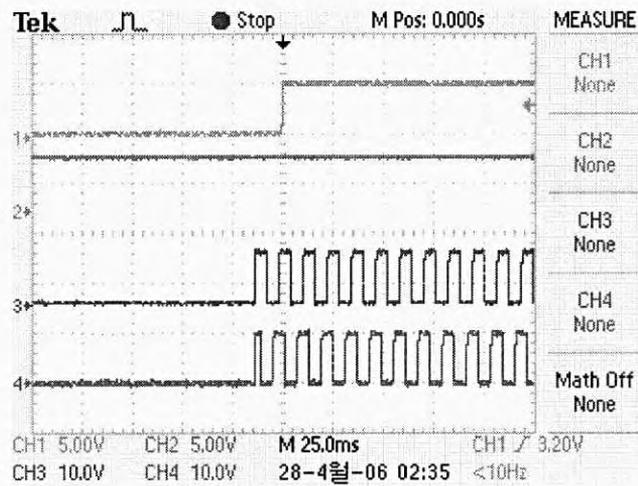
(b) 역방향시

그림 3.76 스텝 모터 구동 스위칭 파형

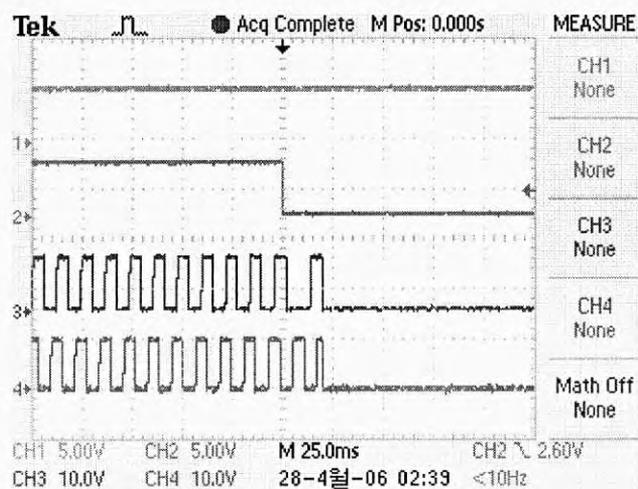
다음의 그림들은 리니어부시 상·하부 및 좌·우에 위치한 접점 스위치에 신호가 들어왔을 때 스텝핑 모터의 회전 방향이 바뀌는 동작이 정확히 이루어지는 모습을 나타낸다. 그림에서 Ch 1 과 Ch 2 는 각각 접점 스위치의 상태를 나타내며, Ch 3 과 Ch 4 는 스텝 모터의 구동 파형이다. 그림 (a) 는 상부 접점 스위치가 붙었을 때 스텝 모터가 정지하는 파형을 나타낸 것이고 그림 (b) 는 스텝모터가 구동하여 아래 방향으로 움직일 때 상부 접점 스위치가 떨어지는 것을 나타낸다. 그림 (c) 는 하부에 도달했을 때 접점 스위치가 붙는 것을 나타내며, 그림 (d) 는 스텝모터가 구동하여 위 방향으로 움직일 때 하부 접점 스위치가 떨어지는 것을 나타낸다.



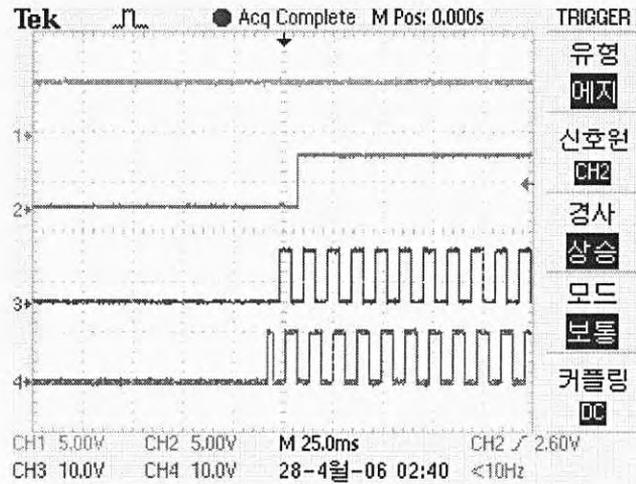
(a) 상승하여 최고점에 도달할 때



(b) 최고점에서 하강할 때



(c) 하강하여 최저점에 도달할 때



(d) 최저점에서 상승할 때
그림 3.77 모터의 동작에 따른 파형

다음의 그림은 1차 시제품의 이온 전극을 고정하는 지지대가 보관용기에서 측정용기로 이동할 때의 동작 파형을 나타낸 것이다. 지지대가 이동하여 나사 상부의 점점 스위치가 동작하면 스텝핑 모터가 멈추고 지지대를 고정하는 DC 기어모터가 동작한 뒤, 다시 스텝핑 모터의 회전 방향이 바뀌어 지지대가 측정 용기로 정확히 투입되도록 하는 동작이다.

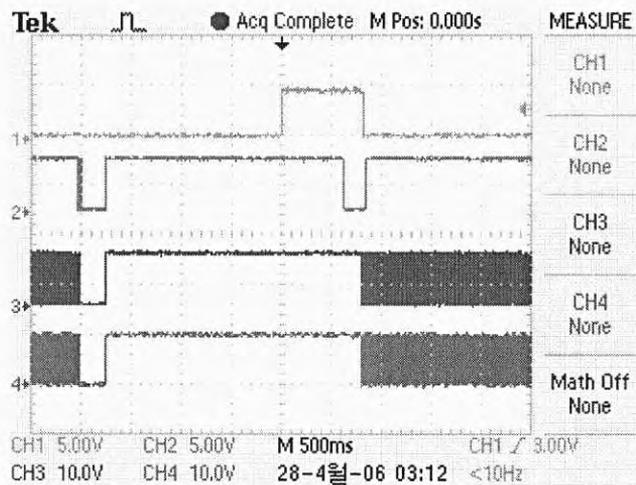


그림 3.78 1차 시제품의 DC 기어 모터와 점점 신호, 스텝핑 모터의 동작 파형

마) A/D Converter 제어 회로 실험

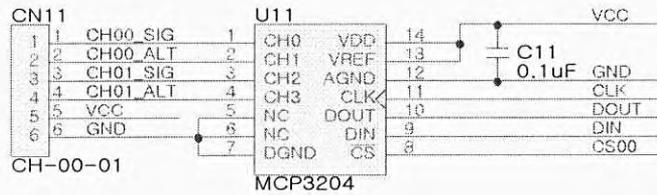


그림 3.79 A/D Converter 제어 회로

다중 신호 처리 모듈을 거쳐 나오는 0~5V 범위의 아날로그 신호는 12bit A/D Converter 인 MCP3204 소자로 전달되어 디지털 값으로 변환된다. 변환된 신호는 SPI 통신을 이용하여 CPU와 데이터를 주고받는다. MCP3204는 하나의 소자에 총 4개의 A/D Converter 채널을 가지므로 2개의 이온전극을 측정할 수 있도록 되어있다. 8개의 MCP3204를 사용하여 총 32개의 A/D Converter 채널, 최대 16개의 이온전극을 이용하여 측정할 수 있도록 하였다. 다음의 그림들은 칩 선택 회로를 제어하여 MCP3204 소자에서 데이터를 받는 동작을 보여준다. Ch 1 은 MCP3204의 \overline{CS} 단자, Ch 2 는 DIN 단자, Ch 3 는 DOUT 단자, Ch 4 는 CLK 단자를 측정하여 나타낸 것이다. Ch 1 에 칩을 선택하는 파형이 나타나고 Ch 2 에 CPU에서 MCP3204 소자로 명령을 주는 파형, Ch 3 에 MCP3204에서 CPU로 측정된 아날로그값을 디지털로 변환하여 데이터를 출력하는 모습을 나타낸다. 입력 및 출력 데이터는 Ch 4 에 나타나는 Clock 과 동기화 하여 전송된다.

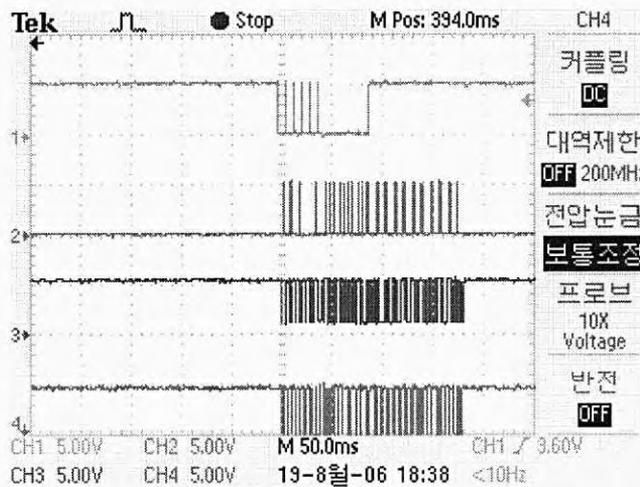


그림 3.80 A/D Converter 데이터 전송 실험 파형

바) 통신 회로 실험

IT 기반의 제어시스템 신호처리 모듈과 육상의 관리 시스템의 데이터 통신을 위하여 RS232 회로를 기본으로 하여 5V 레벨의 신호와 RS485 회로로도 연동 가능한 회로 시스템을 구성하여 시제품을 제작하였다. 다음의 그림에 1차 및 2차, 최종 시제품에 적용된 통신 시스템의 회로도도를 나타내었다. 마이크로 컨트롤러는 5V 레벨의 신호만을 인식하므로 MAX232, MAX485 등과 같은 소자를 사용하여 RS232, RS485 레벨의 신호를 5V 레벨의 신호로 변환하였다. 반이중 통신 규격인 RS485를 사용하기 위하여 흐름의 방향을 제어하는 단자도 CPU에 연결할 수 있도록 하였으며, 덤스위치를 사용하여 각각의 모드를 설정할 수 있도록 하였다.

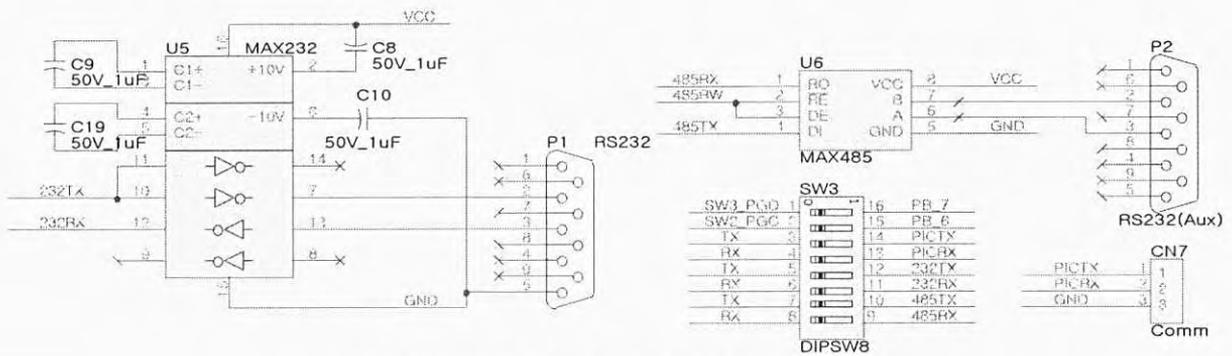
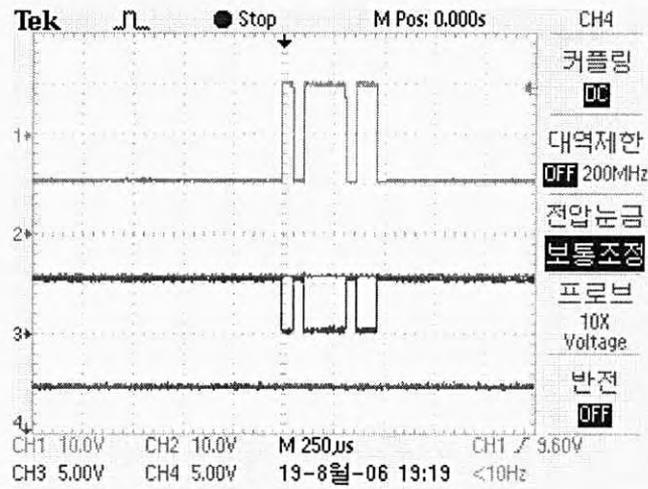
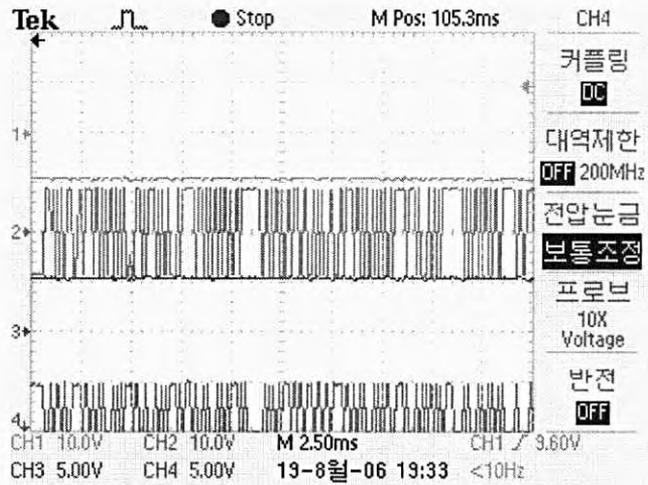


그림 3.81 시제품에 적용된 통신 회로

다음의 그림들은 실제 통신 실험의 파형을 나타낸 것이다. Ch 1 은 외부에서 데이터가 들어오는 RS232 레벨을 측정된 것이며, Ch 2 는 출력되는 단자를 측정된 것이다. Ch 3 은 TTL 레벨의 입력단자, Ch 4 는 TTL 레벨의 출력 단자를 측정된 것이다. 그림 (a) 는 육상의 관리소 측에서 제어모듈로 측정 데이터를 요구하는 시기의 파형을 나타내는 것으로 RS232 레벨의 신호가 정확하게 TTL 레벨의 신호로 변환되어 CPU로 입력되는 것을 알 수 있다. 그림 (b) 는 제어시스템 신호처리 모듈에서 측정된 데이터를 육상의 관리소 측으로 보내는 과정에 측정된 것으로, 마찬가지로 원활한 동작을 수행하고 있음을 보여주고 있다.



(a) 데이터 요구 명령



(b) 측정 데이터 전송

그림 3.82 통신 회로 실험 파형

라. 태양광 전력 공급 시스템

1) 발전 제어 하드웨어 구성

전력공급이 원활하지 못한 해상환경에서는 태양광 발전 시스템과 같은 대체에너지 활용이 아주 중요하다. 다음의 그림에 시제품에 적용된 태양광 전력 공급 시스템의 개념도를 나타내었다.

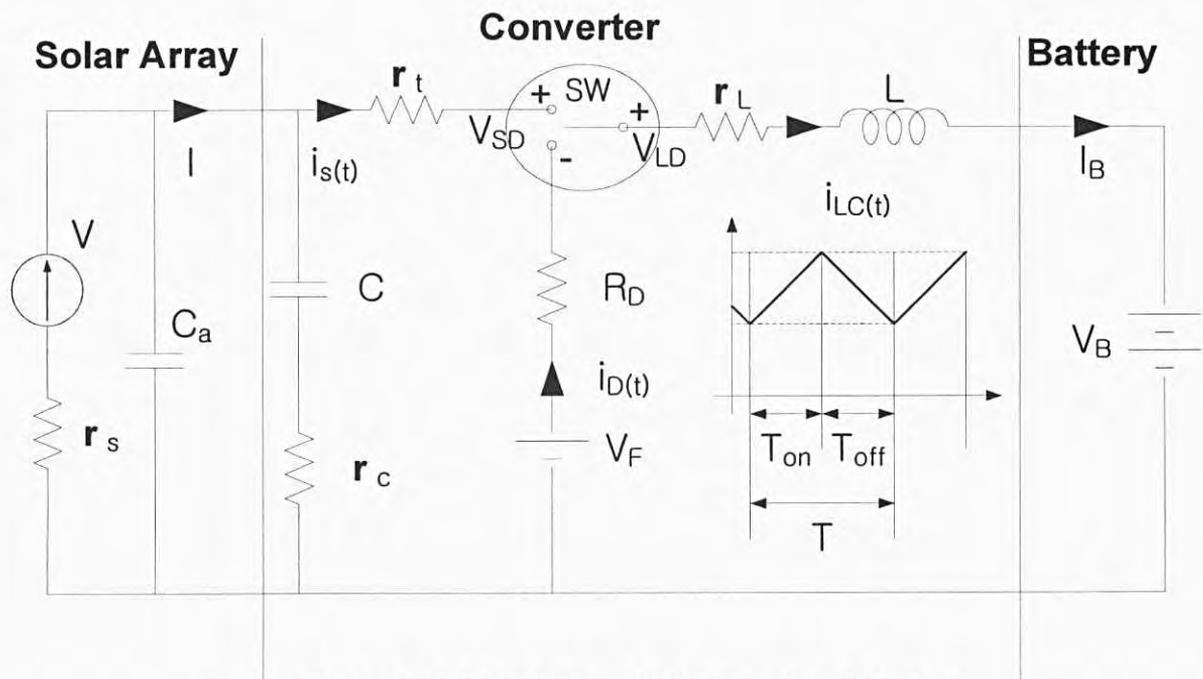


그림 3.83 시제품의 태양광 전력 공급 시스템의 회로

다음의 그림은 태양광 전력 공급 시스템의 제어 블록도이다. 마이크로 컨트롤러에 의해 생성된 PWM신호는 펄스트랜스에 전달되고, 이로 인해 스위칭/컨버터부가 구동되게 된다. 마이크로 컨트롤러에 의해 태양전지와 축전지로부터 전류와 전압을 검출하고, 검출 순간의 전력 값과 그전의 전력 값의 차를 비교하여 동작점이 최대출력 점에 존재하는지를 판단한다. 전력 차가 '0'이면 태양전지가 현재 최대출력이라 판단할 수 있으므로, 그전의 전력 값을 순간의 전력 값으로 업데이트하여 저장하고 다음 제어 루프를 수행한다. 하지만, 전력 차가 '0'이 아니면 '0'이 되도록 스위치의 듀티비를 조절하여 동작점이 최대출력점에 존재하도록 한다. 이러한 동작이 MPPT(Maximum Power Point Tracker) 동작이며, 해상 환경과 같은 특수한 조건에서는 태양광 전력 공급 시스템의 MPPT 운용이 매우 효과적이므로 반드시 적용되어야 한다.

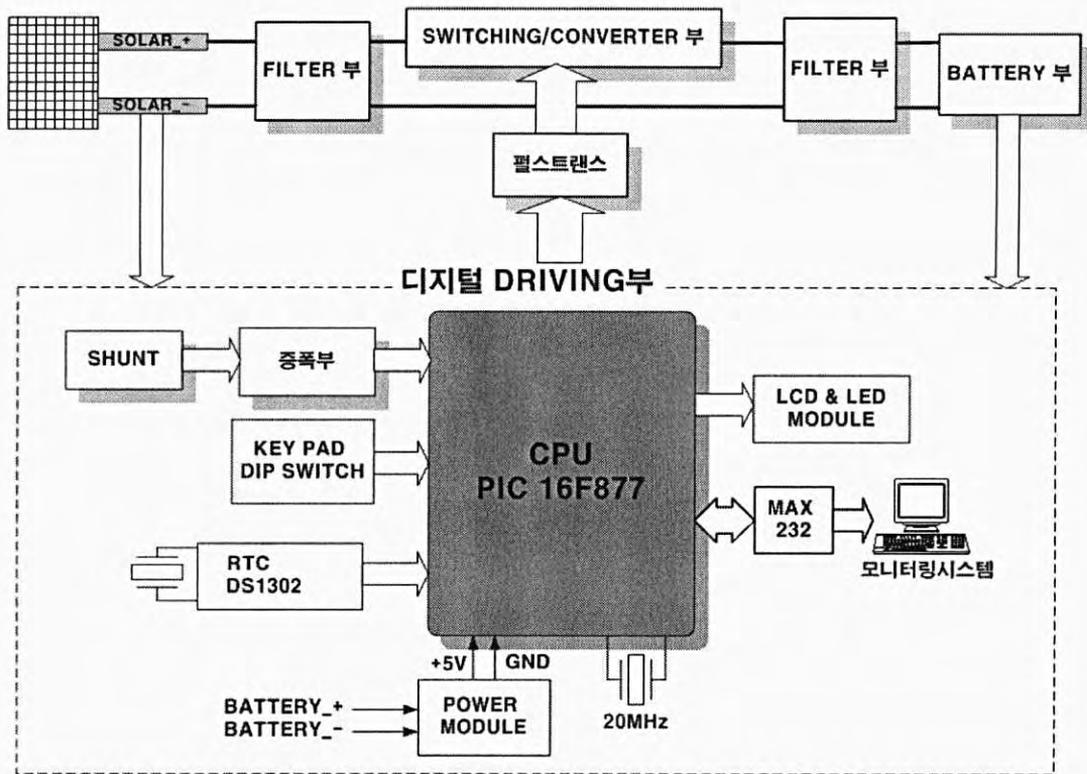


그림 3.84 시제품의 태양광 전력 공급 시스템의 제어 블록도

1차 시제품에 적용된 시스템은 다음의 그림과 같은 회로로 구성되어 있으며 Buck 컨버터를 기본으로 하는 전력제어부와 High-side MOSFET의 구동을 위한 스위칭부, 그리고 이들을 제어하기 위한 CPU부 등으로 구성되어 있다. 태양광 전력 공급 시스템에도 RS232 데이터 통신을 위한 회로가 포함되어 있으며, 태양전지에서 발생하는 전압 전류 등의 측정치와 MPPT 제어 상태와 같은 데이터를 전송하게 된다.

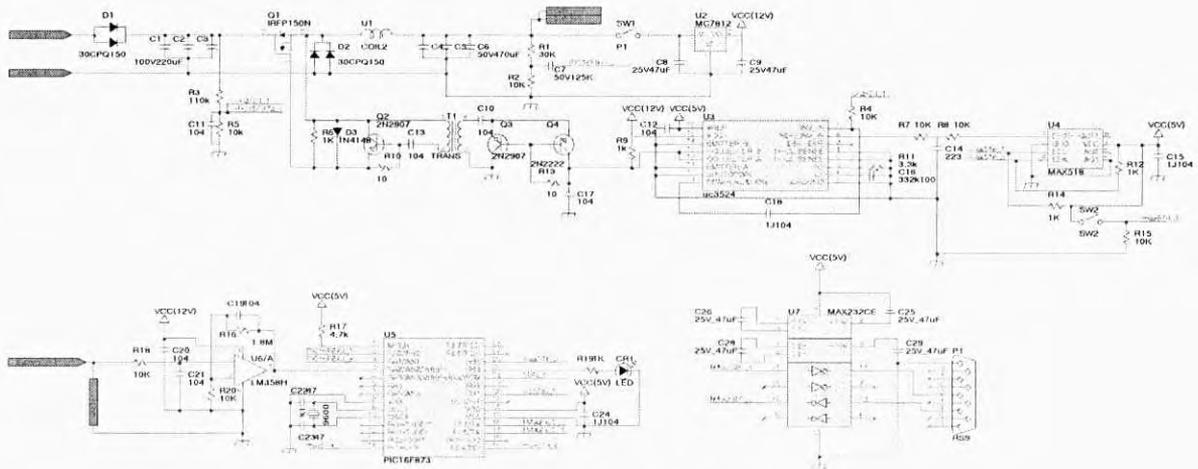
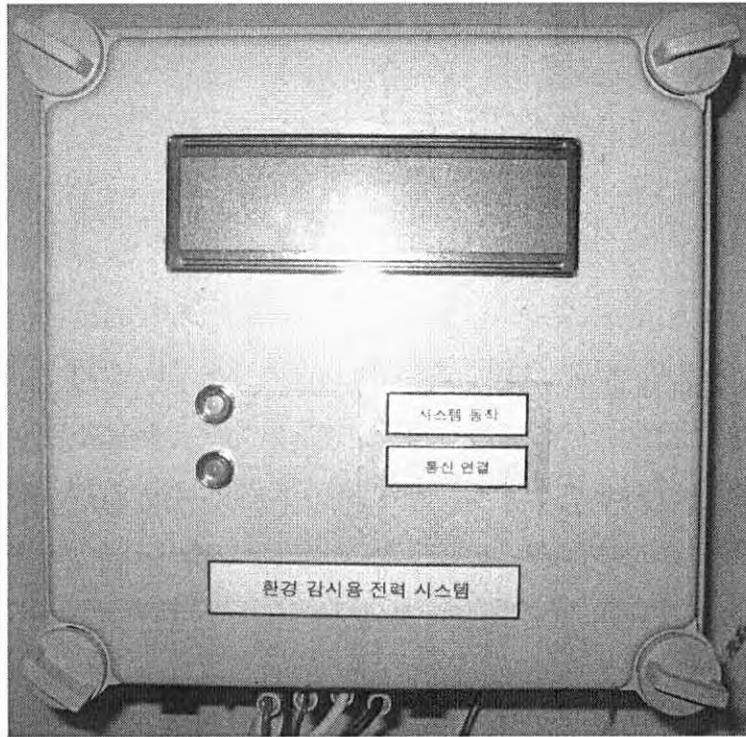
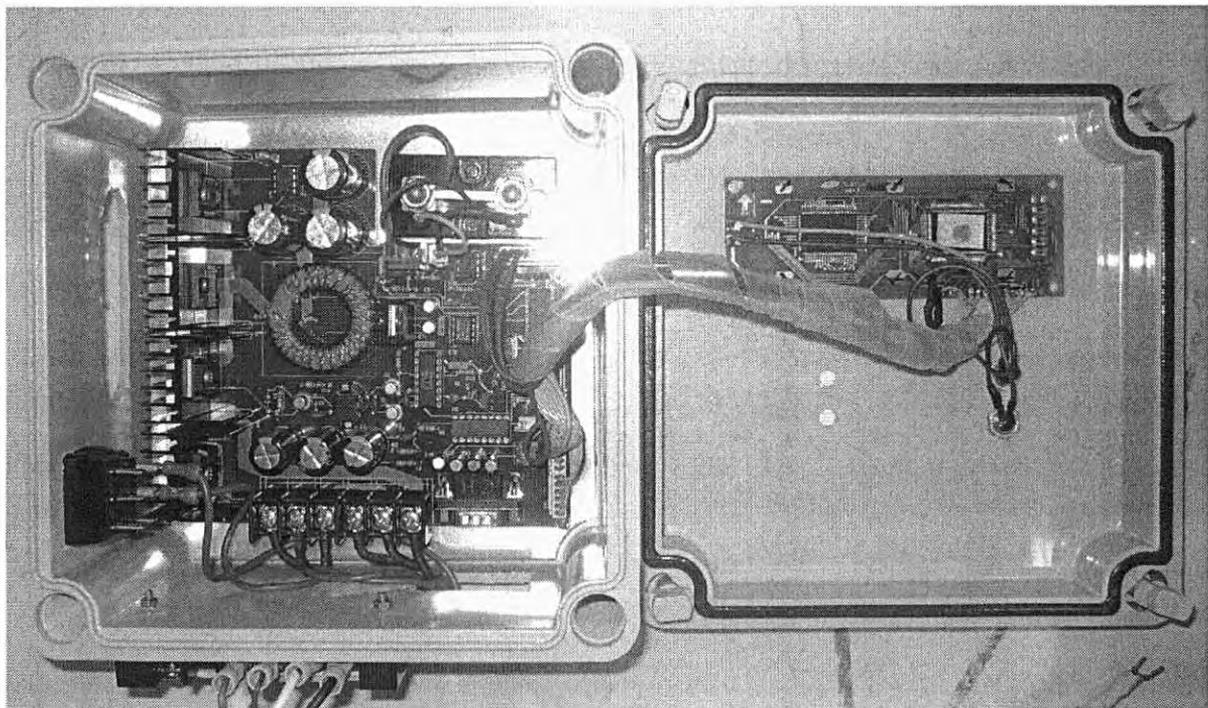


그림 3.85 1차 시제품의 태양광 전력 공급시스템의 회로도

다음의 그림에 1차 시제품의 실제 외형과 구성된 사진을 나타내었다.



(a) 1차 시제품의 외형



(b) 1차 시제품의 내부

그림 3.86 1차 시제품의 태양광 전력 공급 시스템

1차 시제품을 이용하여 오랜 기간 실험하여 현재 해상 가두리 양식장의 시스템에 불필요한 부분을 줄이고 전류 및 전압 측정의 정확도를 높이는 등 시스템 개선작업을 하였다. 몇 가지 개선 사항 중 가장 큰 변화는 Buck 컨버터의 스위칭 소자를 N채널 MOSFET에서 P채널 MOSFET으로 변경하고 이에 따른 스위칭 구동부분의 수정이었다. Buck 컨버터의 스위칭 소자로 일반적으로 N채널 MOSFET을 사용하는 것이 일반적이거나 P채널 MOSFET으로 변경하여 적용한 이유는 Fail-safe 개념의 도입을 위해서이다.

- Fail-safe - 제어 장치가 오동작 하거나 제어 불능 상태가 되는 경우, MPPT 제어는 하지 못하더라도 기존에 사용 중인 직결연결(태양전지와 축전지를 1:1로 연결하는 방법)하는 것과 마찬가지로 형태로 유지 할 수 있어야 함.

다음의 그림은 수정된 2차 및 최종 시제품의 태양광 발전 전력 제어 장치의 회로도 이다. 기능적으로는 1차 시제품과 크게 차이가 없으나 성능과 안전성면에 있어서는 좀 더 나은 효과를 보여주었다.

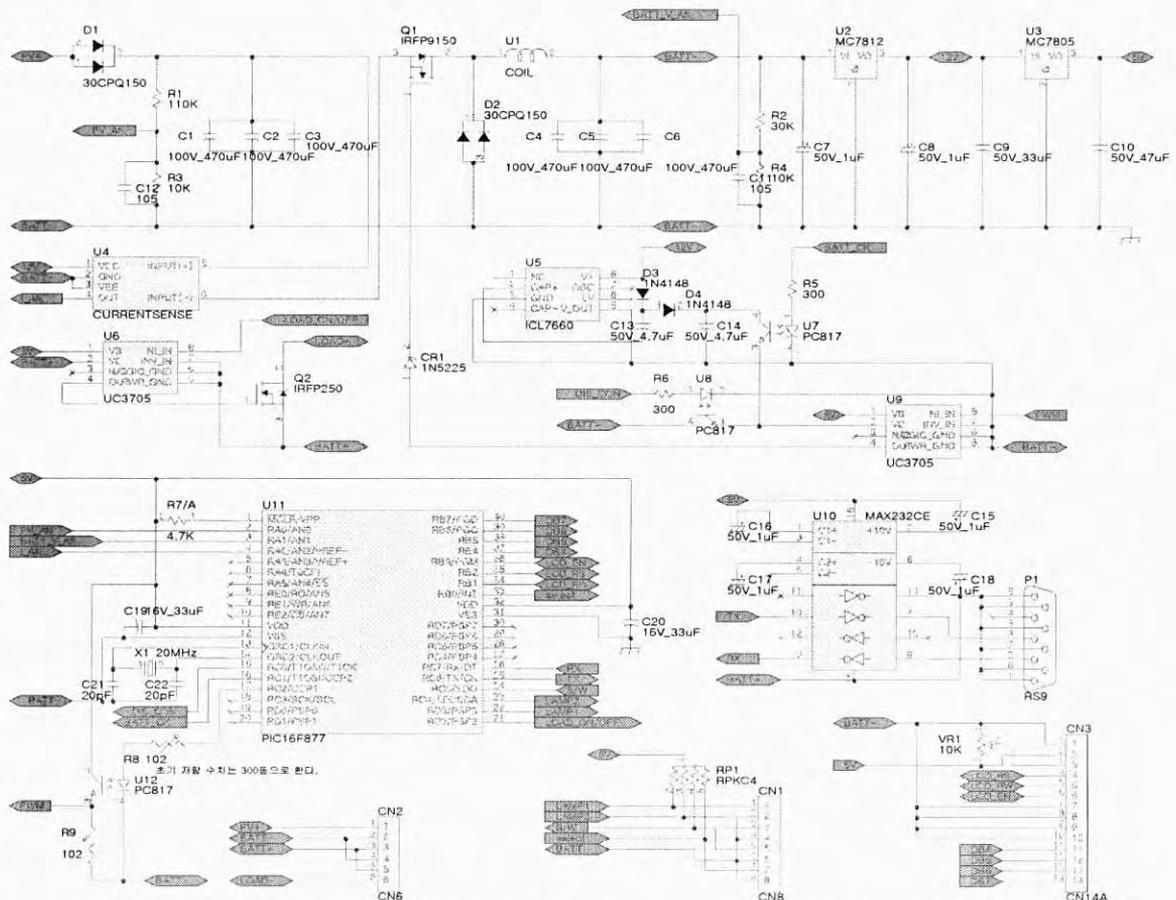


그림 3.87 최종 시제품의 태양광 전력 공급 시스템 회로도

다음의 그림은 2차 및 최종 시제품의 태양광 전력 공급 시스템의 실제 사진을 나타낸 것이다. 1차 시제품 보다 부피가 작아졌으나 기본 충전 성능은 동일하거나 조금 나아졌으며, 전류 측정의 정밀도도 높아졌다. 또한 다른 모듈들과 보드의 크기를 동일하게 하여 실제 설치 시에도 보다 편리하게 설계하였다.

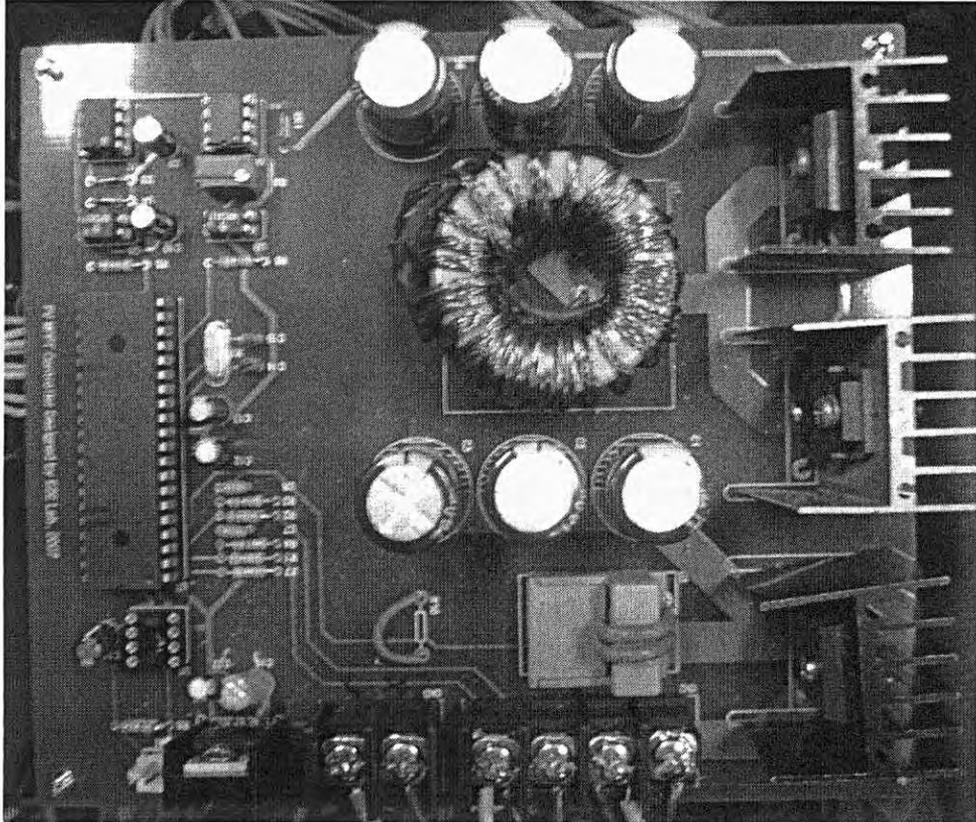
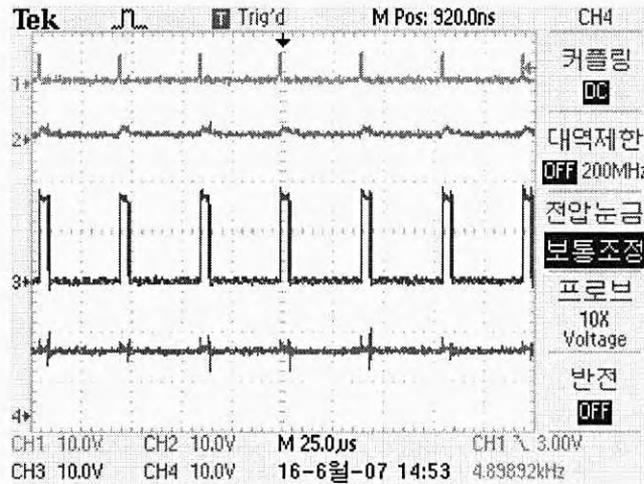


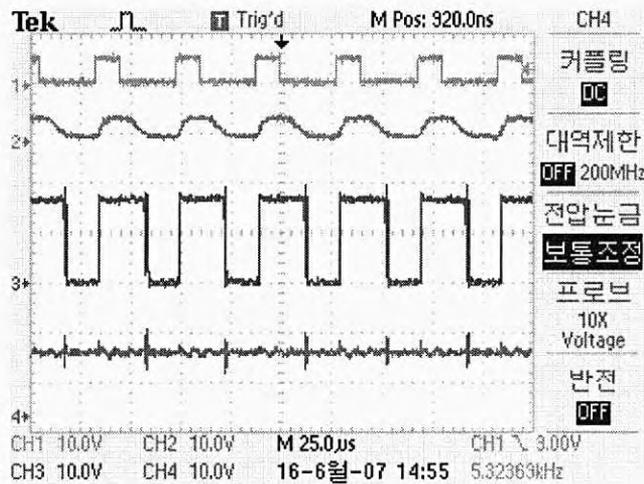
그림 3.88 최종 시제품의 태양광 전력 공급 시스템 장착 사진

2) 태양광 발전 제어 시스템의 실험

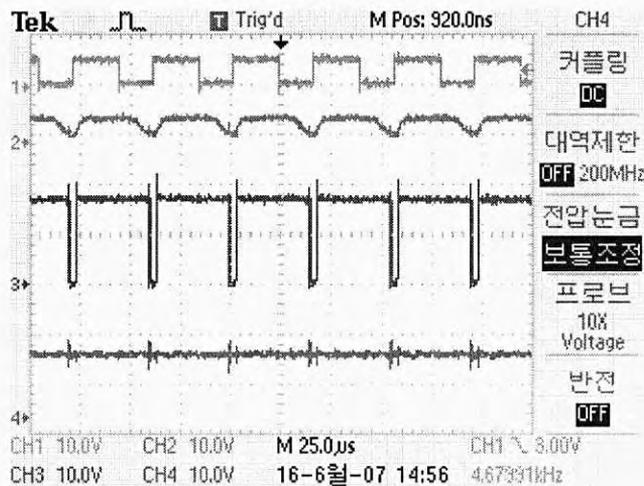
태양광 전력 공급 시스템의 가장 핵심인 MPPT 제어는 PWM을 통하여 이루어지므로 CPU에서 출력되는 신호에 따라 출력 전압이 정확히 변화하는지를 알아보았다. 다음 그림들의 Ch 1 는 CPU에서 MOSFET 드라이버 단으로 출력되는 신호를 측정한 것이고 Ch 2 는 드라이버단의 중간변환지점, Ch 3 는 MOSFET 구동 신호를 측정한 것이다. Ch 4는 Buck 컨버터의 코일을 지나 축전지로 충전되는 부분의 전류를 측정한 것이다. 그림 (a) 는 duty가 적을 때, 그림 (b) 는 중간, 그림 (c) 는 최대일 때를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 제어신호에 따라 출력값이 변화함을 알 수 있다.



(a) 최저 duty 인 경우



(b) 중간 duty 인 경우



(c) 최고 duty 인 경우

그림 3.89 MPPT 제어 동작 확인 실험

마. Vision 신호 처리 모듈

1) 외해 수중 가두리 양식장에 적용 가능한 수중카메라 실태 조사

영상 신호 처리 모듈을 개발하기 위해서는 우선, 신호의 출력 대상인 수중 카메라에 대한 정확한 특성이 파악되어야 하므로 현재 국내 유통 가능한 수중 카메라에 대하여 자료를 조사하고 각각의 특성을 비교하여 본 과제에 사용할 수중 카메라를 선정하고, 선정된 카메라를 기준으로 신호처리 모듈을 설계 개발하였다.

국내 시장 조사 결과 외해 수중 가두리 양식장용 감시 시스템에 적용 가능한 수중카메라 시스템의 제조 기술을 보유하고 있는 업체는 국내 약 4개 업체 정도로 파악되었으며, 이들 업체의 카메라 특성과 가격 등을 비교하면 다음의 표와 같이 나타낼 수 있었다. 본 연구개발과제에 사용될 수중 카메라는 카메라 특성 뿐 아니라 소비전력에도 유의하여야 하므로 최종적으로 A 사의 수중카메라를 선택하여 과제를 진행하였다.

표 3.21 업체별 수중카메라 비교표

구분	A	B	C	D
수중 카메라 특성	-1/4" Sony Super HAD CCD -0.1Lux -수심 100m -White LED -NTSC(PAL)	-Color CCD -0.1Lux -수심 100m -White LED -NTSC(PAL) -PTZ 제어	-Color CCD -수심 30m -적외선 촬영 -무선 신호 출력 수신거리 10m	-1/3" Sony HAD CCD -0.1Lux -수심 100m -할로젠램프 -NTSC(PAL)
사용전력 (DC12V)	8W (조명 포함)	20W (조명 포함)	4W (조명 별도)	42W (조명 포함)
비고	수중케이블 100m 포함	-	무선으로 영상을 전송하므로 신호처리모듈의 개발이 용이함	-
단가(천원)	2,500	6,500	2,200	4,000

표 3.22 선정된 수중 카메라 사양

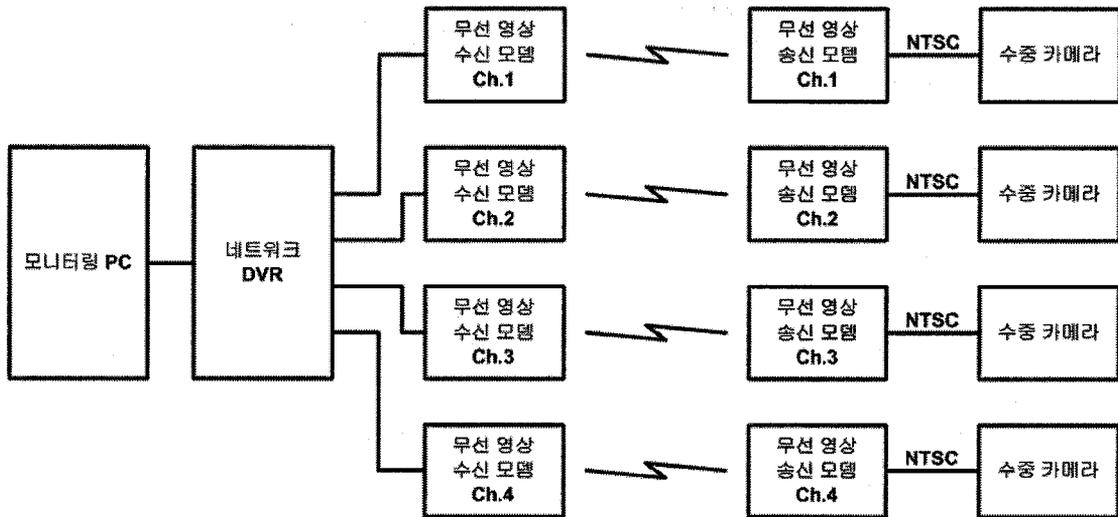
촬상소자	1/4" SONY Super HAD CCD
유효화소	410K
촬상방식	INTERNAL SYNC
TV SYSTEM	NTSC, Pal
렌즈	기본 6mm (53°)
S/N Ratio	1.0V p-p 75ohm
영상출력	400mA
최저조도	-0 Lux
램프수명	Max. 50,000 Hour
외장케이스	Stainless Steel (Sus 316L)
카메라 수압	30Kg / Cm ²
사용온도	-30℃~60℃
사용전원	DC18V / 500mA
소비전력	3W
규격	Ø85 x 145mm
무게	3.5kg

2) 영상 신호를 무선으로 전송하기 위한 방법

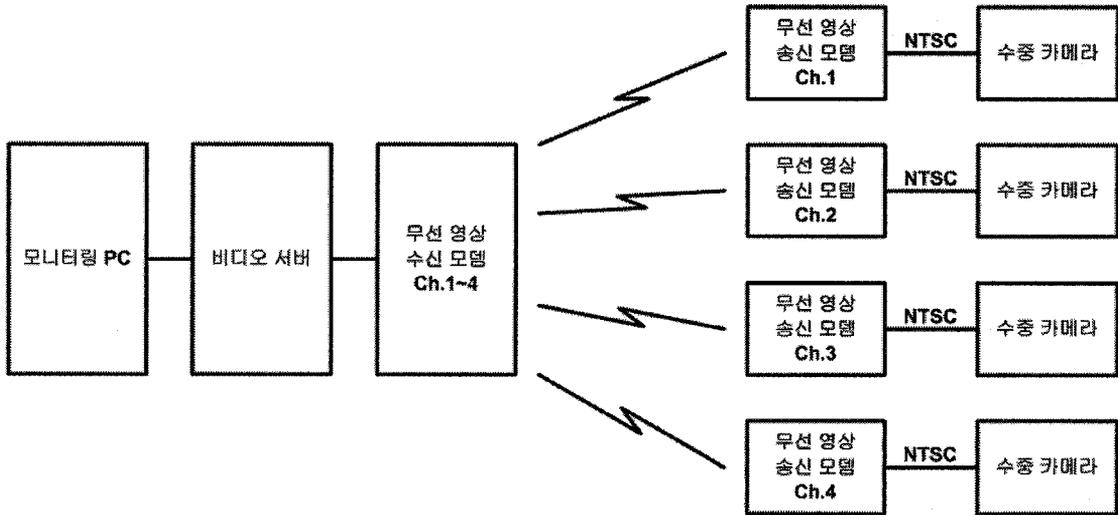
NTSC 출력 방식의 수중 카메라의 영상을 관리소로 전송하기 위하여 다음과 같은 사항을 필수적으로 고려해야한다.

- 수중 카메라는 1대 혹은 다수가 설치될 수도 있음.
- 영상 신호를 전송하는 것 이외의 다른 제어 장치의 신호도 하나의 통신 모뎀을 통하여 전송이 가능하도록 해야 함.(수중 카메라 제어 모듈, 전력 관리 모듈 등등)

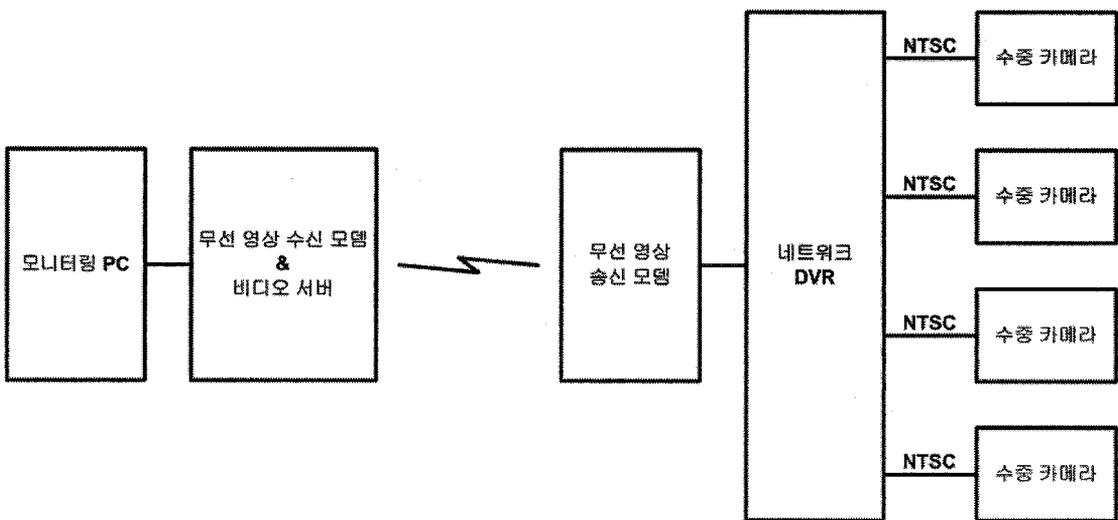
연구개발과제 수행을 위하여 현재 국내에 개발되어 있는 무선 영상 시스템에 대하여 조사해 본 결과 대부분 육상의 CCTV 관리 시스템을 대상으로 기술개발이 진행되어 있으며, 그 구성은 다음의 그림과 같이 3가지와 같은 방식을 벗어나지 않았다(IP Camera 제외, NTSC 출력 방식 기준).



(a) 모뎀을 1:1 로 구성하는 방법



(b) 모뎀을 1:N 으로 구성하는 방법



(c) 네트워크 DVR을 사용하는 방법

그림 3.90 육상에 사용 중인 무선 영상 통신 방법

우선 육상의 무선 영상 카메라 시스템은 각종 CCTV 업체와 보안업체 등 상용화가 활발히 진행되어 있었으며, 수중카메라에서 주로 사용 되는 NTSC 출력 방식의 카메라 보다는 Web Sever 기반의 IP 카메라가 주로 사용되고 있는 실정이었다. 이렇게 아날로그 출력(NTSC) 방식보다 디지털 출력 방식의 카메라가 주로 사용되는 이유는, 디지털 출력 방식의 카메라 제조 기술이 발달하여 아날로그 출력 방식의 카메라와 유사한 해상도를 가질 수 있으며, 데이터 전송에 아날로그 보다 디지털이 유리한 입장을 가지기 때문이었다.

그러나 이러한 디지털 방식의 IP Camera는 수중 카메라로는 제작되지 않으며, IP Camera를 수중카메라로 사용하기 위해서는 IP 카메라 뿐만 아니라 수십 30m 이상의 수압을 견디는 하우징 장치와 최소한의 조명 장치 그리고 카메라 제어 신호 모듈 등을 별도로 제작하여 첨가 하여야 하므로 시스템 구성에 있어 경제적인 문제점이 많았다.

앞선 그림들은 아날로그 출력 방식을 사용하는 CCTV 관리 시스템의 구조를 나타낸 것이다. 그림 (a) 에는 하나의 카메라에 하나의 무선 영상 송·수신모뎀이 장착되며, 최종적으로 네트워크 DVR 등을 통하여 모니터링 PC로 데이터가 전송되게 된다. 그림 (b) 는 수신 모뎀을 하나로 통합한 것이고, 그림 (c)는 네트워크 DVR(Digital Video Recorder)이 다수의 카메라로부터 입력 신호를 받고, 이를 무선으로 모니터링 PC 로 전송해 주는 구조이다.

육상의 시스템을 바탕으로 해상 가두리 양식장에 적용 가능한 신호 처리 시스템 구조를 다음의 그림과 같이 설계하였다. 무선 LAN 구조를 응용하여 확장이 용이하도록 하고 영상 처리 신호 이외의 각종 제어기 신호들도 하나의 무선 랜 통신 모뎀을 통하여 데이터 통신이 가능하도록 구성하였다. 이렇게 구성해야만 영상 신호와 환경 데이터 신호를 하나의 안테나를 통해서 송수신 할 수 있다. 영상 신호 처리 모듈로는 임베디드 리눅스 시스템을 탑재한 비디오 서버를 기반으로 본 과제에 맞도록 다중 신호 처리를 위한 소프트웨어 부분을 추가하였다.

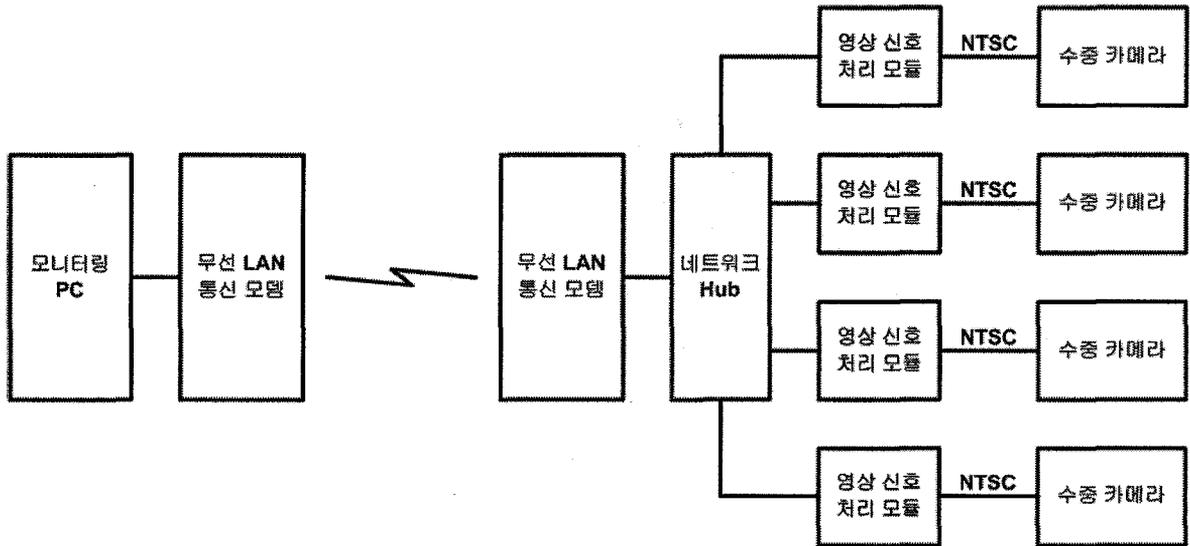


그림 3.91 연구 개발 과제에서 제안하는 무선 영상 통신 방법

표 3.23 무선 영상 시스템 구조별 특성 차이

구분	육상에서 사용 중인 구조 (a)	육상에서 사용 중인 구조 (b)	육상에서 사용 중인 구조 (c)	연구 개발 과제에서 제안하는 구조
1:N 통신 성능	가능 (DVR 성능에 따라 한계가 있음)	가능	가능 (DVR 성능에 따라 한계가 있음)	가능 (HUB에 따라 확장노드에 제한)
기타 제어장치 통신 가능 여부	불가능	불가능	가능	가능
시스템 구성 단가(카메라, 모니터링 PC 제외)	카메라 3대 이하 구성시 경제적	카메라 4대 이상 구성시 경제적	카메라 4대 이상 구성시 경제적	카메라 대수 증가에 따른 추가 비용은 영상 신호 처리 모듈만 추가하면 가능
비고	무선 구간은 아날로그 데이터를 전송함	영상신호 이외의 것을 송수신하기 어려움	DVR 성능에 따라 가격차가 큼	HUB의 가격은 DVR 가격에 비해 월등히 저렴

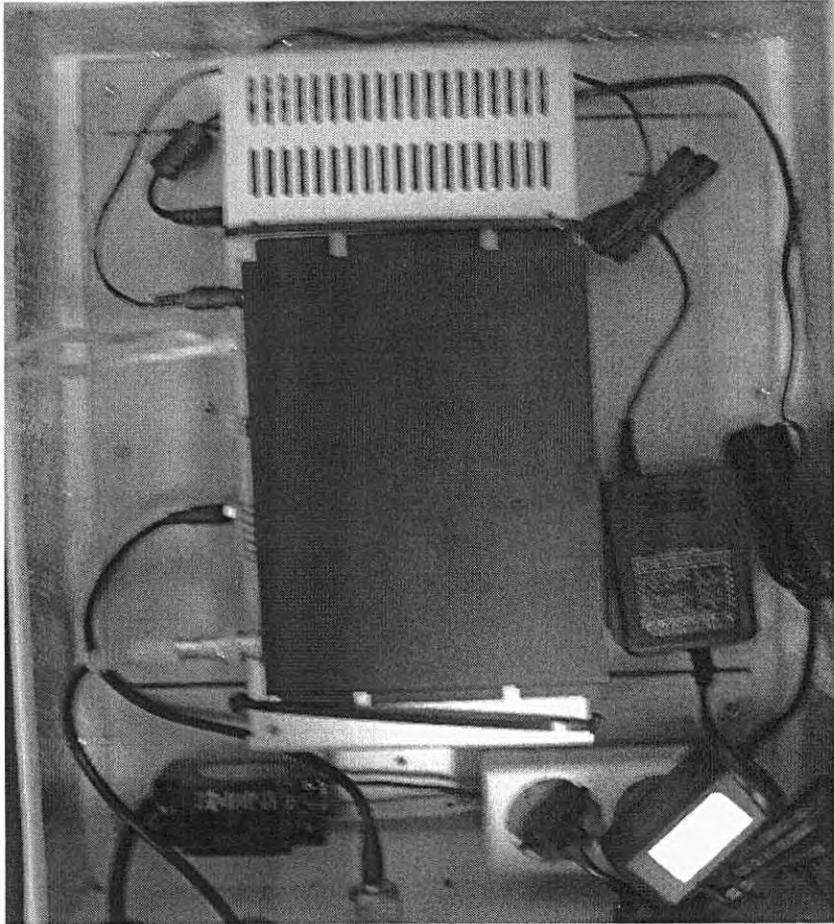
영상 신호 처리 모듈은 아날로그 영상을 수집하여 TCP/IP형태의 데이터로 변환하여 네트워크 허브로 연결한다. 기본적인 특징은 다음과 같다.

- 영상 신호 처리 모듈은 높은 압축률로 고품질의 디지털 영상과 음성 전송 가능
- 웹서버와 네트워크 인터페이스 내장
- 인터넷 브라우저를 통한 영상 확인 가능
- DDNS 접속 및 유동 IP 접속 지원을 통한 환경설정 가능
- 최적의 32bit RISC CPU를 사용한 임베디드 리눅스 OS
- ADSL 모뎀의 기구적 Reset 기능
- 엔코딩 디코딩을 보완하여 선명한 화질 출력
- 교체 및 재설정이 필요할 때 USB를 사용하여 손쉽게 자동설정 가능

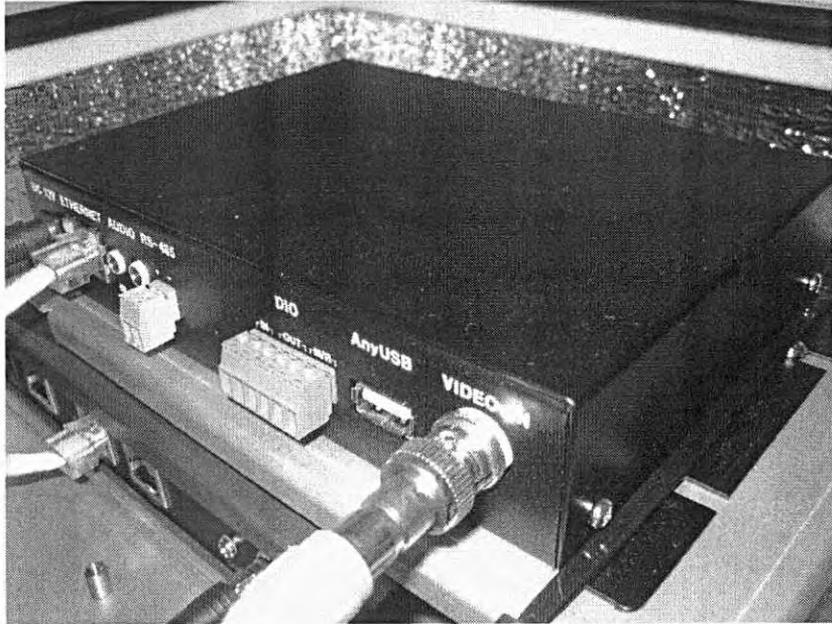
다음의 표와 그림은 영상 신호 처리 모듈의 하드웨어 사양 및 실제 사진이다.

표 3.24 영상 신호 처리 모듈의 하드웨어 사양

항목	사양
CPU	100 Mips 32bit RISC
Flash Memory	4MB
RAM	16MB
OS	Embedded Linux
Video I/O	1ch/1ch
Audio I/O	1ch/1ch(stereo)
Video Size	720x480,640x480,320x240
Codec	Mpeg4/DivX5.0
Bandwidth	32KB~4MB
Transfer Speed	30fps(720x480)
Protocol	TCP/IP, HTTP, FTP, DHCP
DIO	Input 4ch, Output 1ch
PTZ	RS485
Power	DC12V/1A(MAX.)



(a) 영상 신호 처리 모듈의 설치 사진



(b) 영상 신호 처리 모듈의 단자대
그림 3.92 영상 신호 처리 모듈

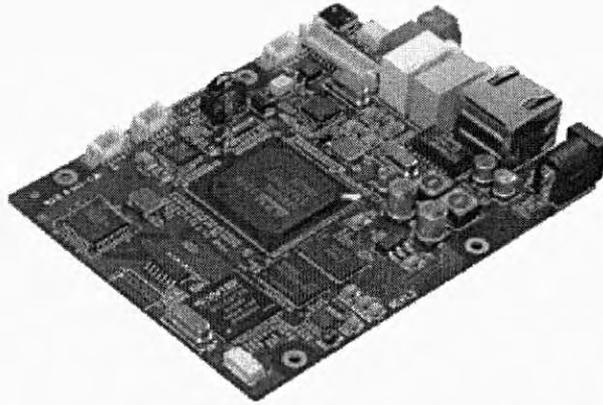


그림 3.93 영상 신호 처리 모듈 내부 회로 모습

다음의 그림은 수중 감시 카메라의 사진이다. 수중 감시 카메라는 카메라 주위로 링 형태의 광원을 배치하여 어두운 곳에서도 카메라가 정확하게 동작하도록 구성되어 있다.

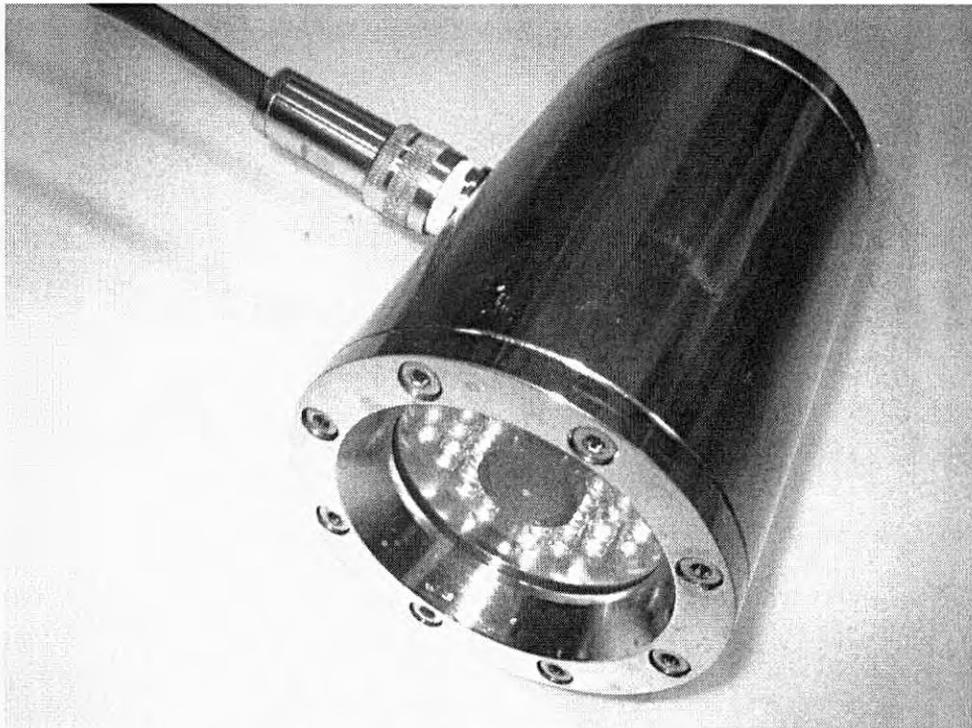


그림 3.94 선정된 수중 감시 카메라

3) 무선 LAN을 이용한 영상 신호 수집 실험

연구개발과제에서 제안하는 해상 환경에서의 무선 LAN 영상 신호 처리 시스템을 구축하여 다음의 실험을 수행하였다. 그림과 같은 2.4GHz 대 주파수를 사용하는 16dBi 패치 안테나와 5.8GHz 대 주파수를 사용하는 23dBi 패치 안테나를 사용하여 실험하였다.

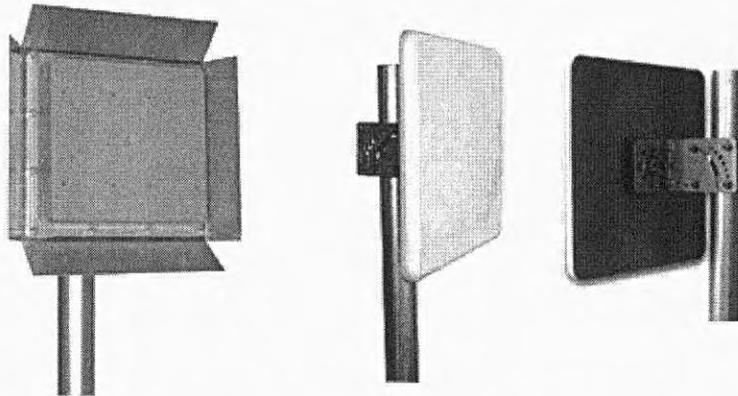


그림 3.95 실험에 사용된 안테나 사진(좌 - 2.4GHz, 우 - 5.8GHz)

표 3.25 실험에 사용된 2.4GHz - 16dBi 패치 안테나 사양

Frequency Range	2400 ~ 2483 MHz
Gain	16 dBi
VSWR	≤ 1.5
Horizontal Beam width	27°
Vertical Beam width	27°
F/B Ratio	≥ 25 dB
Polarization	Vertical / Horizontal
Normal Impedance	50 Ω
Connector	N-Female
Waterproof	Sealed with ABS
Dimension	280x265x90(mm)
Weight	1 kg
Horizontal Azimuth Adjustable Range	360°
Vertical Pitching Adjustable Range	-36° ~ +36°
Material of Antenna Cover	ABS

표 3.26 실험에 사용된 5.8GHz - 23dBi 패치 안테나 사양

Range	5150 ~ 5850 MHz
Gain	23 dBi
V.S.W.R	≤1.5
Horizontal Beam width	11°
Vertical Beamwidth	11°
Front-to-Back Ratio	≥25 dB
Polarization	Vertical / Horizontal
Normal Impedance	50 Ω
Connector	N-Female
Waterproof	Sealed with ABS
Dimensions	306x306x25(mm)
Weight	1.4 kg
Horizontal Azimuth Adjustable Range	360°
Vertical Pitching Adjustable Range	-36° ~ +36°
Material of Antenna Cover	ABS

실험은 한국해양대학교 부근에서 이루어졌으며 육상의 관리소를 한국해양대학교라고 가정하고 가능한 해상에서 통신이 이루어지도록 직선거리상 바다를 지나가는 위치에서 실험을 수행하였다. 우선 한국해양대학교 해사대학관 옥상에 PC를 설치하여 이곳을 육상의 관리소라고 가정하고 제안하는 무선 LAN 통신 방식의 시스템을 구성하여 실험을 수행하였다. 실험을 위하여 영상 장비 측에는 시계를 렌즈 앞에 설치하여 영상이 정확히 전달되는지 육안으로 확인 가능하도록 하였으며, 실험은 안테나 위치 설정 후 일정 시간 동안 초당 수신하는 영상 프레임 수를 기준으로 하여 수신율이 % 정도 되는지 알아보았다. 실험에는 초당 30 프레임을 전송하는 흑백 NTSC 방식의 카메라를 사용하였다. 무선 LAN 통신을 이용한 영상 신호 전송을 실험한 장소는 다음의 그림과 같이 두 곳의 위치를 선정하여 실험하였다. 국립 수산과학원에서 수행한 제주도의 외해 가두리 양식장 위치가 해안에서 직선거리로 약 2km 정도 되므로 그에 맞추어 실험을 수행하였다. 그림에 실제 실험 사진과 실험을 실시한 위치를 지도에 표시하였다.

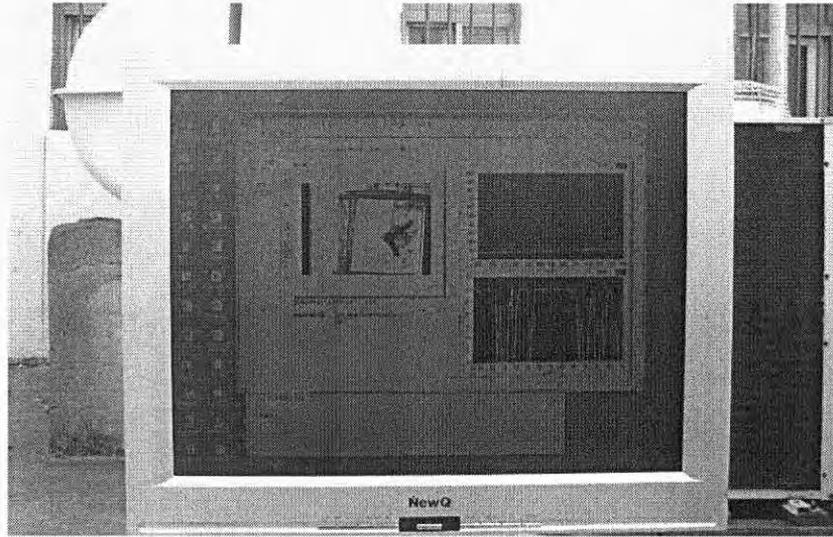


그림 3.96 실험 장면 사진

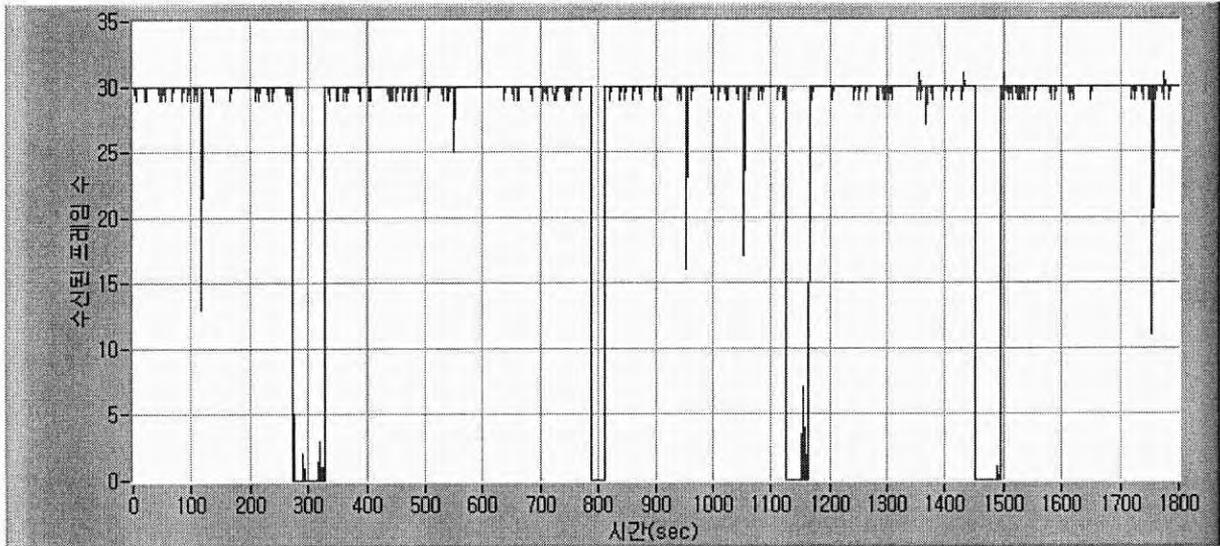


그림 3.97 무선 LAN 이용 영상 신호 실험 장소
(지도출처 : Estsoft 사의 Almap 2.5 공개용 참조)

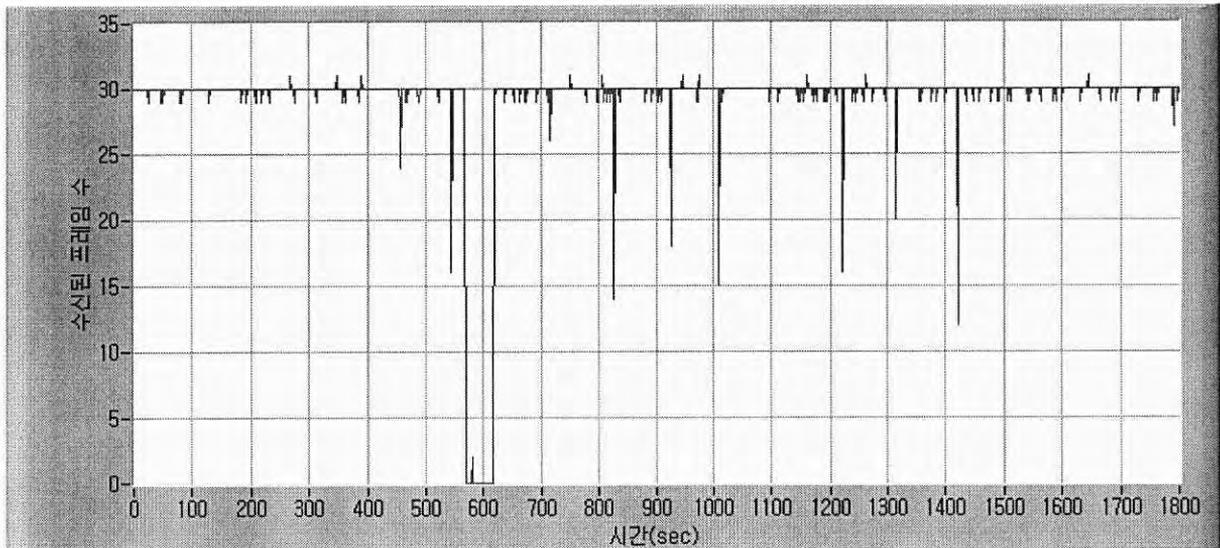
다음의 표와 그림에는 거리와 안테나에 따른 영상 데이터 수신율의 실험 결과를 비교하여 나타내었다.

표 3.27 실험 장소에 따른 영상 수신율

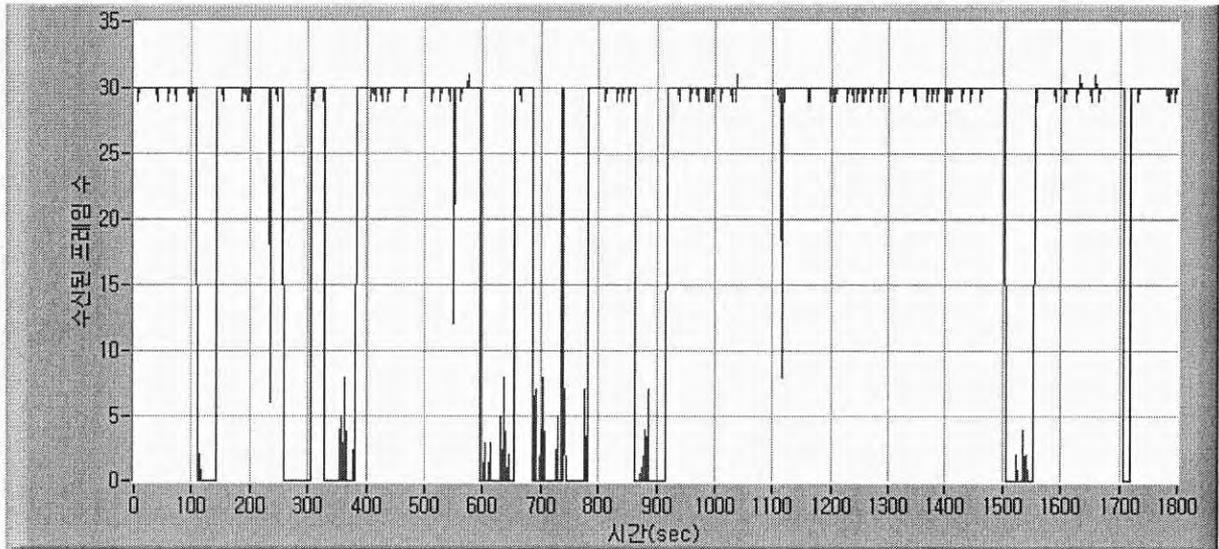
	16 dBi (2.4 GHz)	23 dBi (5.8 GHz)
해양 경찰서 (1.2km)	90.62 %	96.91 %
신선대 부두 (2.7km)	77.84 %	80.64 %



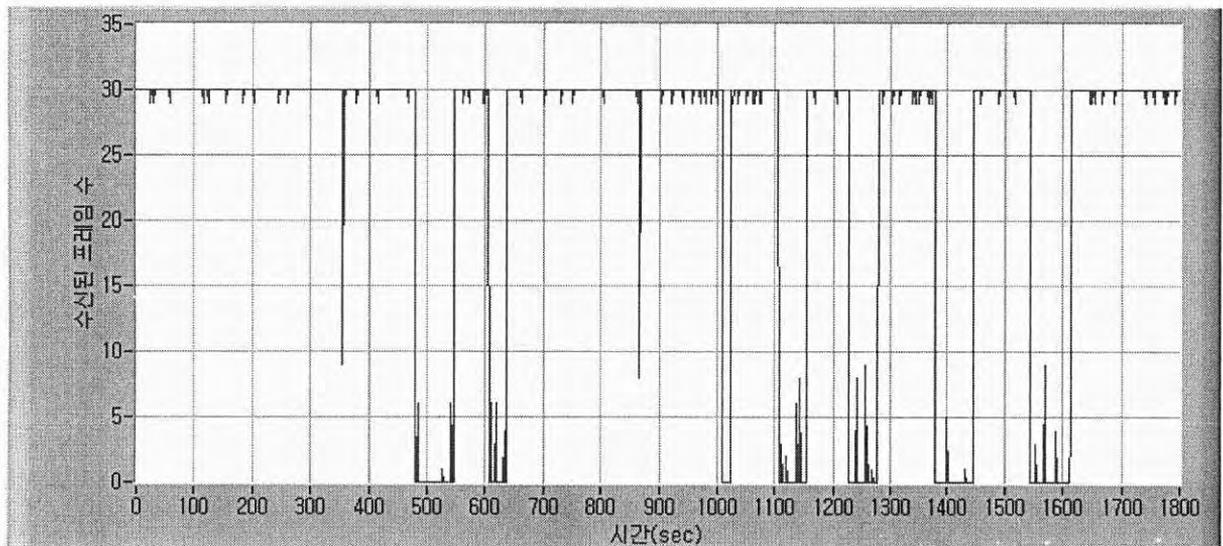
(a) 해양경찰서(1.2km) 부근 16 dBi(2.4 GHz) 안테나 사용시



(b) 해양경찰서(1.2km) 부근 23 dBi(5.8 GHz) 안테나 사용시



(c) 신선대 부두(2.7km) 부근 16 dBi(2.4 GHz) 안테나 사용시



(d) 신선대 부두(2.7km) 부근 23 dBi(5.8 GHz) 안테나 사용시

그림 3.98 각 실험별 영상 수신율

그림은 측정된 데이터 중 영상 신호를 수집하기 시작한 후 데이터 전송이 일정 수준 이상 안정화 되었을 때 30분 동안 연속적으로 수집한 데이터를 그래프로 나타낸 것이다. x축은 시간을 표시하며 y축은 수신된 프레임을 나타낸다. 그림 (a) 는 해양 경찰서 위치에서 16dBi 안테나를 사용하였을 경우이고, 그림 (b) 는 동일 위치에서 23dBi 안테나를 사용하였을 때의 결과를 나타낸 것이다. 그림 (c) 는 신선대 부두 위치에서 16dBi 안테나를 사용하여 실험한 결과이며, 그림 (d) 는 23dBi 안테나를 사용한 결과를 나타낸 것이다.

그림에서 알 수 있듯이 신선대 부두에서 실험하였을 때에 수신율이 낮게 나오는 것은

실험시 두 안테나의 직선거리 위치상에 선박이 지나는 경우 영상 데이터가 수신되지 않았기 때문인데, 이는 무선 LAN 주파수가 2.4GHz 혹은 5.8GHz 대로 직진성은 강하나 투과성이 좋지 않아 철타로 구성된 선박을 전파가 통과하지 못하기 때문으로 판단되었다.

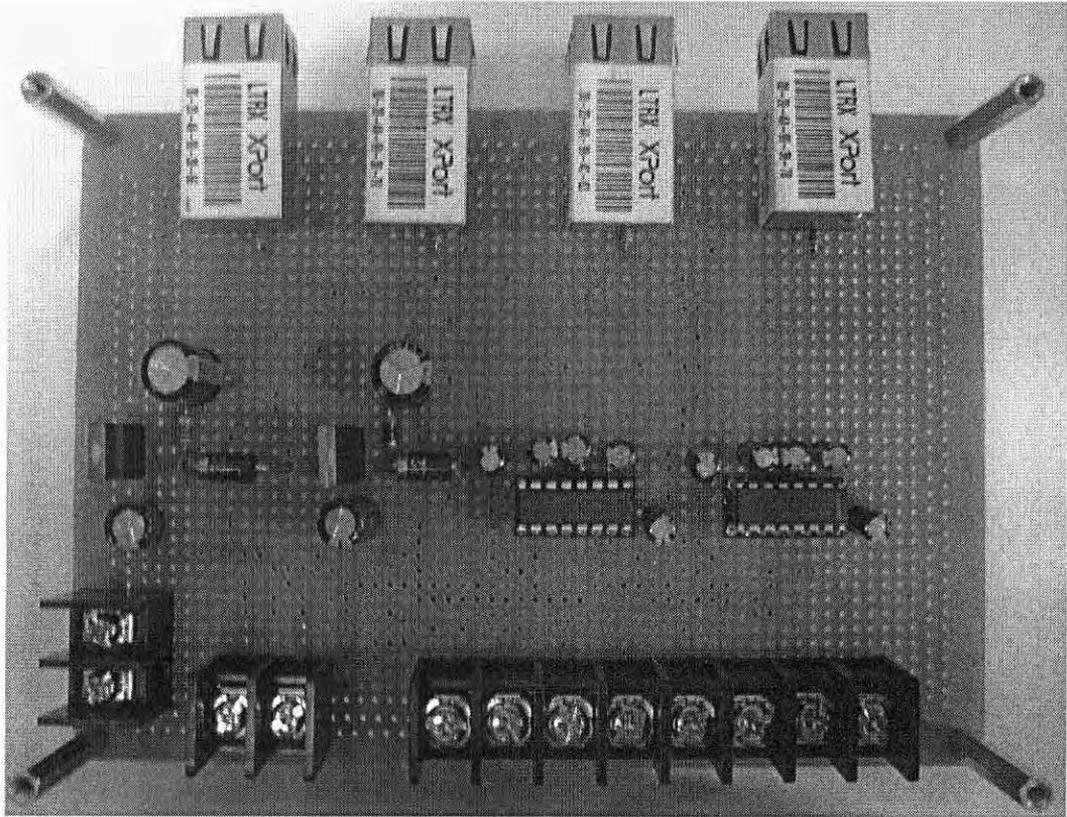
그러나 그림 (a) 와 그림 (b) 에 나타난 것처럼 해양 경찰서에서 실험하였을 경우(직선거리 상에 장애물이 없었던 경우)에는 비교적 양호한 수신율을 보여주고 있으므로 본 연구 개발 과제에서 제안한 방식으로 해상 가두리 양식장용 무선 LAN 기반의 영상 신호 전송 시스템을 구축하여도 무난할 것으로 판단하였다.

바. 수중카메라 제어시스템용 입출력 신호 처리 모듈

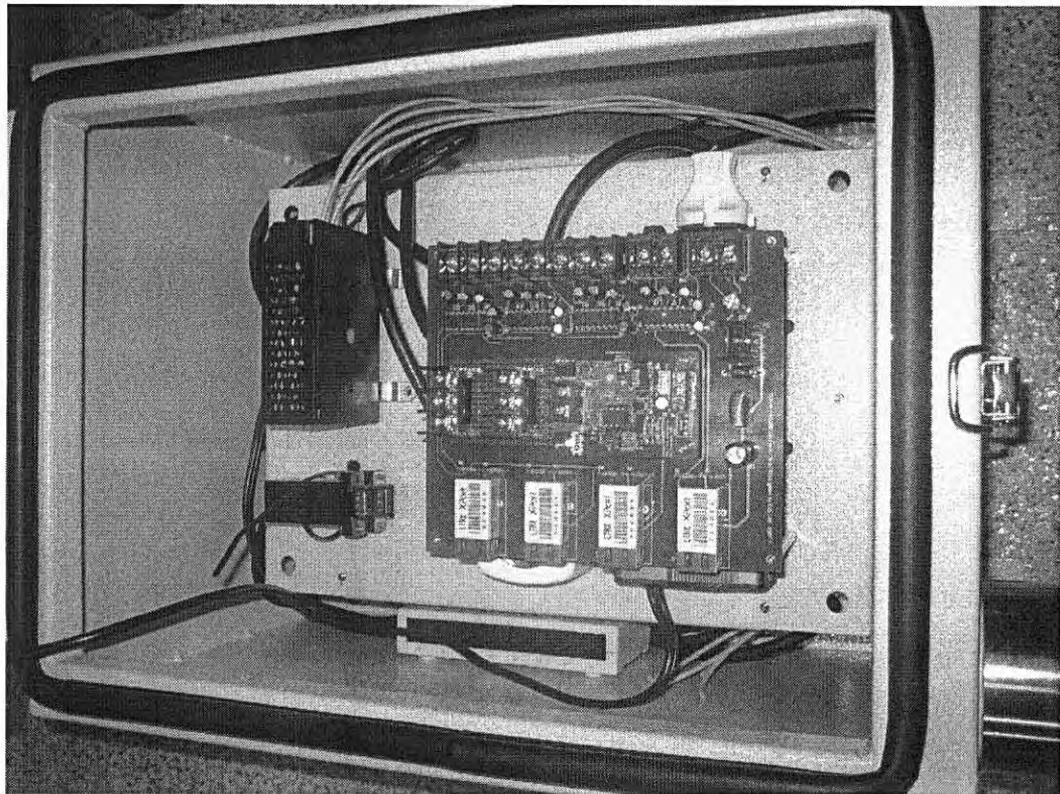
1) 신호 처리 모듈의 설계

수중 카메라를 통해 수집된 영상 신호는 영상 신호 처리 모듈을 통해 TCP/IP 규격으로 변환되어 무선으로 전송되나 다른 제어 시스템은 TCP/IP 규격이 아니므로 하나의 통신 시스템(무선 LAN)을 이용하기 위해서는 동일한 규격으로 변환해 주어야 한다. 해상가두리 양식장의 환경 데이터를 수집하는 장치를 비롯한 수중 카메라 PTZ 제어 장치, 태양광 및 하이브리드 전력 공급 장치 등은 모두 RS232C 혹은 RS485 규격을 기준으로 설계·제작 되었으므로 이들을 변환하는 신호 처리 모듈이 필요하게 되었다.

- 수중 카메라의 PTZ(Pan, Tilt, Zoom) 제어 신호 처리 모듈의 설계 - 수중 카메라 및 일반 카메라의 사전 조사 시에 획득한 PTZ 제어 프로토콜 및 디지털 출력 제어의 사양을 분석하여 카메라 사양에 맞는 PTZ 통신이 가능하도록 하드웨어를 구성하였다. 국내 수중카메라 조사 결과 대부분의 PTZ 통신 방식은 RS232C 혹은 RS485 규격을 사용하였으며, 수중 카메라는 대부분 PTZ 제어가 포함되어 있지 않았다. 별도의 PTZ 제어 컨트롤러 또한 RS232C 및 RS485 통신 방식을 지원하는 것으로 조사되었다. 그러므로 본 연구 개발 과제에서는 수중 카메라의 PTZ 제어가 가능하도록 통신을 이용하여 제어명령을 수행할 수 있도록 주제어기 부분에 하드웨어 구성을 추가하여 설계하였다.
- 영상 신호 및 카메라 제어 신호 이외의 다른 제어기 신호의 입출력처리 - 하나의 통신 모듈을 이용하여 영상 신호 전송뿐만 아니라 환경 감시 데이터의 수집, 그리고 앞서 언급한 수중 카메라의 PTZ 제어 등을 수행하기 위해서는 모든 제어장치들이 TCP/IP 기반으로 통신 체계를 변환해야 한다. 그러나 기본적으로 소형 마이크로프로세서의 통신은 RS232C 규격이 가장 용이하며 기존의 제어 장치도 RS232C 기반으로 구성되어 있으므로, 제어장치 자체에서는 RS232C를 사용하고 신호처리 모듈에서 RS232C 규격을 TCP/IP 규격으로 변환하여 통신하는 것이 가장 효율적이다.



(b) 신호처리 모듈 1차 시제품



(c) 신호처리 모듈 최종 시제품 설치 사진
그림 3.99 신호처리 모듈

사. 비상시 수중 전원 차단 시스템

1) 전원 관리 시스템의 설계 및 제작

수중 및 수상에 설치되는 구조물에서 누설 전류는 기기의 오동작 및 파손의 원인이 되므로 이러한 문제를 예방하기 위해 전류의 흐름을 모두 측정하여 각 개소 별로 소모 전류량을 모니터링 할 수 있도록 하여 누전 등의 비상시 상황에 재빨리 대처할 수 있도록 하였다. 이러한 전원 관리 시스템은 각 개소별 누전 상태를 확인하고 전원 공급 신호를 제어한다.

전원 관리 시스템은 본 연구 개발 과제의 거의 모든 장비의 전원을 제어하므로 메인 회로 부분에 CPU를 두어 통신을 비롯한 A/D 컨버터 기능, 스위치 제어 기능 등을 포함하여 치명적인 문제가 발생하였을 경우 육상의 관리소로 알람을 송신하며 이와 동시에 스위칭 제어를 함으로써 추가적인 문제가 발생하지 않도록 하였다.

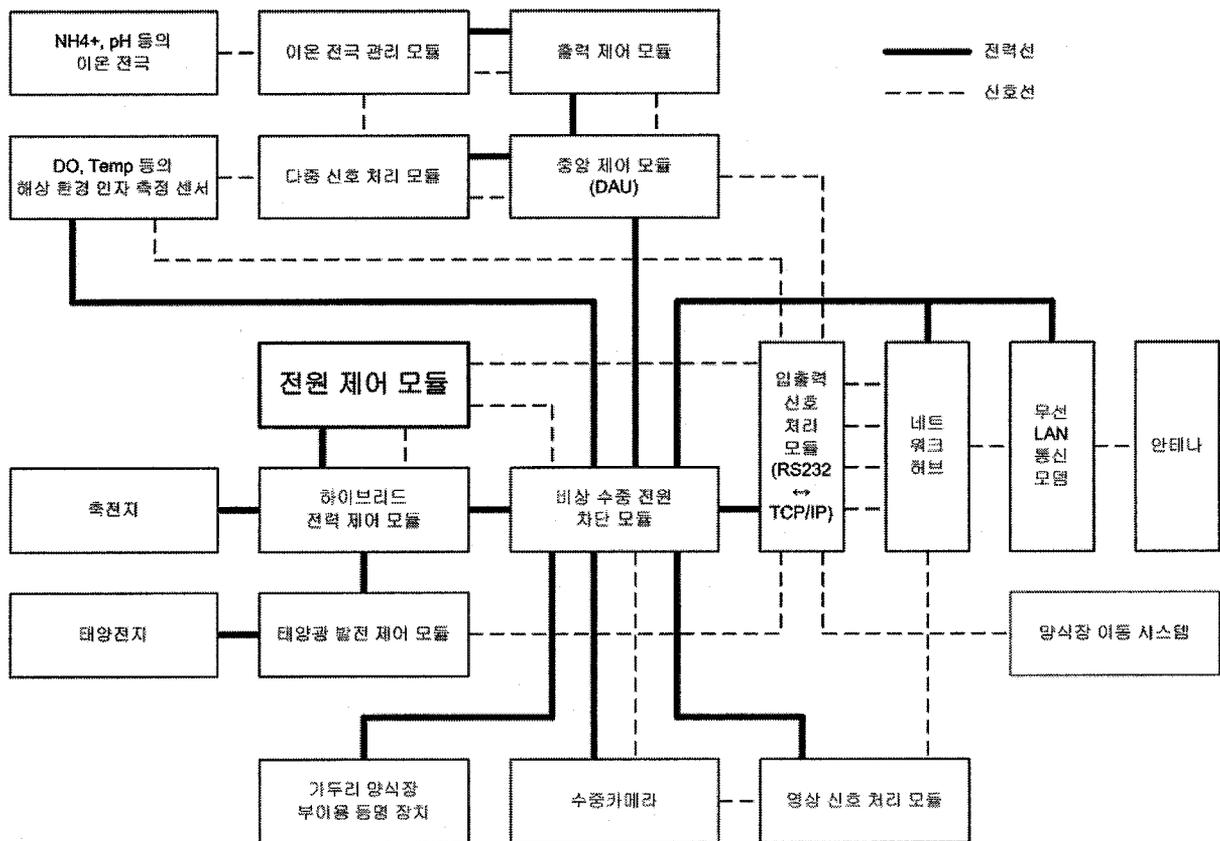


그림 3.100 전원 제어 모듈의 결선 개념도

앞선 그림에서 전체 연구 개발 과제의 구성 중 전원 관리 제어 모듈이 어떻게 연결되었는지 나타내었다. 전원 제어 모듈이 충전을 담당하는 하이브리드 전력 제어 모듈과 비상 수중 전원 차단 모듈을 제어함으로써 궁극적으로 모든 시스템의 전원 공급을 제어할 수 있도록 하였다.

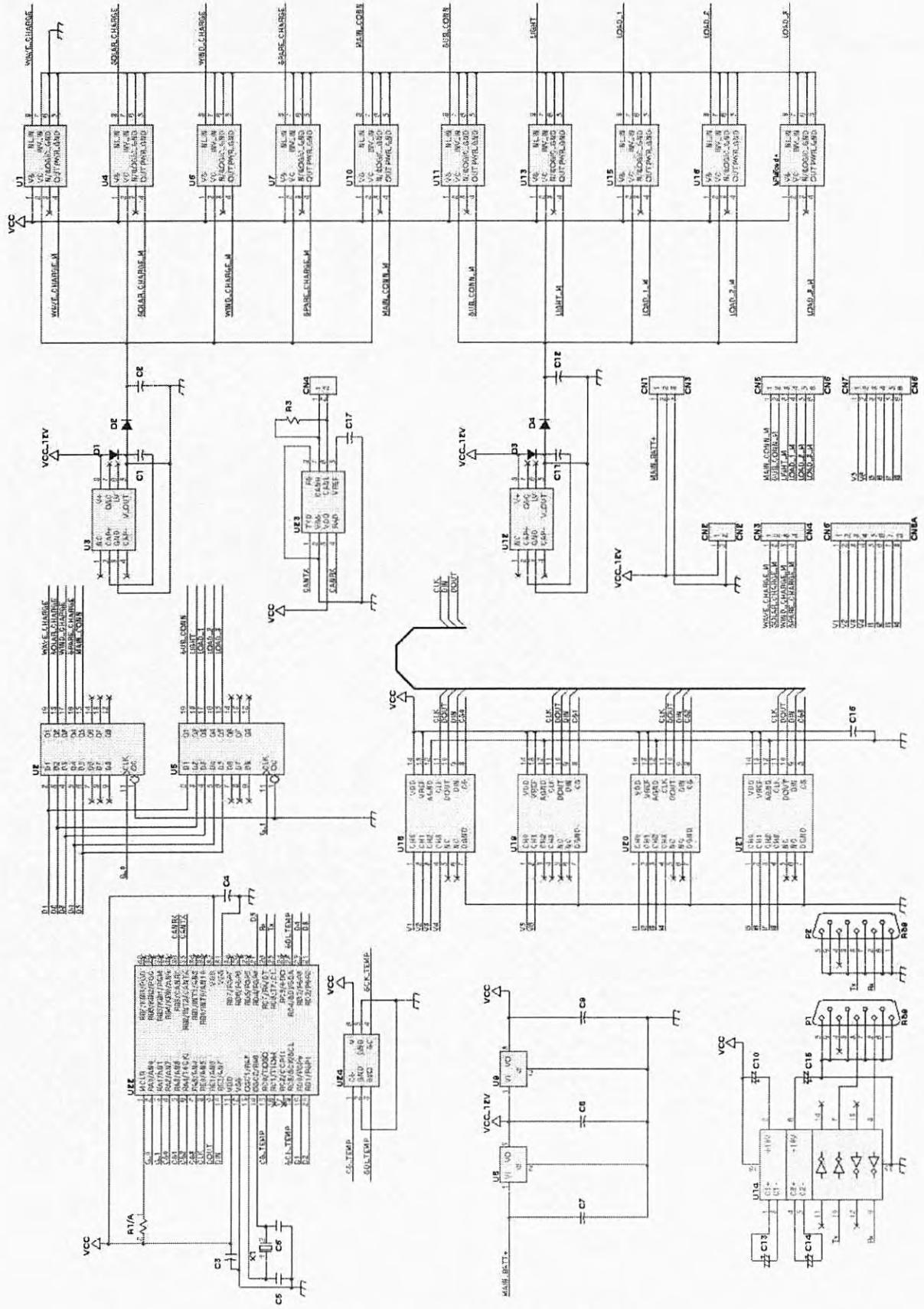
또한 전원 제어 모듈의 통신 부분을 활용하여 수중 카메라의 PTZ 제어가 가능하도록 제어 프로그램안에 PTZ 제어 알고리즘을 포함하여 설계하였으며, 각 스위칭 소자가 제어 명령을 정확하게 수행하였는지 판단하기 위하여 전압과 전류 신호를 측정, 피드백 하여 판단하는 알고리즘도 포함하였다.

그리고 측정된 전압 및 전류 신호는 입출력 신호처리 모듈, 무선 LAN 통신 모듈 등을 거쳐 육상의 관리소 측으로 전송하여 전력 부분에 대한 모니터링도 가능하도록 구성하였다. 앞선 그림에서 각 모듈 사이에 연결된 굵은 실선은 전력선을 나타내고 점선은 신호선을 나타내는데 신호선은 아날로그 신호와 디지털 신호를 모두 포함한 것이다.

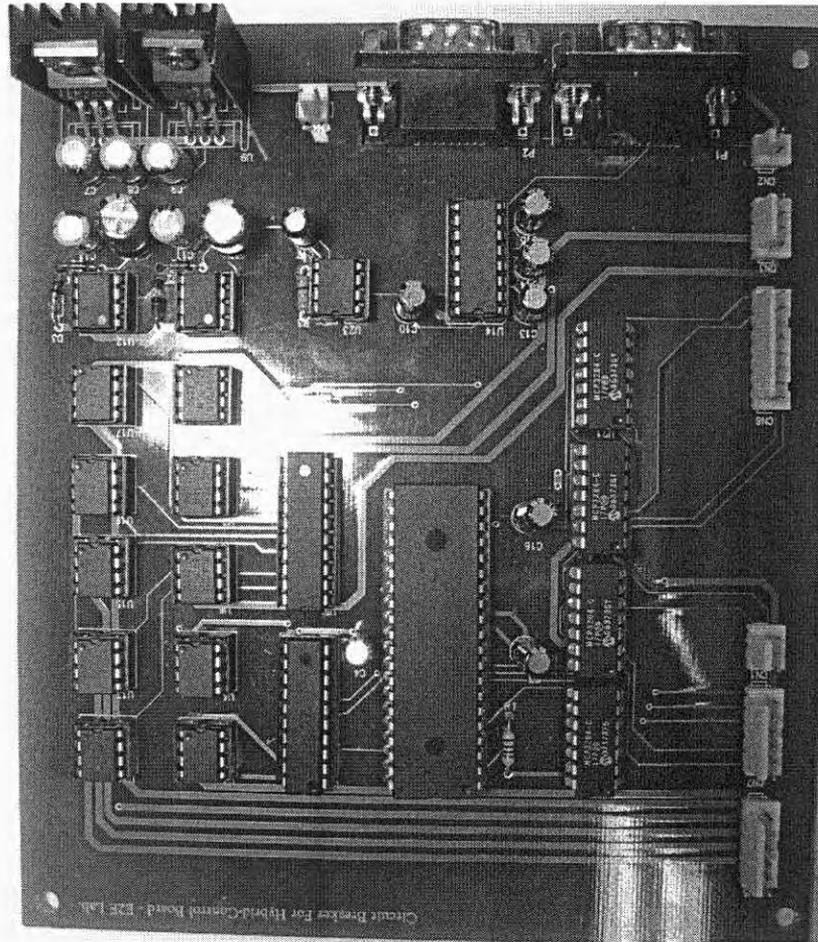
전원 관리 시스템(하이브리드 전력 제어 모듈, 비상 수중 전원 차단 모듈)의 각종 스위칭 소자는 MOSFET과 같은 반도체 소자를 사용하였으며, 이는 실제 해상 환경에서 기계적 접점인 릴레이 등을 사용하였을 때 장시간 사용이 어려운 현지 실태 조사 결과에 따른 것이었다.

실제로 부이 등 해상 환경에서 사용 중인 제어 장치에 릴레이 소자가 사용되는 경우는 극히 드물었으며, 연구 개발 과제를 수행하면서 실험한 결과 기계적 접점인 릴레이를 사용하는 경우 약 1~2개월 이내에 최초 오동작을 일으키는 것으로 파악되었다.

이는 해상 환경이 항상 파도의 진동에 노출되어있을 뿐만 아니라 습기와 염분 등으로 인하여 시간이 흐름에 따라 기계적 접촉 부위가 산화되어 원활한 동작을 하지 못하기 때문으로 판단되었다. 반면 반도체 소자인 MOSFET이나 TRIAC, SCR 등을 사용하는 경우에는 3개월 이상 해상에서 실험하여도 아무런 오동작이 없음을 확인하였다. 다음의 그림에 수중 카메라 전원 관리 제어 모듈의 회로도 와 실제 사진을 나타내었다.



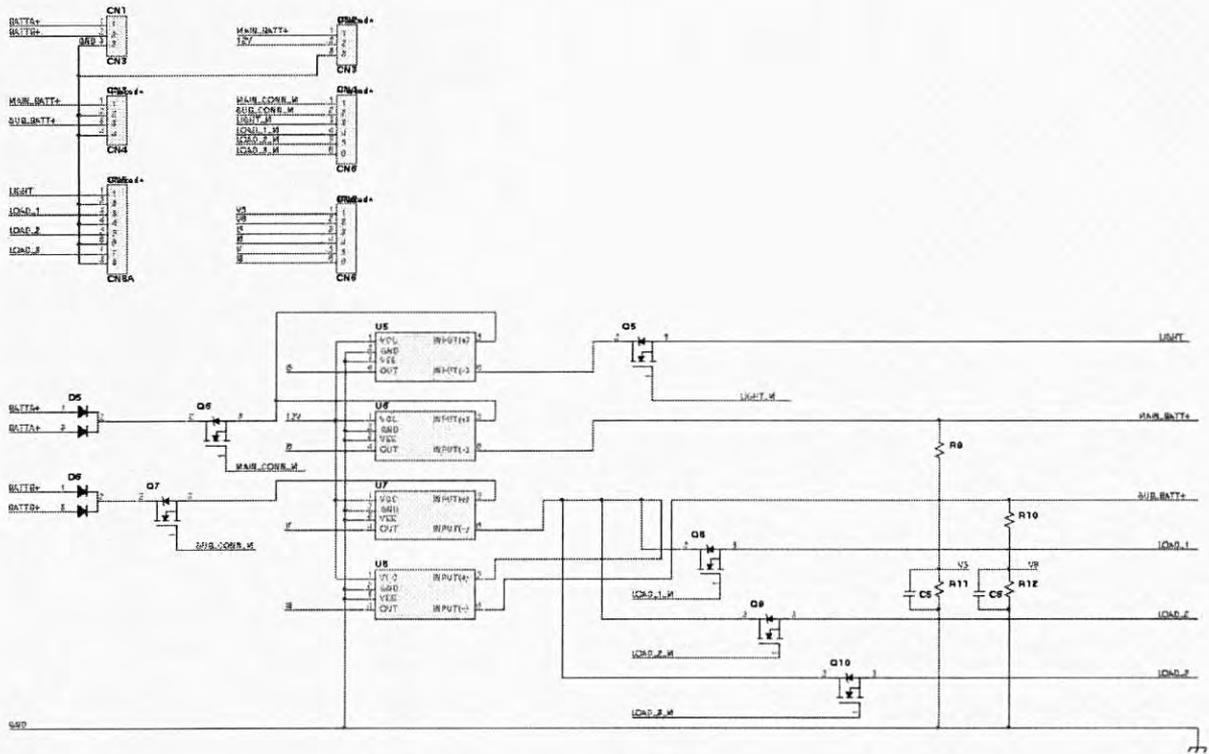
(a) 전원 관리 제어 모듈의 회로도



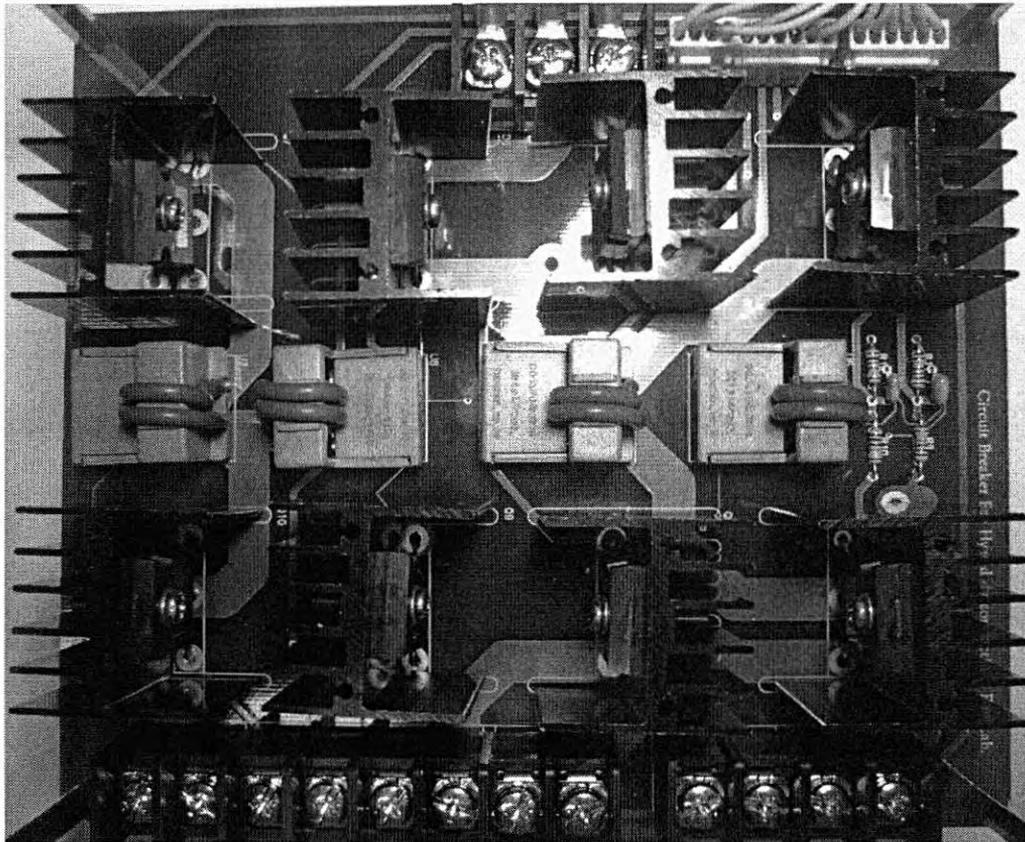
(b) 전원 관리 제어 모듈 시제품
그림 3.101 전원 관리 제어 모듈

2) 비상 수중 전원 차단 시스템의 설계 · 제작

비상 수중 전원 차단 시스템은 기본적으로 부하 장치들에 대한 전원 공급 스위치의 역할이 기본이며, 특수한 기능으로 모듈에 연결된 각종 부하 전력의 사용량을 계속 모니터링 하여 전력량의 갑작스런 증가 및 오동작을 감지, 즉시 전원을 차단하는 동작을 하는 역할을 수행한다. 이는 수중에 연결된 케이블의 경우 해수 혹은 다른 요인으로 인하여 누설 전류가 흐르거나 단락상태가 되는 경우에 회로를 비롯한 각종 장비의 보호를 위한 것으로 원격지의 자동 관리 시스템에서 반드시 필요한 부분이다. 다음의 그림들은 비상 수중 전원 차단 모듈의 회로도 및 시제품을 나타낸 것이다.



(a) 비상 수중 전원 차단 모듈 회로도

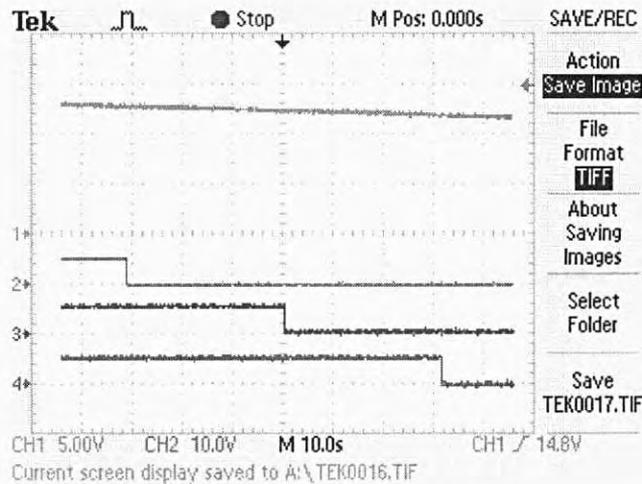


(b) 비상 수중 전원 차단 시제품
그림 3.102 비상 수중 전원 차단 모듈

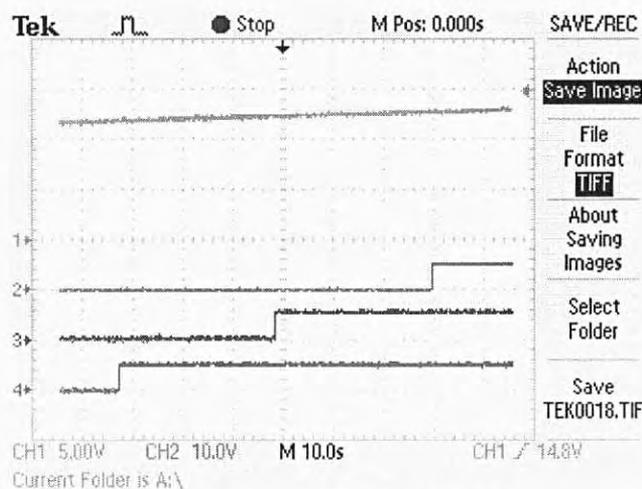
3) 비상시 수중 전원 관리 시스템의 실험

제작된 전원 제어 모듈과 비상 수중 전원 차단 모듈이 설계된 프로그램에 따라 적절히 동작하는지 다음과 같은 실험을 통하여 검증해 보았다. A/D 컨버터로 사용된 MCP3204 소자나 MOSFET 구동을 위한 실험은 앞서 검증하였으므로 여기에서는 생략하였으며, 전원 차단 모듈의 센서출력이 전원 제어 모듈로 전달되어 전원 제어 모듈에서 출력되는 제어신호가 전원 차단 모듈을 정확하게 동작시키는지 중점적으로 알아보았다.

다음의 그림들은 전원 제어 모듈의 기본 기능인 축전지 전압에 따라 연결된 부하를 어떻게 제어하는지 알아본 결과이다.



(a) 축전지 전압이 하강할 때



(b) 축전지 전압이 상승할 때

그림 3.103 축전지 전압에 따른 부하 동작 상태

앞선 그림의 Ch 1 은 축전지 전압을 나타내는 것이고 Ch 2 ~ Ch 4 는 전원 차단 모듈의 스위칭 소자 입력단을 측정한 것이다. 각각의 부하는 우선순위가 정해져 있어 축전지 전압의 변화에 따라 부하가 차단되거나 연결되는 것을 알 수 있다. 그림 (a) 에서는 축전지 전압이 떨어질 때 연결된 부하의 우선순위에 따라서 13V, 12.5V, 12V 일 때 각각 하나씩 부하 연결이 차단됨을 나타내며, 그림 (b) 는 축전지 전압이 상승하는 경우 우선순위에 따라서 12.5V, 13V, 13.5V 일 때 각각 하나의 부하가 연결됨을 나타낸다.

다음의 그림은 부하에 흐르는 전류를 측정하여 갑자기 출력 전류가 급등하거나 정해진 정격 전류를 초과하는 경우 부하의 전원 연결을 차단하는 실험을 수행한 결과이다. 그림의 Ch 1 은 부하에 출력되는 전류를 측정한 것이며 Ch 2 는 해당 부하의 전원 공급 스위치의 출력신호를 측정한 것이다. 그림에 나타나듯이 출력 전류가 급격히 상승하여 제한치(2A)를 초과하였을 경우 약 1ms 의 짧은 시간안에 출력 신호를 차단할 수 있게 하였다. 약 1ms 의 지연시간은 아날로그로 입력되는 전류 측정신호를 디지털로 변환하여 CPU로 전달하고, CPU에서 현재 출력 전류가 제한치를 넘었는지 검사하는데 걸리는 시간이다. 1ms 정도의 짧은 시간동안 출력된 전류용량으로는 여러 다른 부하나 회로 출력에 사용되는 소자 등에 영향을 거의 미치지 않으므로 매우 안전함을 알 수 있다.

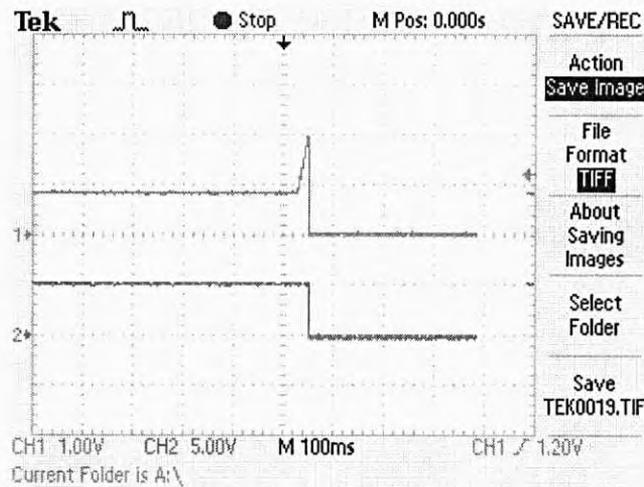


그림 3.104 누전 감지시 부하 동작 상태

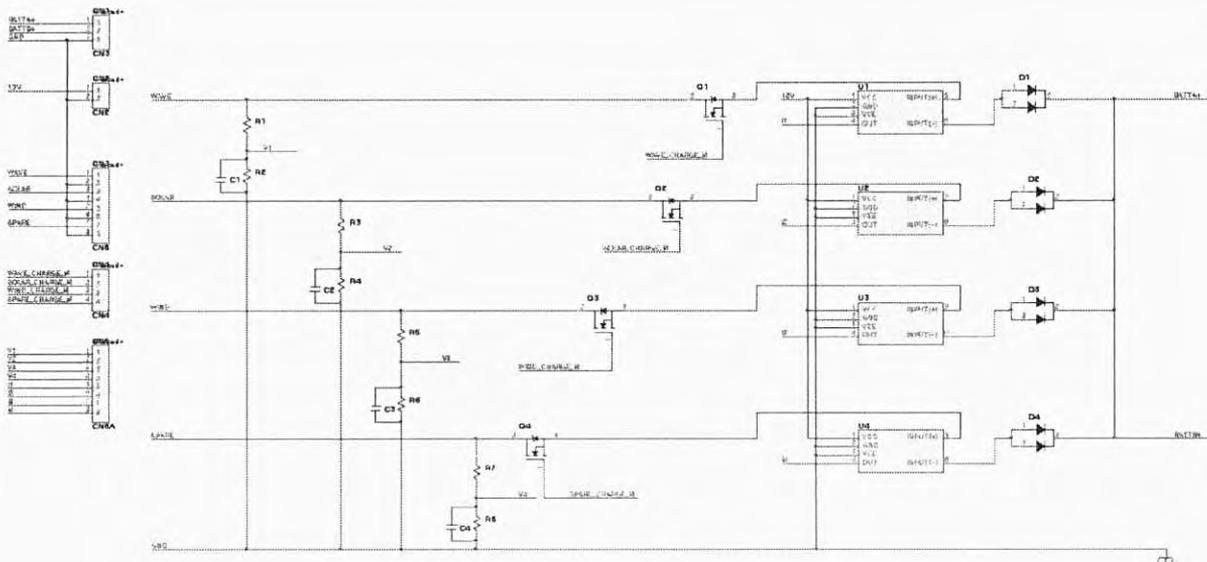
아. 하이브리드 전력 공급 시스템

1) 하이브리드 전력 공급 모듈 설계 · 제작

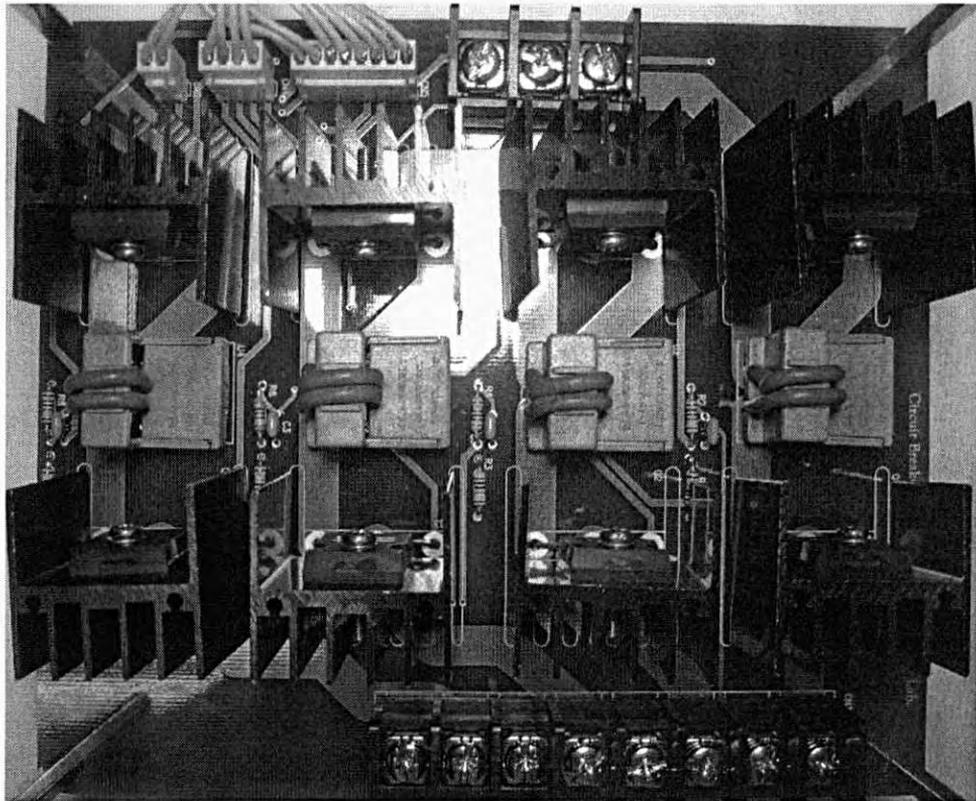
해상 환경에서 환경 감시 시스템을 비롯한 영상 감시 시스템 등의 모든 장치를 구동하기 위해서는 태양광 발전 뿐만 아니라 풍력, 파력 발전 등의 다른 발전 체계를 연동하여 충분한 전력을 확보할 수 있어야 하므로 이러한 발전 체계를 연동할 수 있는 하이브리드 전력 공급 모듈을 설계 하였다.

또한 태양광 발전 시스템은 전력 생산과정에서 열이 발생하게 되는데, 해상용 시스템은 밀폐 공간으로 설계된다. 그렇기 때문에 열의 유동이 줄어들어 제어 시스템을 비롯한 반도체 소자의 동작에 무리를 줄 수 있으므로 이러한 점을 보완하기 위하여 발열이 심한 소자를 구분하여 온도 센서를 부착, 모니터링 하여 적절한 온도가 유지될 수 있도록 제어 알고리즘을 구현하였다.

다음의 그림은 하이브리드 전력 공급 시스템의 회로도와 실제 사진을 나타내었다. 각 발전개소에서 발전 되는 전력량을 측정하고 발전량 및 전압에 따라서 축전지에 연결하여 충전하는 기능이 기본이며, 발전 특성에 따라 스위칭 조작을 통하여 충전이 원활하게 이루어 질 수 있도록 하였다.



(a) 하이브리드 전력 공급 시스템의 회로도



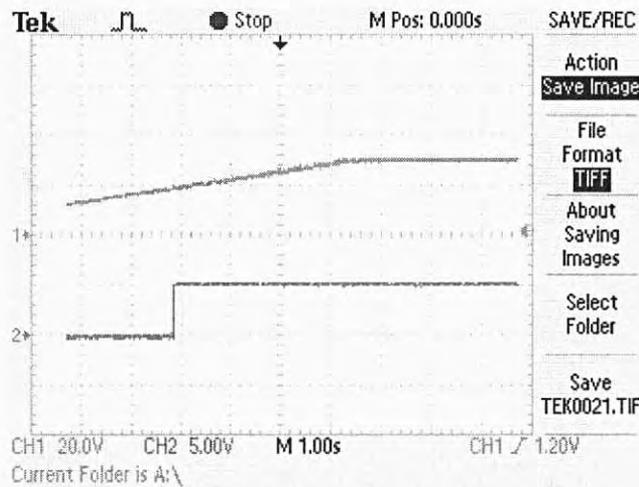
(b) 하이브리드 전력 공급 시제품의 사진
그림 3.105 하이브리드 전력 공급 시스템 모듈

2) 하이브리드 전력 공급 모듈 동작 실험

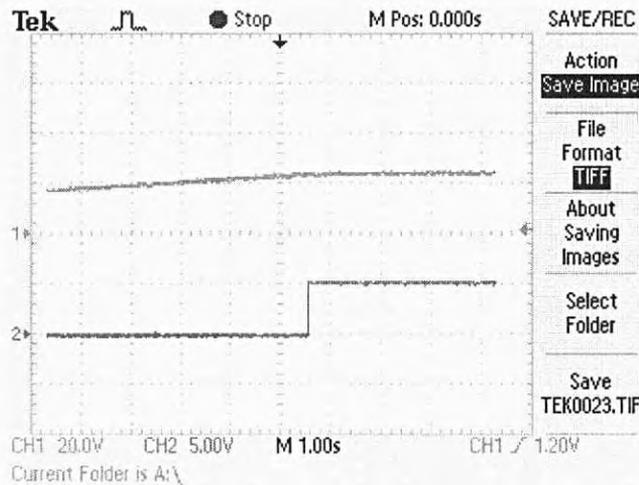
하이브리드 전력 공급 시스템의 기본 기능은 태양광을 비롯한 다른 발전 시스템에서 생산된 전력을 축전지로 연결하는 역할이다. 이때 각 발전 개소의 출력 전력을 확인하여 전원 제어 관리 모듈로 데이터를 전송하며, 해당 전력에 따라 축전지로 충전할 전력원을 선택한다. 즉, 날씨가 맑고 바람이 적은 날에는 태양광 발전의 출력은 높을 것이나 파력 혹은 풍력 발전의 출력은 낮을 것이므로 태양광 발전 시스템을 축전지와 연결시키고 파력 혹은 풍력 발전 장치로 역전류가 흐르지 않도록 스위치를 차단한다. 반대로 구름이 많으나 바람이 많아 태양광 발전 출력은 적으나 풍력 혹은 파력 발전 장치의 출력이 높다면 반대로 동작하게 된다.

위와 같은 스위칭 동작이 하이브리드 전력 공급 모듈에 필요한 이유는 태양광, 풍력, 파력 등과 같은 대체에너지의 발전 특성이 초기의 부하 상태에 따라 영향을 많이 받기 때문이다. 다음의 그림에 각 발전 장치의 출력 전압에 따른 스위칭 파형의 변화를 나타내었다. 그림 (a) 는 태양광 발전의 출력 전압이 20V를 초과하면 태양광에서 축전지로 연

결되는 스위치가 동작하는 모습을 나타낸 것으로 Ch 1 은 태양광 발전의 출력 전압, Ch 2 는 태양광과 축전지 사이의 스위칭 소자 동작 전압을 측정한 것이다. 그림 (b) 는 파력 발전의 출력이 상승할 때 스위치가 동작하는 모습을 나타낸 것으로 Ch 1 은 파력 발전의 출력 전압, Ch 2 는 파력과 축전지 사이의 스위칭 소자 동작 전압을 측정한 것이다. 그림에 나타나듯이 축전지를 연결하는 순간 출력 전압이 조금 감소하는 것을 알 수 있는데, 이는 스위치를 연결하지 않아 개방전압일 경우에는 출력 전압이 조금 높게 나타나지만 축전지와 연결하면 전류가 도통되므로 출력 전압이 조금 감소하게 된다.



(a) 태양광 출력이 상승할 때 스위칭 동작



(b) 파력 출력이 상승할 때 스위칭 동작

그림 3.106 하이브리드 전력 공급 시스템의 실험

자. 양식장치 상하 이동 제어 시스템

외해 수중 가두리 양식장의 상하 이동 제어 시스템을 개발하기 위하여 본 연구 개발 과제에서는 가두리 모형을 설계·제작 하여 실험을 수행하였다. 가두리 양식장과 상하 이동의 전동기 제어 장치, 그리고 위치 검출 장치 등은 모형으로 제작하였으며 이러한 장치들을 제어하는 제어시스템은 간단한 부품만 교환하면 실제 해상 가두리 양식장에도 적용 가능하도록 설계·제작하였다. 상하 이동 제어 시스템의 실험은 위치 검출 부분과 전동기 제어 부분, 그리고 MP 기반의 연동 부분으로 나누어 실험하였다.

1) 위치 검출 시스템

육상의 관리소에서 외해 수중 가두리 양식장의 위치를 모니터링 하기 위해서는 현재 외해 수중 가두리 가 수심 어디에 위치하여 있는지 검출하여야 하며, 이를 위하여 설계·제작 된 것이 위치 검출 시스템이다. 위치 검출 시스템을 구성하기 위하여 다음과 같은 몇 가지 방안을 설계하고 검토하였다.

가) 엔코더(Encoder)를 이용하는 방법

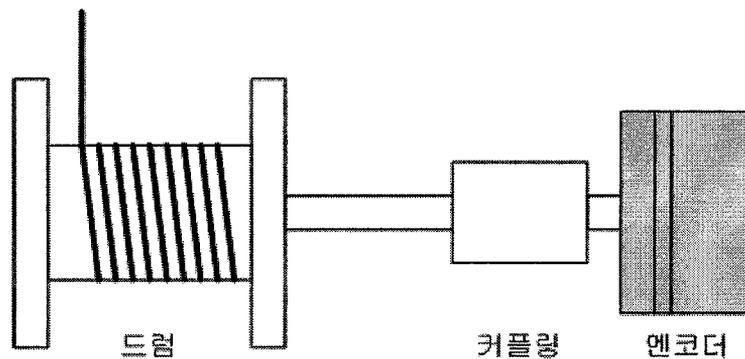


그림 3.107 엔코더를 이용한 위치 검출 방법

엔코더를 이용하여 위치를 검출하는 방법을 그림에 나타내었으며, 그림과 같이 드럼과 연결된 커플링과 엔코더를 통하여 드럼이 회전하는 각도를 정확하게 측정할 수 있으므로 실제 드럼에서 풀린 로프의 길이를 정확하게 계산할 수 있다. 그러나 엔코더를 이용하는 방법은 전원이 공급되지 않을 때 위치변화가 생기게 되는 경우 이를 검출해 낼 수 없으며, 엔코더의 출력을 저장하기 위해서 별도의 회로구성이 필요하다는 단점이 있다.

나) 캠과 리미트 스위치, 카운터를 이용하는 방법

캠과 리미트 스위치, 카운터를 이용하여 드럼의 회전수를 측정하는 방법을 다음의 그림에 나타내었다. 이러한 방법은 구조가 간단하여 고장의 위험이 적어 신뢰성이 높은 장점이 있으나 엔코더 방식에 비하여 정확도가 떨어지는 단점이 있다. 기본적으로 1회전에 1번의 리미트 스위치의 접점이 동작하여 카운터로 신호를 보내게 되며 제어기에서는 이 카운터의 출력을 이용하여 가두리 양식장의 위치를 검출해내는 방법이다.

1회전에 하나의 신호이므로 정밀도가 다소 떨어지나, 리미트 스위치를 회전 각도에 따라 여러개 설치하면 보다 높은 정밀도를 얻을 수 있다. 하지만 이러한 방법은 다음의 가변저항을 이용하는 방법보다 제작비용이 많이들 뿐만 아니라 설치 공간이 많이 필요하게 된다.

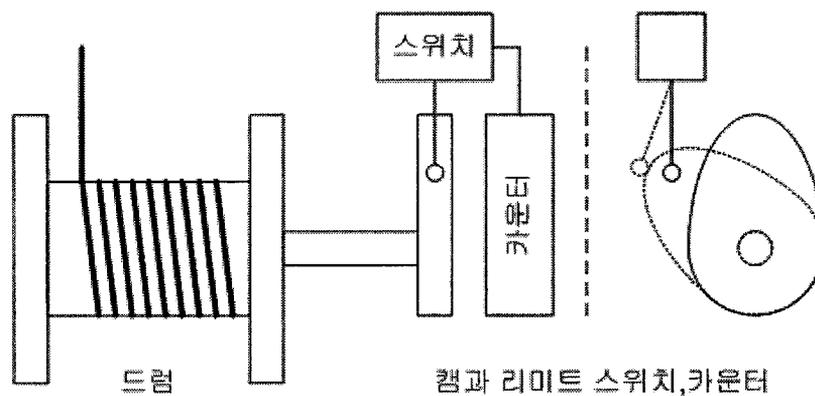


그림 3.108 캠과 리미트 스위치, 카운터를 이용한 위치 검출 방법

다) 가변저항을 이용하는 방법

가변저항을 이용하는 방법은 앞서 설명한 엔코더 방식과 캠과 리미트 스위치, 카운터를 이용하는 방법의 단점을 보완한 방식이라 할 수 있다. 다음의 그림에 가변저항을 이용하는 방법의 기본 개념을 나타내었다. 그림에 나타나듯이 Potential meter 라는 정밀한 가변저항을 이용하여 드럼의 회전수에 따라 저항값이 변화하는 원리를 이용한 것이다. 가변저항을 이용한 방법은 측정이 필요할 때에만 전원을 공급하여 위치를 파악할 수 있으며, 전원 공급이 중단되어도 그 당시의 값이 유지될 수 있고, 어떠한 원인으로 드럼이 회전하더라도 변화된 위치값을 측정할 수 있으므로 가장 정확한 위치를 파악할 수 있다.

다만, 드럼의 회전수와 가변저항의 회전수를 맞추어 주어야 하므로 드럼의 크기에 따라 감속기어와 같은 부속품이 필요할 수 있다.

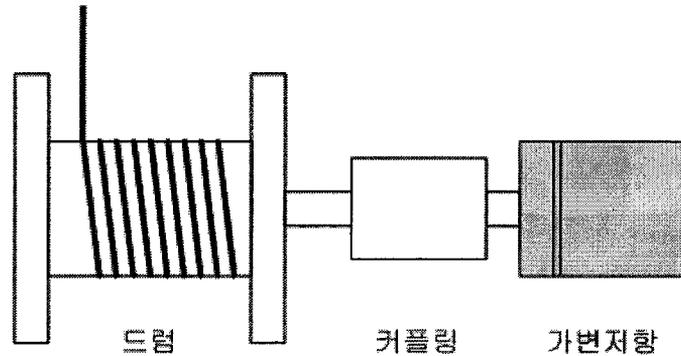


그림 3.109 가변저항을 이용한 위치 검출 방법

위와 같이 세 가지 위치 검출 방법을 사용할 수 있으며, 본 연구 개발 과제에서는 가변저항을 이용한 위치 검출 방법을 사용하여 가두리 위치 검출 시스템을 설계·제작하였다.

2) 가두리의 전기적 이동용 장치

가두리의 상하 이동을 위한 전기적 수중 이동용 장치의 세부도는 다음의 그림과 같이 나타낼 수 있다. 수중에 설치되는 제어 장치는 모터, 가변저항, 브레이커 등이 포함되어 있으며 이 부분은 오링 등으로 수밀하여 박스 내 물이 들어와서 전기적으로 문제가 발생하지 않도록 구성하였다. 이외의 부분은 SUS 재질 등의 해수 중에 오래 장기간 노출되어도 부식이 적은 소재를 사용하여 구성하도록 하였다. 그림에 포함되어 있는 모터 및 브레이커 등은 선박내 상용 전원(3 ϕ , AC 440V, 380V 등)을 사용할 수 있도록 하며, 브레이커는 전자 브레이커로 'B' 접점 형식의 것을 사용하여 전기가 공급되지 않을 때에 축을 고정시키고 전기가 공급될 때에는 축이 자유롭게 움직일 수 있도록 하였다. 모터는 일반 유도 전동기에 감속기어를 사용하거나 인덕션 모터 등을 사용하여 충분한 토크를 가질 수 있도록 한다. 또한 웜 기어를 사용하여 토크를 크게 하고 드럼으로부터 직접적으로 모터로 영향이 미치지 않도록 하였다.

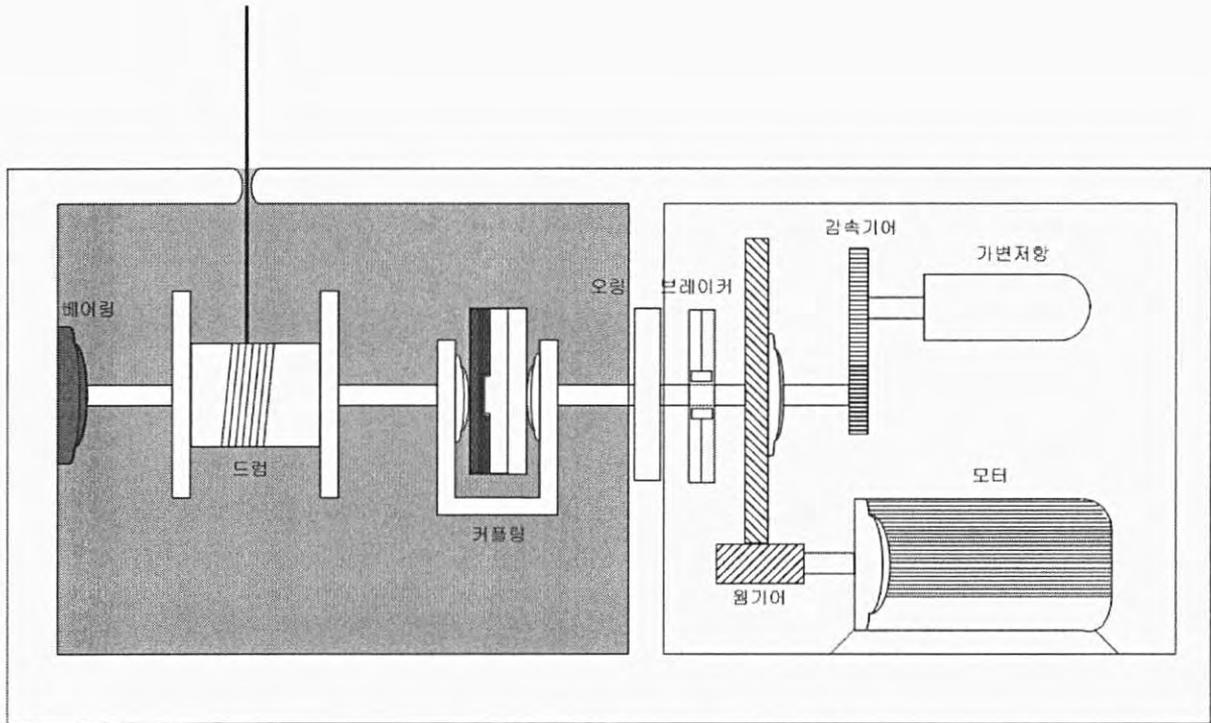


그림 3.110 전기적 수중 이동 장치의 세부도

3) 외해 수중 가두리 모형 제작 및 모형용 전기적 이동 장치 제작

과제 수행을 위하여 실제 가두리를 이용하여 상하 이동 장치를 실험하기에는 많은 어려움이 있으므로 가두리 모형을 축소 제작하여 이동 장치의 동작을 확인하였다. 이 때 전기적 이동 장치는 전기적 용량만을 축소하여 실제 가두리 양식장에 적용할 때에는 용량에 따른 차단기와 모터 교체만으로도 충분히 동작이 가능하도록 설계·제작하였다.

우선 모형 가두리를 설계하기 전에 다음의 표와 같이 부력 계산을 통하여 모형 가두리의 크기를 산정하였다. 아크릴 재질과 ABS 재질을 사용하는 두 경우를 가정하여 계산하였으며 각각의 비중은 1.2, 1.02 이고, 모형 가두리의 직경은 300mm, 둘레 길이는 942mm 가 되도록 가정하였다. 순수 부력 약 0.2kg 정도가 필요하다고 할 때 아크릴과 ABS 모두 관경이 약 20mm 이면 충분함을 알 수 있다. ABS 재질 보다 아크릴이 가공이 용이하여 아크릴을 사용하여 모형 가두리를 제작하였다.

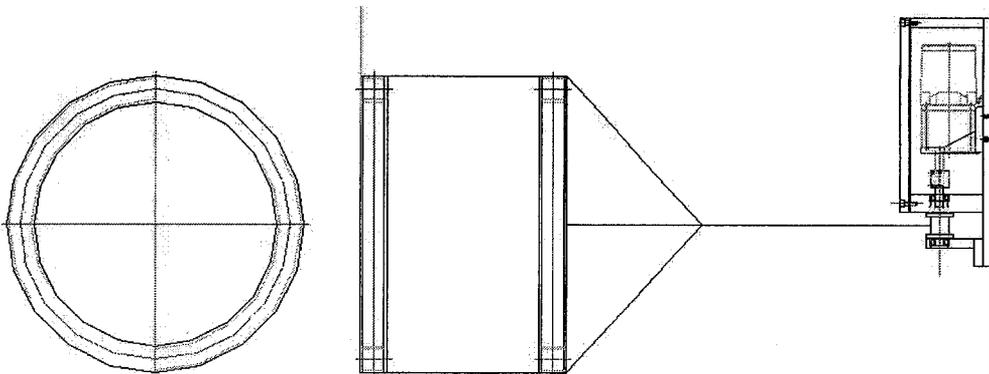
표 3.28 아크릴(비중 1.2)을 사용하는 경우

관경	두께 (mm)	내경 (mm)	단면적 (mm ²)	단면적 (m ²)	중량 (kg)	외경단면적 (mm ²)	외경체적 (mm ³)	부력 (kg)	순수부력 (kg)
10	1.5	7	40	0.00004	0.045	79	73947	0.074	0.029
15	1.5	12	64	0.00006	0.072	177	166381	0.166	0.095
20	1.5	17	87	0.00009	0.098	314	295788	0.296	0.197
25	1.5	22	111	0.00011	0.125	491	462169	0.462	0.337
30	1.5	27	134	0.00013	0.152	707	665523	0.666	0.514
35	1.5	32	158	0.00016	0.178	962	905851	0.906	0.727
40	1.5	37	181	0.00018	0.205	1256	1183152	1.183	0.978

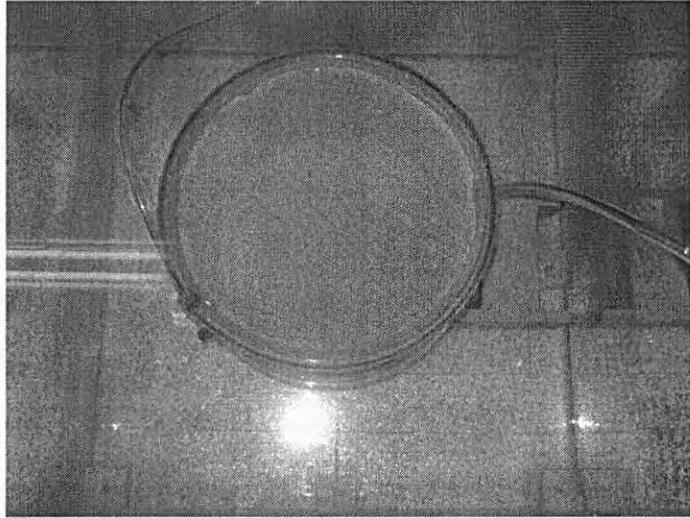
표 3.29 ABS(비중 1.02)를 사용하는 경우

관경	두께 (mm)	내경 (mm)	단면적 (mm ²)	단면적 (m ²)	중량 (kg)	외경단면적 (mm ²)	외경체적 (mm ³)	부력 (kg)	순수부력 (kg)
20	3	14	204	0.00020	0.196	400	376800	0.377	0.181
30	3	24	324	0.00032	0.311	900	847800	0.848	0.536
40	3	34	444	0.00044	0.427	1600	1507200	1.507	1.081
50	3	44	564	0.00056	0.542	2500	2355000	2.355	1.813
60	3	54	684	0.00068	0.657	3600	3391200	3.391	2.734

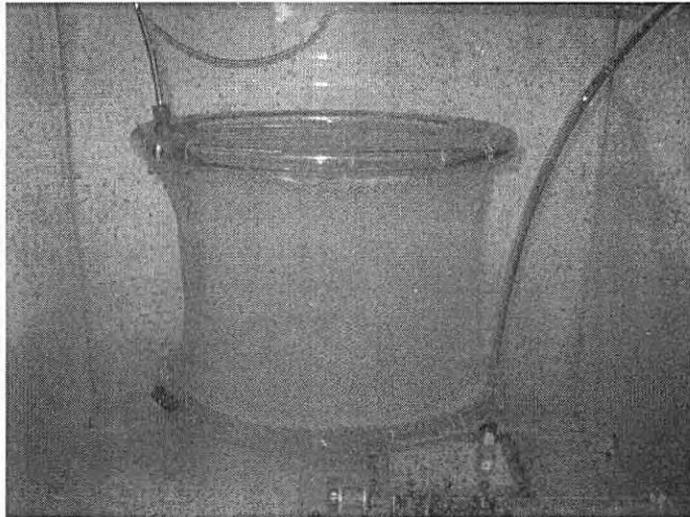
다음의 그림은 모형 가두리의 설계도면과 실제 제작된 모형 가두리와 전기적 이동 장치를 임시 수조에 담은 모습을 나타내었다.



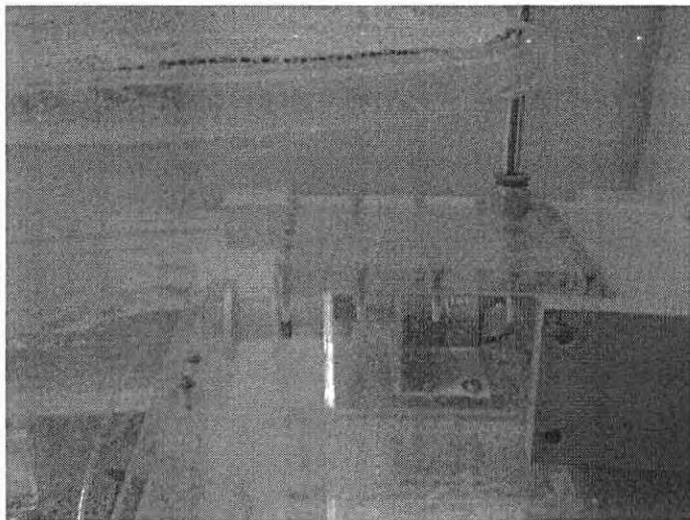
(a) 모형 가두리의 설계도면



(b) 모형 가두리 상부 모습



(c) 모형 가두리 측면 모습



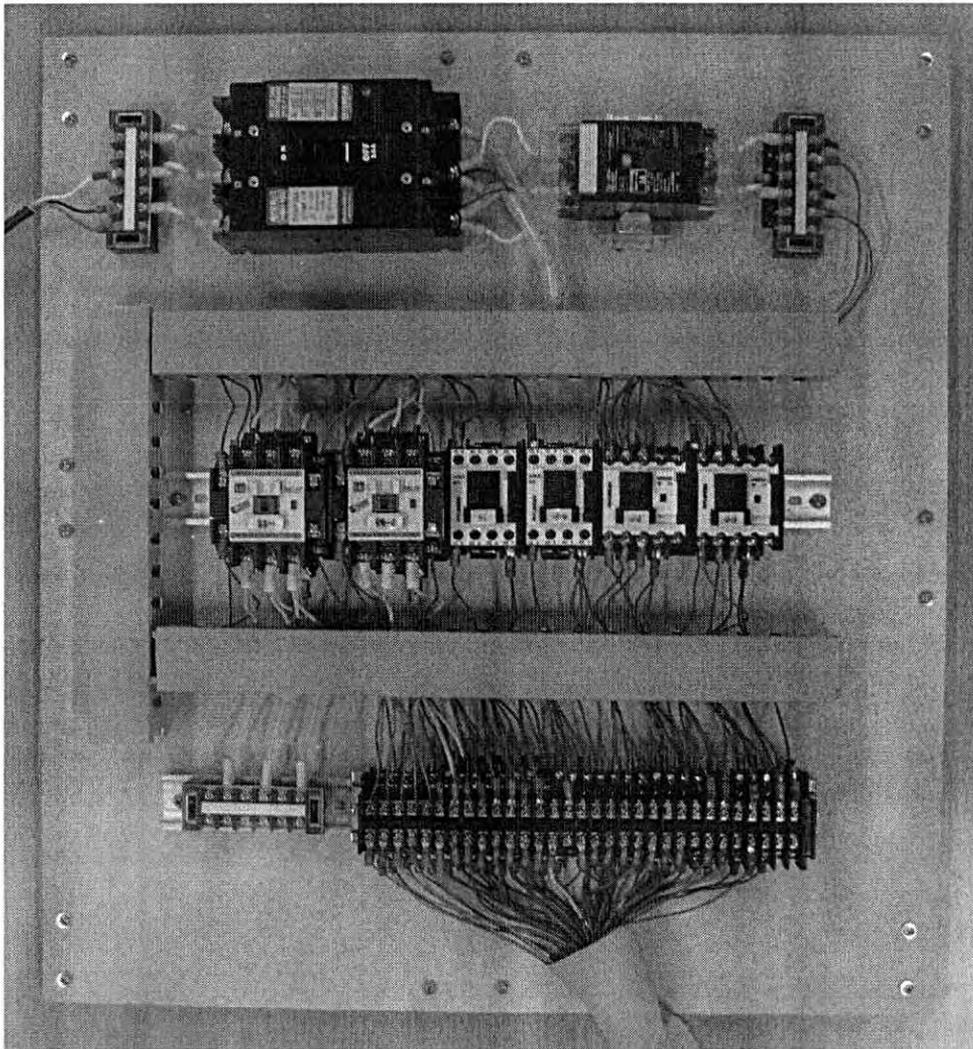
(c) 전기적 이동 장치 모습

그림 3.111 제작된 모형 가두리 설치 모습

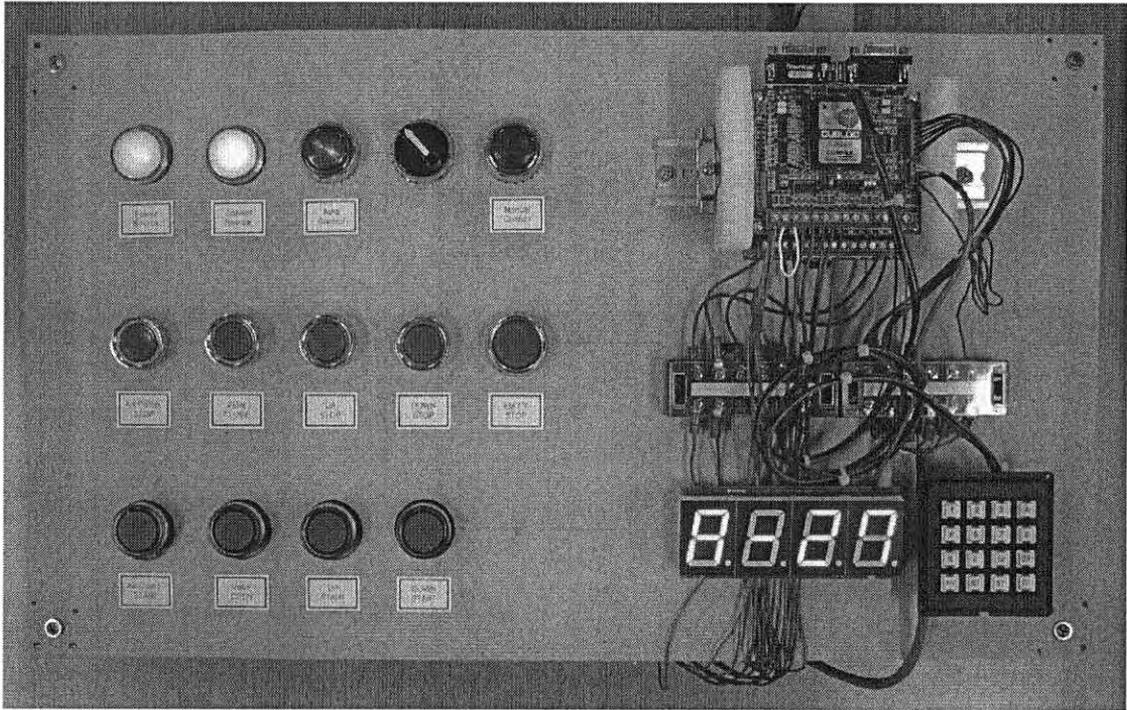
4) MP 기반의 연동 제어 시스템

모형 가두리와 모형 가두리의 전기적 상하 이동 장치를 제작하여 해상의 가두리 양식장을 대신하였으며 이를 제어하는 MP 기반의 연동 제어 시스템을 설계하였다. MP 기반의 연동 제어 시스템은 가두리의 림 부분에 공기를 넣거나 빼낼 수 있도록 공기 압축기와 솔레노이드 밸브를 이용하는 공기 제어 부분과 모터의 정역회전을 이용하여 가두리 상하 이동을 하는 전기 제어 부분으로 나눌 수 있다.

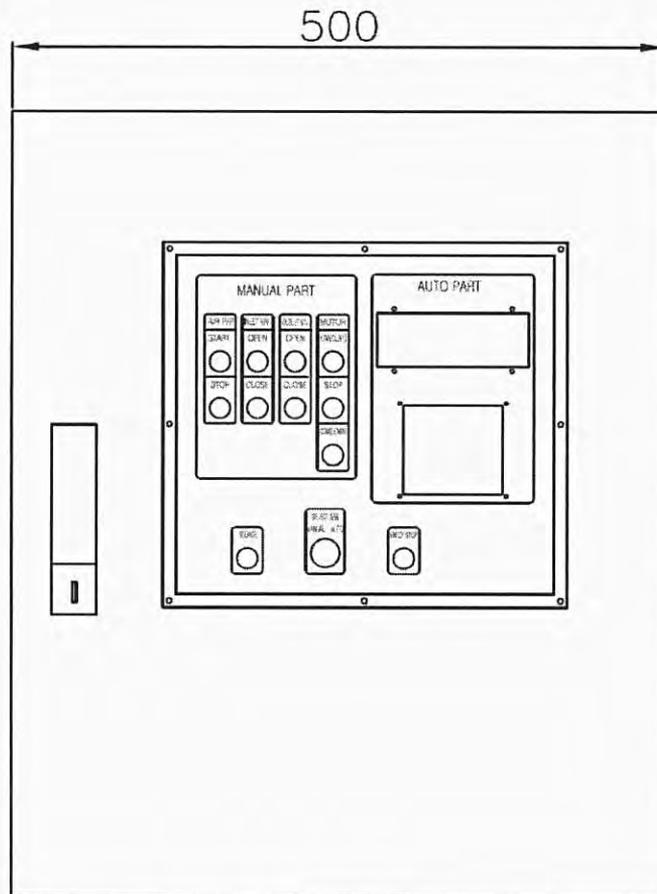
현장 실태 조사시 언급되었던 조작의 편리성을 위하여 각 동작은 하나의 버튼을 이용하여 손쉽게 조작할 수 있도록 하였으며, 수동/반자동/자동 모드를 두어 상황에 맞는 동작을 용이하도록 하였다. 다음의 그림에 실제 제작된 MP 기반의 연동 제어 시스템의 시제품을 나타내었다.



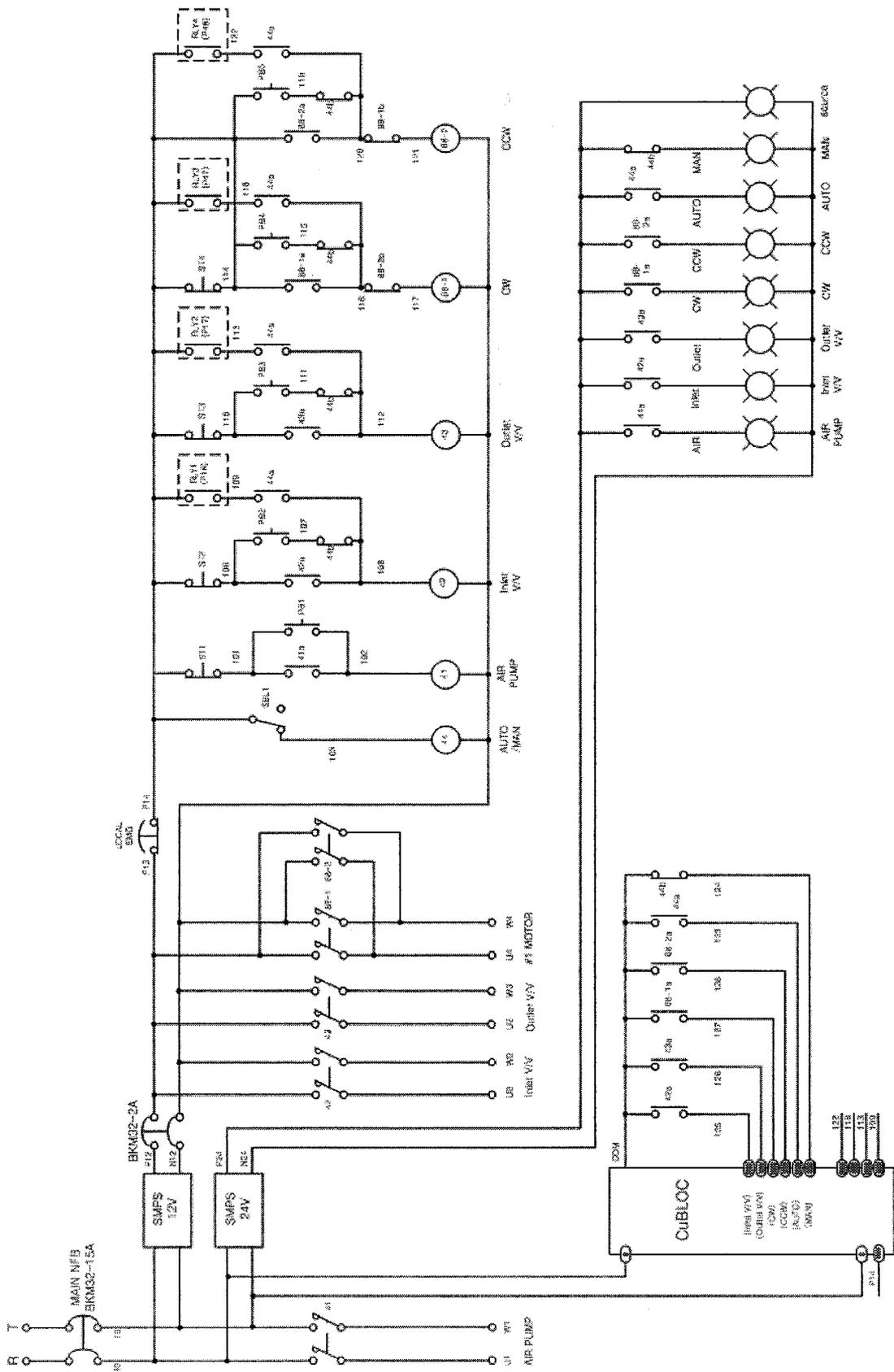
(a) 1차 시제품의 구동부



(b) 1차 시제품의 제어부



(c) 최종 시제품의 판넬 제작도면



(f) 최종 시제품 제작 회로도
 그림 3.112 MP 기반 연동 제어 시스템

그림에서 알 수 있듯이 스위치보드는 수동 조작부와 자동 조작부로 나뉘어져 있으며, 수동 조작 부분은 공기압축기 시작/정지, 밸브 열림/닫힘, 모터 정/역/정지 버튼으로 구성되어있으며, 자동 조작 부분은 4x4 키패드와 4자리의 7-segment로 구성되어 있다. 또한 비상정지 버튼을 두어 수동/자동 모드에 관계없이 동작을 멈출 수 있도록 하였다.

자동 조작 부분의 7-segment 에는 가두리가 현재 위치한 수심이 표시되도록 하였으며, 수동 모드일 때에도 수심은 표시되도록 하였다. 수동 모드일 때 상하 이동은 사용자가 직접 조작하는 것으로 표시된 수심을 보고 적절한 위치에서 정지 버튼을 동작시켜야 하지만 자동 모드일 경우에는 이동하고자 하는 목표 수심을 정한 후 실행 버튼만 누르면 목표 수심까지 자동으로 이동한 후 정지하고, 이동된 수심에 대한 정보를 데이터 통신을 통하여 육상의 관리소 측으로 보낼 수 있도록 하였다.

또한 자동 모드 일 경우 가두리 림 내부의 공기량을 조절하여 모터 구동 시 부하가 적게 걸릴 수 있도록 부력을 제어하는 역할도 함께 수행한다. 즉, 가두리가 위쪽으로 이동하는 경우에 모터를 이용하여 가두리와 연결된 로프를 푸는 방향으로 동작하면서 가두리 상부림에 공기를 주입하여 부력을 발생시킴으로써 로프에 일정한 장력이 유지되도록 하며, 보다 정확한 위치 제어가 가능하다. 반대로 가두리가 아래쪽으로 이동하는 경우에는 상부림에 공기를 배출하여 모터로 가두리를 끌어 내리는 부하를 줄여주며, 하부림과 가두리 고정대가 밀착할 수 있도록 도와준다.(제 3장 1절의 7.상하이동시스템 참고)

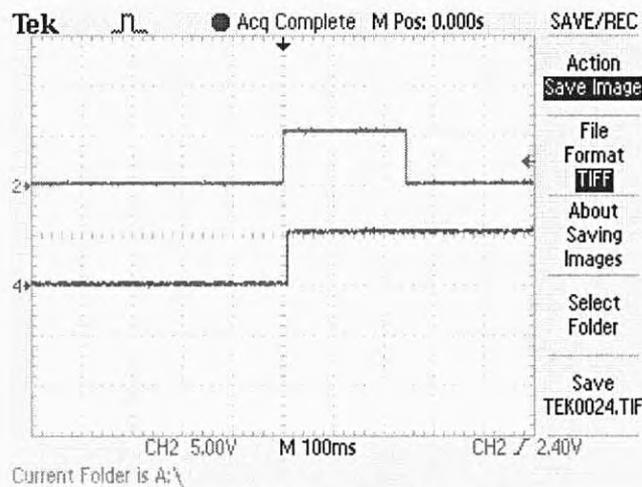
이렇듯 공기와 전기를 동시에 제어하는 연동 제어 시스템은 기존의 공기만을 이용한 상하 이동 시스템에 비하여 보다 빠르고 정확한 위치 제어가 가능하며, 다른 전기식 제어 장치들 보다 구조가 간결해지고 적은 용량의 모터를 이용하여도 동일한 크기의 가두리 양식장을 이동 시킬 수 있게 되었다.

5) 상하 이동 시스템 실험

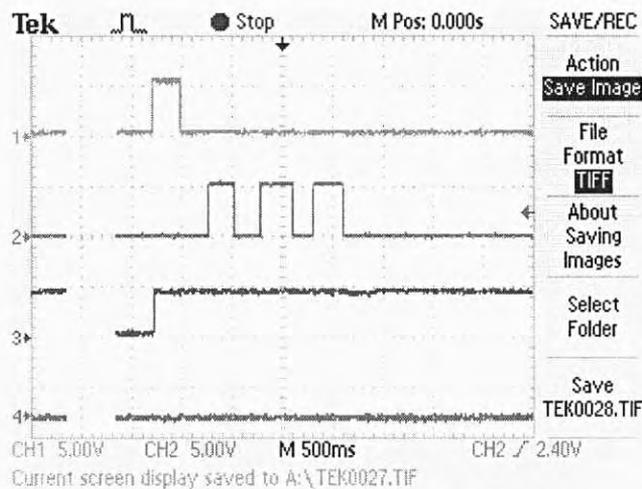
제작된 최종 시제품과 모형가두리를 이용하여 다음과 같은 실험들을 수행하였다.

가) 수동 모드일 경우

수동 모드로 조작하는 경우에 스위치 동작에 따른 전자접촉기 동작을 확인하고 스위치의 Inter-Lock 상태를 점검해 보았다. 다음의 그림들은 공기 압축기, 솔레노이드 밸브, 모터의 정회전에 따른 스위치 입력 신호(Ch 1)와 전자접촉기의 동작 상태(Ch 2)를 나타낸 것이다. 그림 (b)의 Ch 3 과 Ch 4 는 모터의 역회전 스위치와 전자접촉기를 나타내었다.



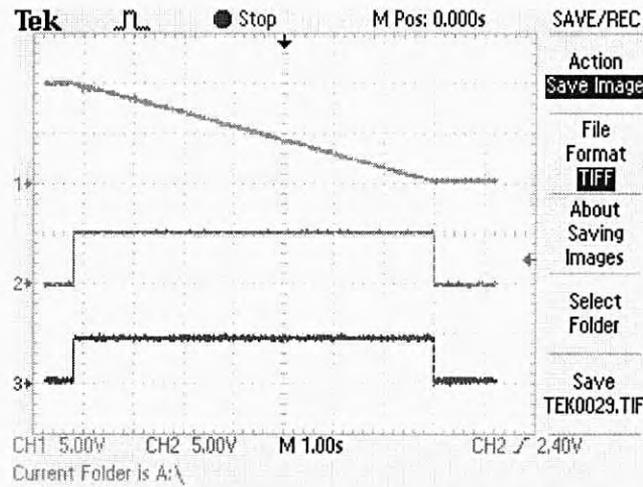
(a) 스위치 동작 시 출력 파형



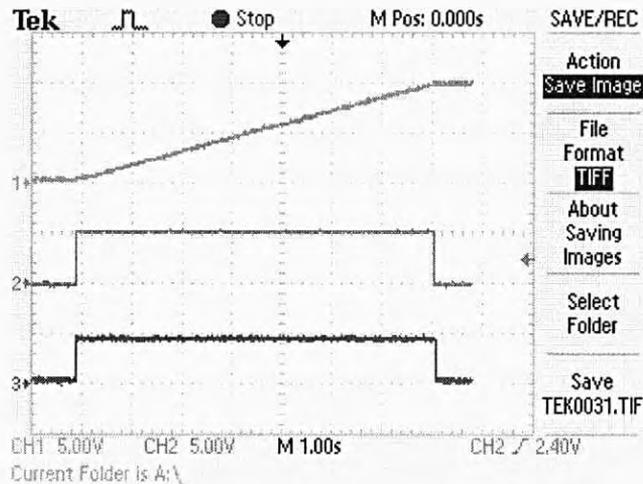
(b) 모터 구동 시 Inter-Lock 동작
그림 3.113 스위치 입력에 따른 동작

나) 자동 모드일 경우

설정된 값에 따라 자동으로 모터를 기동하고, 정해진 위치에 정지한 후, 데이터를 전송하는지 확인하였다. 다음의 그림에 가두리 양식장이 수면에서 최저 수심까지 하강하는 경우와 최저 수심에서 수심 10m 지점까지 상승하는 경우를 각각 나타내었다. Ch 1 은 위치 검출 시스템의 출력 파형을 나타낸 것이며, Ch 2 는 임베디드 컨트롤러(CuBLO)의 출력 신호, Ch 3 은 전자접촉기의 출력 단자를 측정하는 것이다.



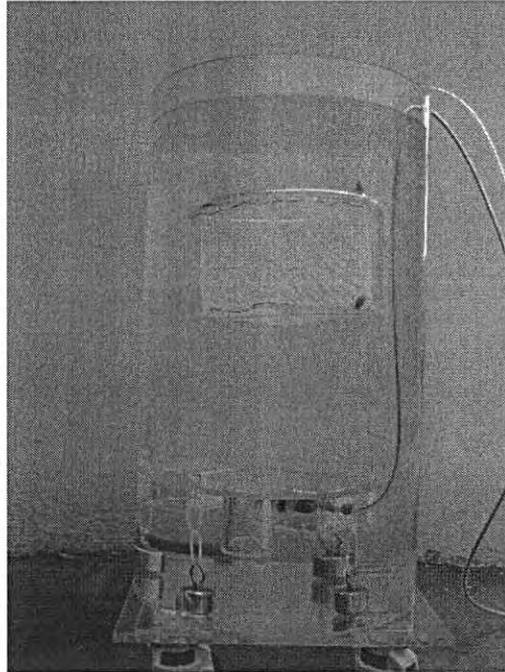
(a) 가두리 하강 시 파형



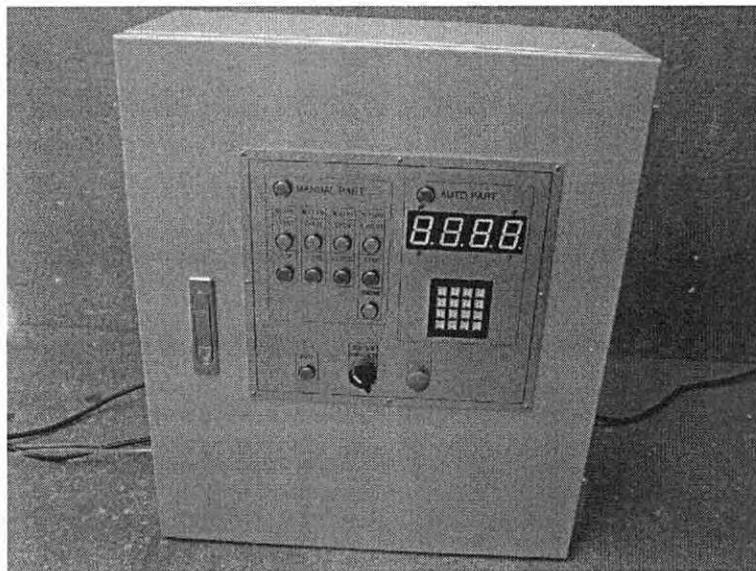
(b) 가두리 상승 시 파형

그림 3.114 자동 모드의 동작 실험

다음 사진은 가두리 양식장 이동 시스템의 모형 테스트 과정을 나타내고 있다.



(a) 모형 가두리 양식장 상하 이동장치 구조



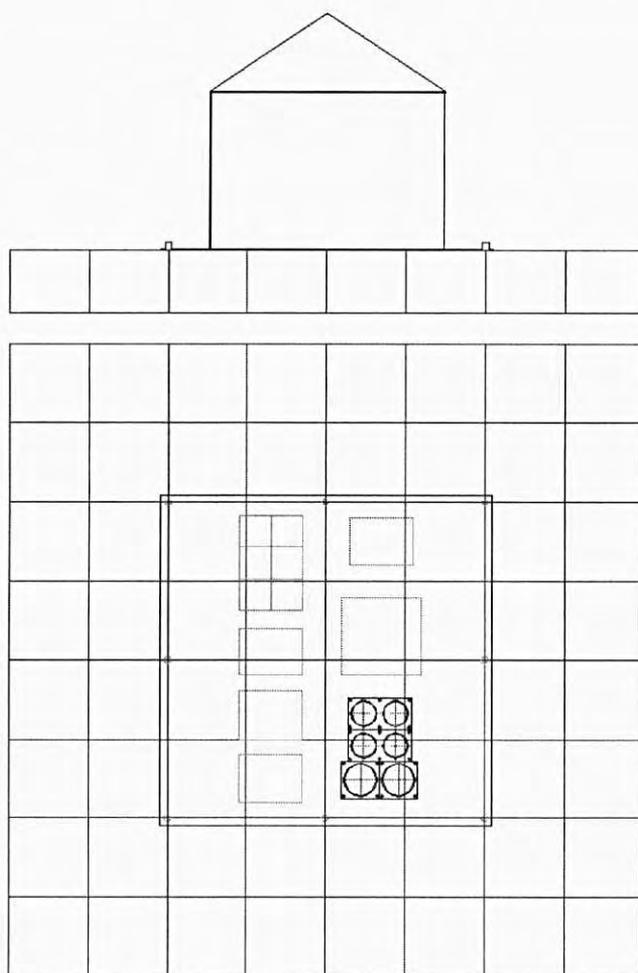
(b) 모형 가두리 양식장 상하 이동장치 제어기
그림 3.115 모형 가두리 양식장 상하 이동장치

차. 해상 현장 실험

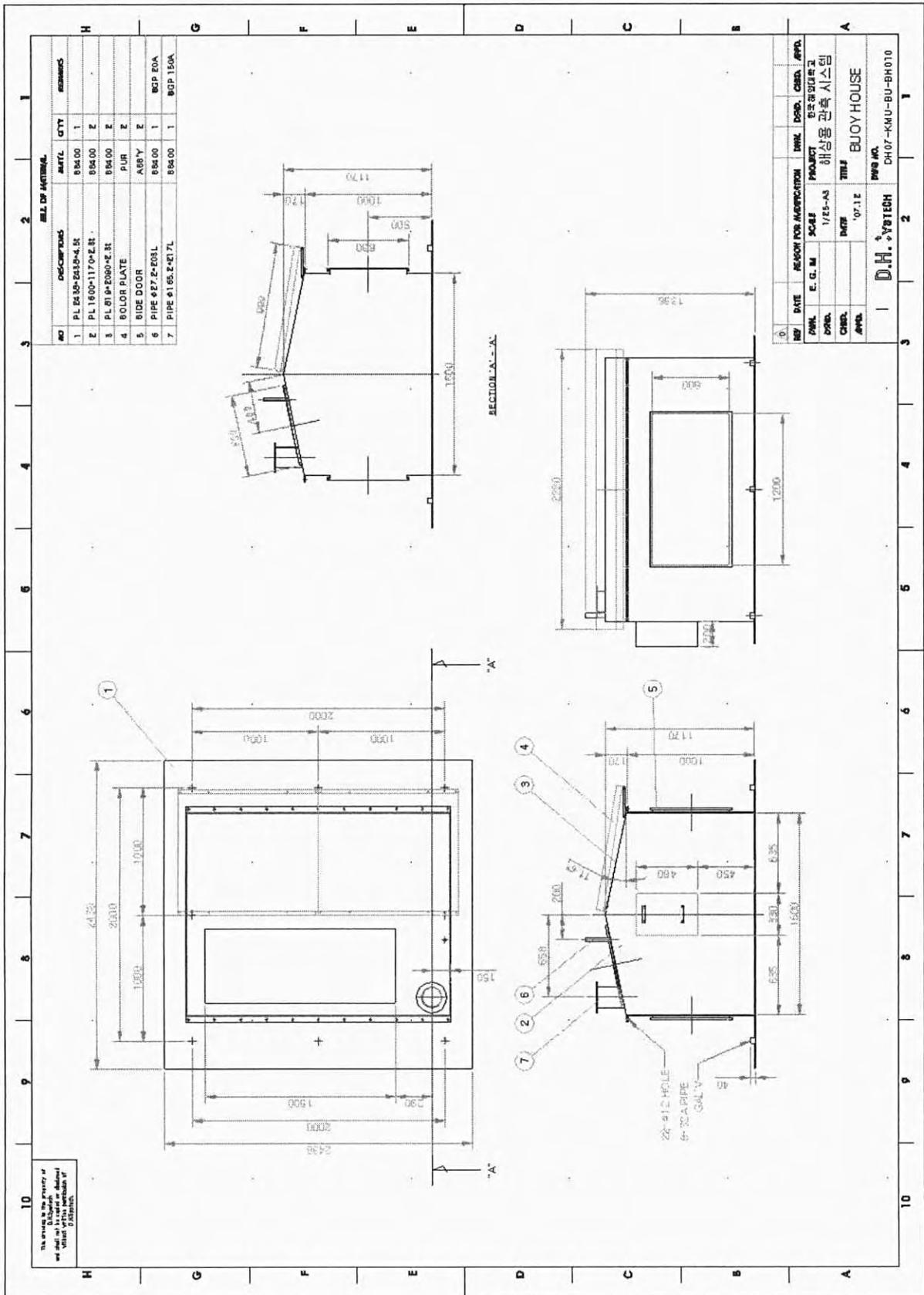
평균적으로 실험실에서의 실험과 현장에서의 실험은 큰 차이가 있다고 알려져 있다. 이는 현장에서는 실험실에서 예측할 수 없는 수많은 방해요인들로 인하여 실험 결과가 동일하게 나오지 않는 현상을 말하는 것이다. 본 연구 개발 과제는 과제의 특성상 최종 결과물의 상용화 여부가 매우 중요하므로 연구 대상의 실제 환경인 해상에서의 실험이 아주 큰 중요성을 가지게 되었다.

해상 실험을 위해서 실제 제주도의 한국형 외해 가두리 양식장 현장에 설치하는 것이 가장 이상적이나, 여러 가지 여건상 어려운 점이 많아 연구 과제의 주관기관인 한국해양대학교 부근 해상에서 현장 실험을 수행하였다.

개발된 연구 과제 시제품을 종합적으로 실험하기 위하여, 우선 각종 제어 장치들을 해상환경으로부터 보호하기 위한 구조물을 다음의 그림과 같이 설계하였다.

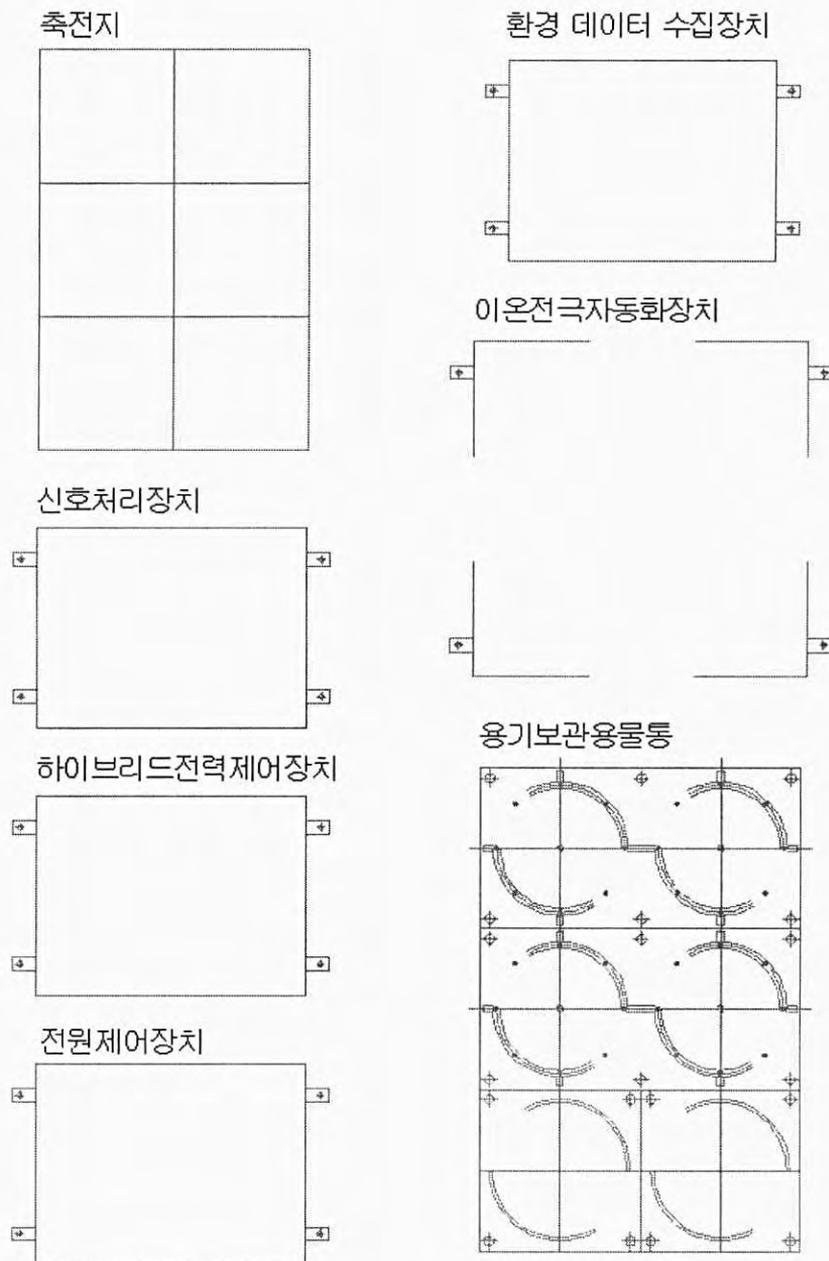


(a) 실험용 부이의 정면도와 측면도

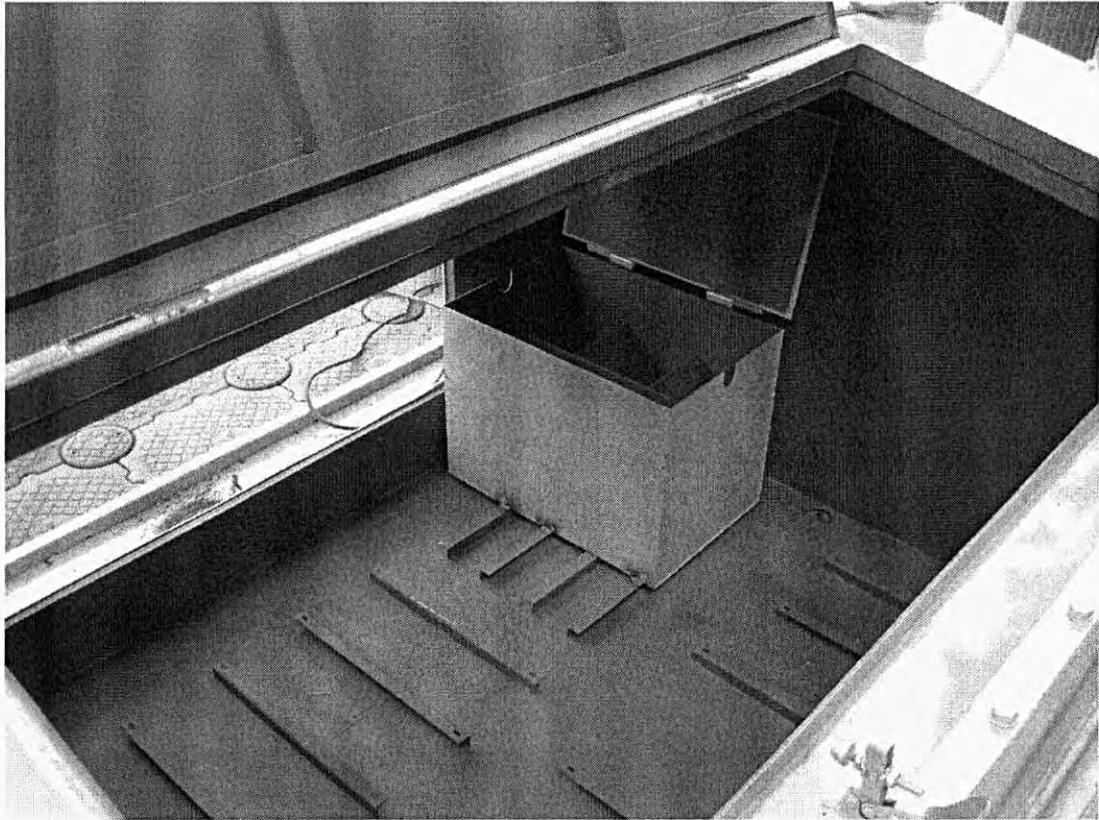


(b) 부이 구조물의 설계도면
 그림 3.116 구조물 외형 도면

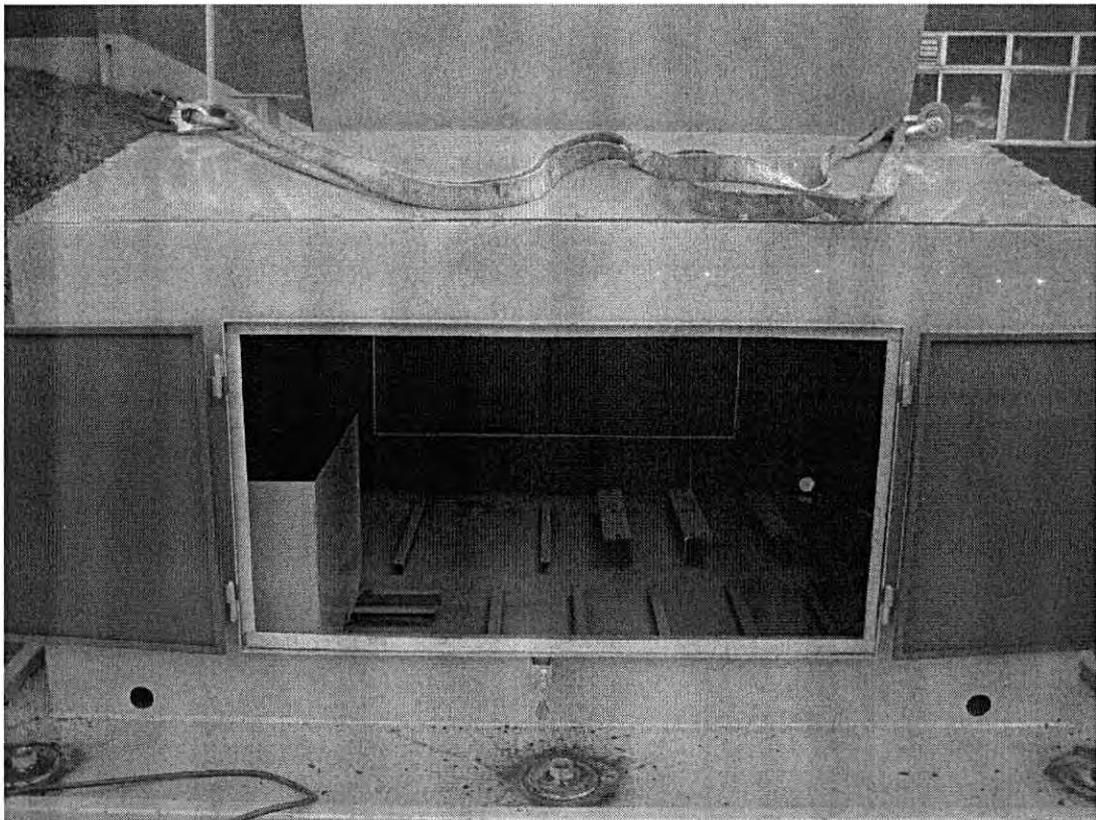
앞의 그림 (a) 의 푸른색 사각형은 부력재를 나타낸 것이며 1개의 부력재는 약 100kg 이상의 부력을 가지는 것으로 선정하였다. 총 8x8 의 64개를 사용하였으며, 부력재 위에 설치될 구조물의 설계도면을 그림 (b) 에 나타내었다. 구조물의 외부에는 태양전지판과 등명기, 무선 통신용 안테나, 통신 모뎀 등이 설치되며, 내부에는 환경 데이터 수집장치, 축전지 등을 비롯한 각종 제어 장치들이 설치된다. 다음의 그림들은 구조물 내부의 설치도면과 부이 구조물의 실제 현장 사진을 나타내었다.



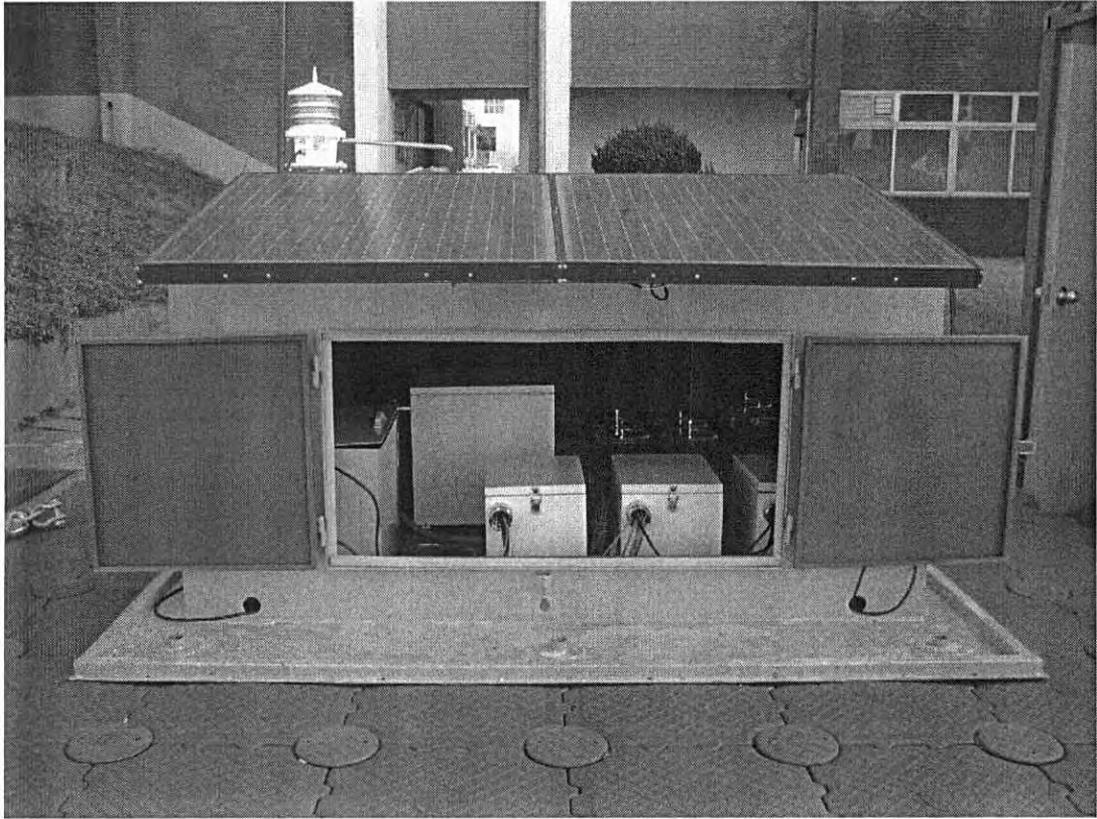
(a) 구조물 내부의 장치 배치도



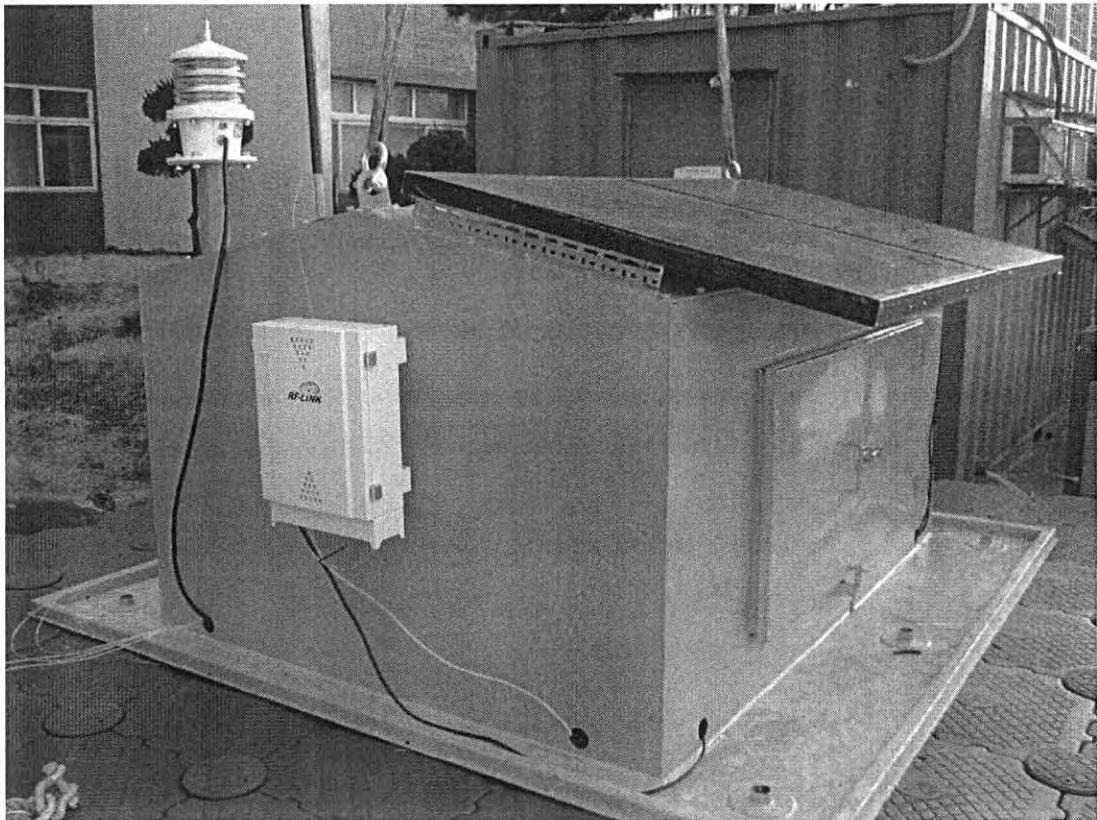
(a) 제작된 구조물의 위에서 내려다본 내부 모습



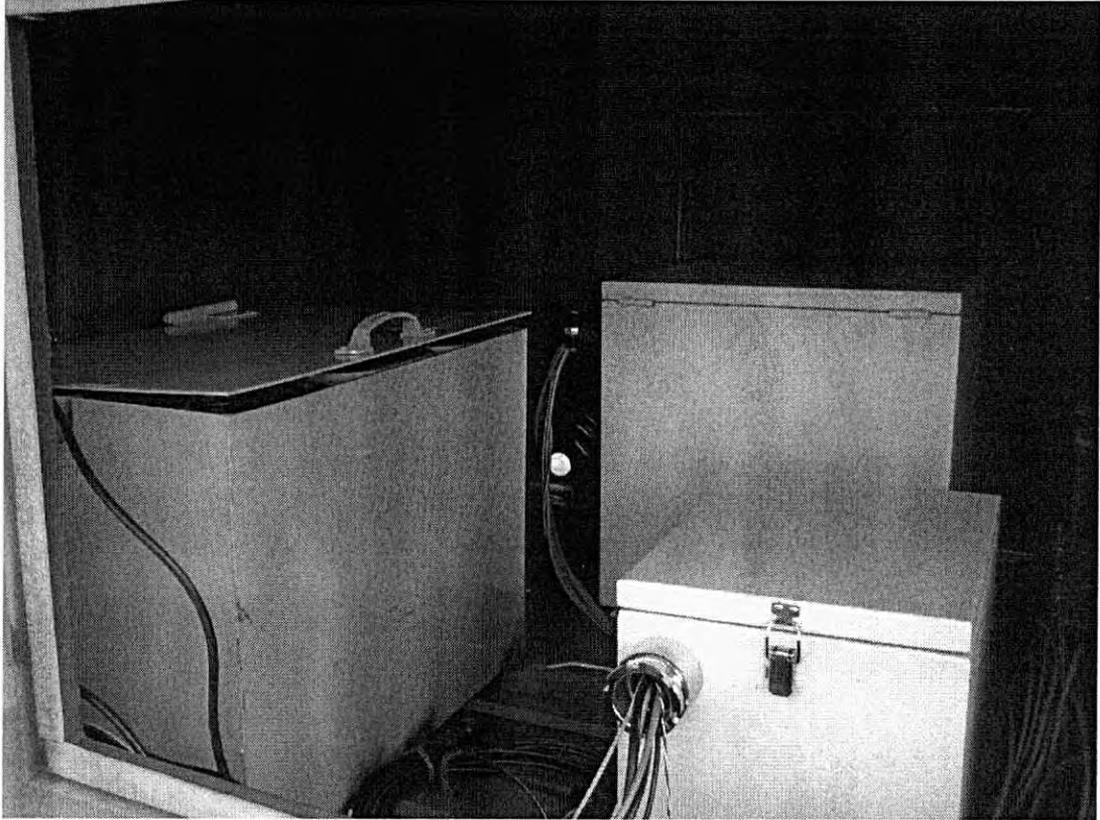
(b) 제작된 구조물을 정면에서 바라본 모습



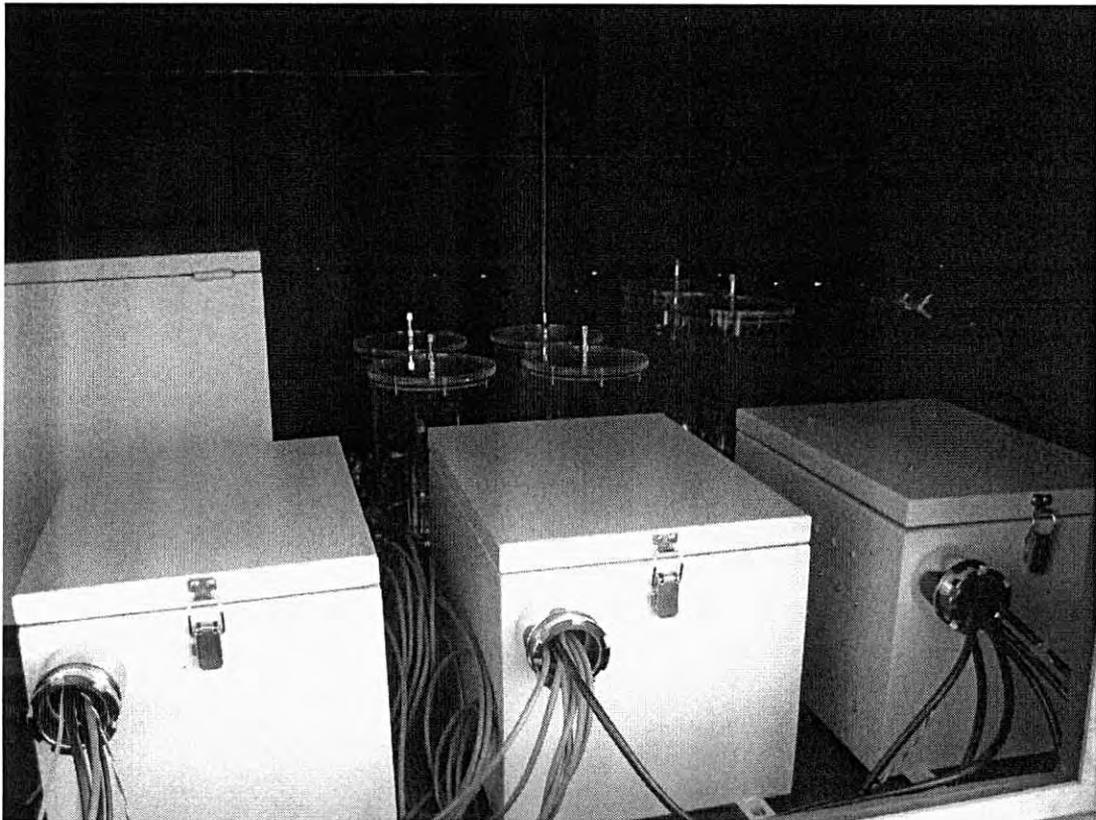
(c) 각종 제어장치 및 구성 요소를 설치한 후 정면 모습



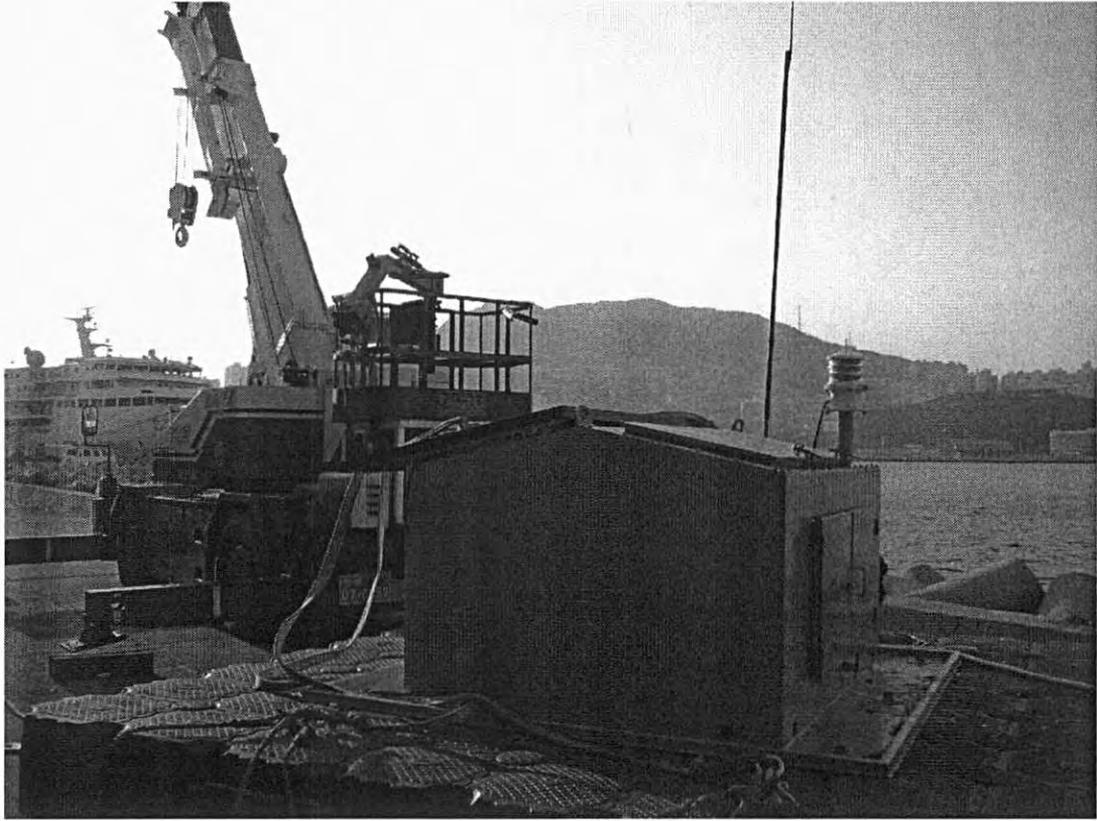
(d) 통신 모듈과 등명기, 태양전지판 설치 모습



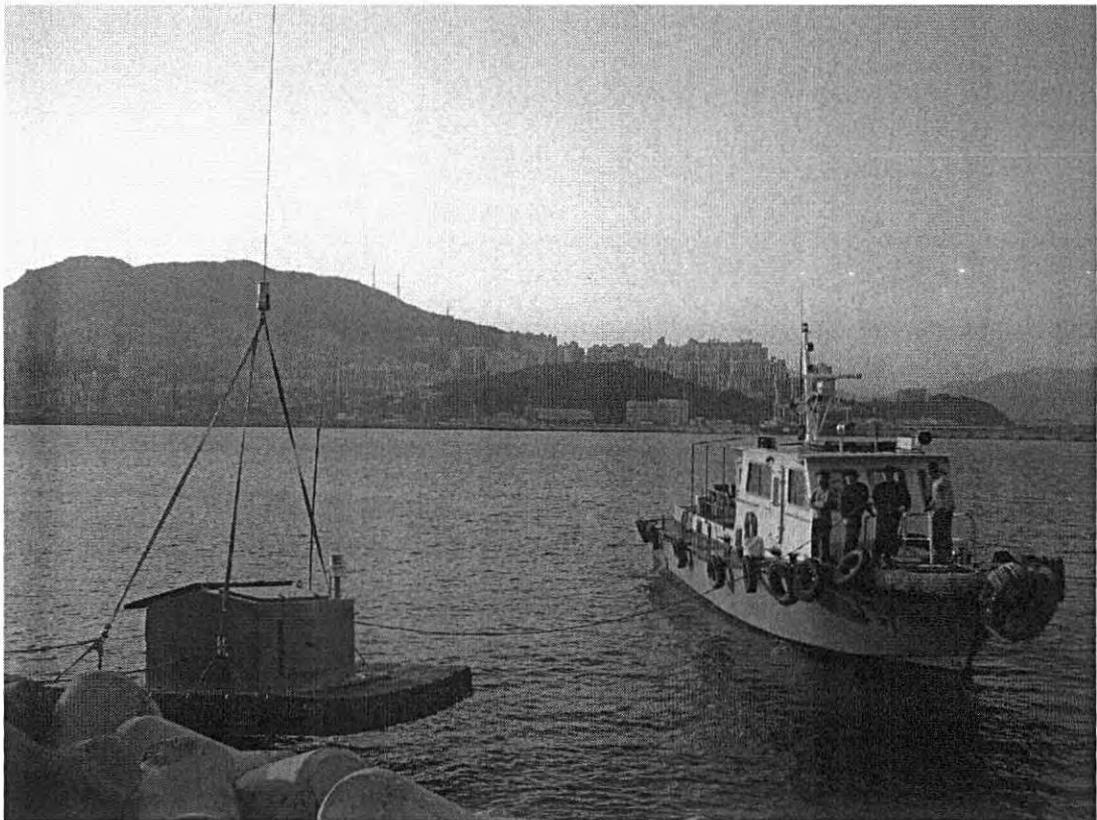
(e) 구조물 내부 모습(축전지 및 제어 박스)



(f) 구조물 내부 모습(전원제어장치 및 용액보관용기)



(g) 구조물 해상 이동전 크레인 설치 모습



(h) 구조물 진수 모습



(i) 선박을 이용하여 설치장소 까지 인양하는 모습



(j) 실험용 부이의 계류 작업 모습
그림 3.118 실험용 부이 설치 사진

3. 외해 수중 가두리 양식장용 환경 감시 및 관리 시스템 S/W 제작

가. 측정 기법(온도, pH , NH_4^+ , DO 등)의 확보

기존에 사용되어 왔던 외해 수중 가두리 양식장의 환경 데이터베이스 시스템 및 본 과제에서 조사한 환경 데이터베이스 등을 분석한 후, 우리는 측정해야할 기본 환경인자로 온도, pH , DO, NH_4^+ 의 4가지의 측정 포인트를 선정하였다. 온도를 비롯한 다른 환경 인자들의 자동화 측정 기법은 이미 정립되어 있는 것이 많이 있었으나, pH 와 NH_4^+ 의 경우는 그렇지 않았다. 본 연구 개발 과제에서는 pH 및 NH_4^+ 에 대한 자동화 측정 기법을 연구하여 시스템에 적용하였다. 온도 및 DO 에 대한 측정 기법은 해양환경공정시험법을 참고하여 측정오차 및 재현성 유지에 중심을 두어 연구·개발 하였다.

앞선 H/W 제작 부분에서 언급하였듯이, 본 연구 개발 과제에서 사용하고자 하는 이온 전극은 DO electrode 와 pH electrode, NH_4^+ electrode 이다. DO electrode 의 경우에는 pH electrode, NH_4^+ electrode 와 달리 별도의 보정이 필요 없으며, 온도를 함께 측정할 수 있어 시스템 구성비용을 줄일 수 있었다. 반면 pH electrode, NH_4^+ electrode 의 경우에는 자동화 측정을 위해 이온 전극을 사용하기 위해서는 각 이온 전극에 대한 보정곡선을 얻어야 한다.

기본적으로 보정곡선이라 함은 두 가지 혹은 세 가지의 Standard 용액에 이온 전극의 전위차를 각각 측정하여 얻은 값을 이용하여 1차 함수형태의 그래프를 그려내는 것을 말한다. 이렇게 보정 곡선이 얻어지면 실제 계측하고자 하는 실험 용액을 측정하여, 보정 곡선과 비교 연산 후, 농도를 계산해내는 방식이다. 보정 알고리즘은 2차 혹은 3차 까지 이루어질 수 있으며, 개발된 시제품에서는 외해 수중 가두리 양식장내 환경 인자의 농도를 측정하기 바로 직전에 보정 곡선을 얻는 동작을 수행하도록 하여 측정 오차를 줄이고 측정 재현성을 유지할 수 있도록 하였다.

다음의 그림에 보정 알고리즘 및 검출 알고리즘을 정리하여 나타내었다. pH 와 NH_4^+ 측정 방법은 거의 흡사하므로 동일한 알고리즘을 사용하여 측정하였다.

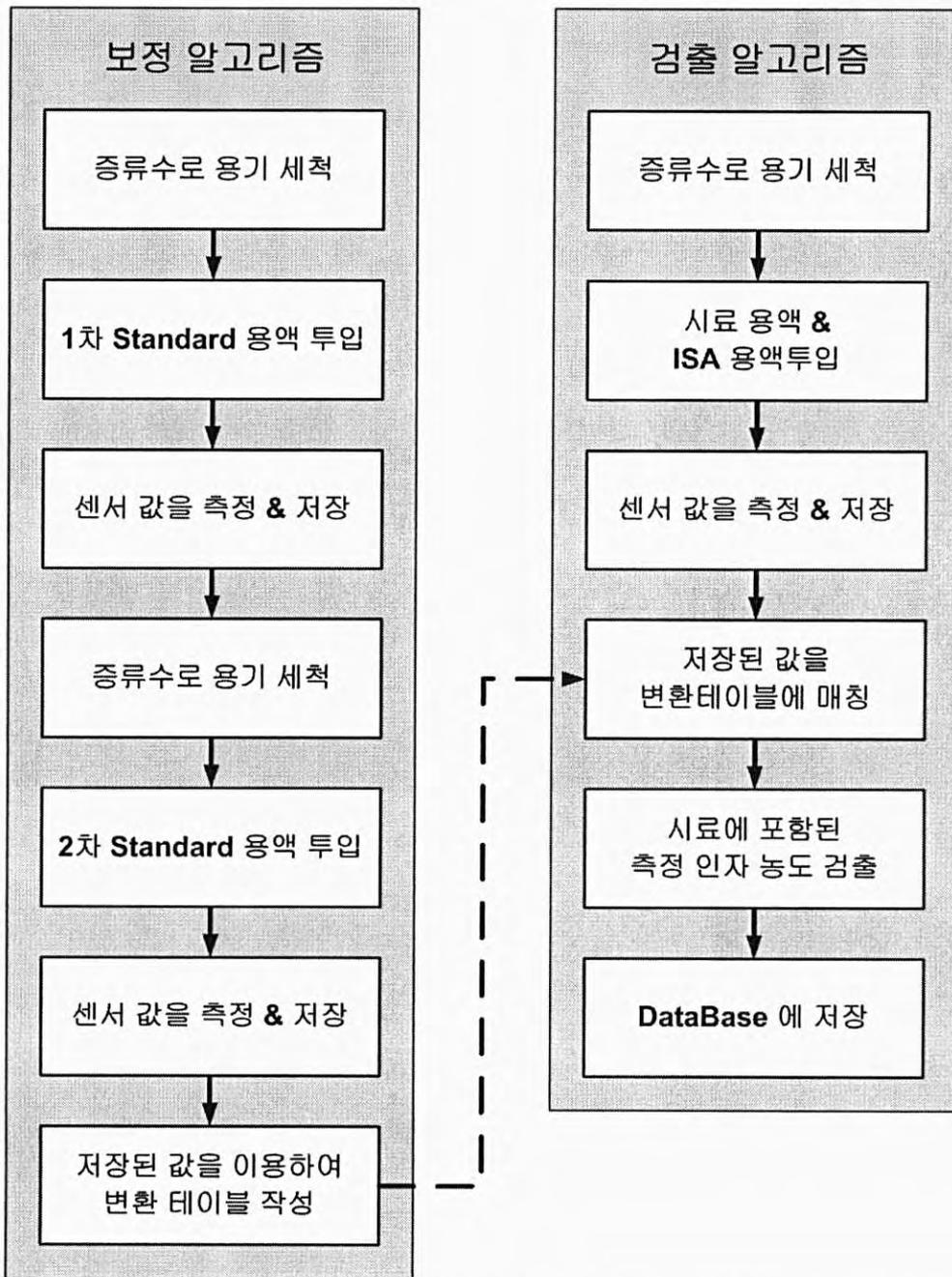


그림 3.119 보정 알고리즘 및 검출 알고리즘

보정 알고리즘은 양식장내 암모니아 농도 측정 바로 직전 수행하여 매번 갱신 하며, 검출 알고리즘으로 실험 용액을 측정한 값을 저장한 후 보정 알고리즘을 통해 만들어진 보정 곡선을 바탕으로 실제 농도를 계산하여 데이터베이스에 저장한다. 데이터베이스에 저장된 값들은 통신을 이용하여 육상의 관리소 측으로 보내어 지며 통합관리 모니터링 프로그램에서 사용자에게 보기 쉽게 표시된다. 다음의 그림에 보정 및 검출 알고리즘이 포함된 DAU 모듈의 프로그램을 나타내었다.

```

167 void washing(void)
168 {
169     d_out = 0b01010000; // 교반모터 온, 증류수 투입
170     chip_select(13);
171     chip_select(14);
172
173     delay_min(2); // 2분 동안 투입
174
175     d_out = 0b01000000;
176     chip_select(13);
177     chip_select(14);
178
179     delay_min(2); // 증류수 투입후 2분간 세척
180
181     d_out = 0b00100000;
182     chip_select(13);
183     chip_select(14);
184
185     delay_min(2); // 드레인 밸브 오픈
186
187     d_out = 0b00000000;
188     chip_select(13);
189     chip_select(14);
190 }
191
192 void charge_standard_no1(void)
193 {
194     d_out = 0b00000100; // #1 스탠다드 용액 투입
195     chip_select(13);
196     chip_select(14);
197
198     delay_min(2); // 2분 동안 투입
199
200     d_out = 0b01000010; // 교반모터 온, ISA 투입
201     chip_select(13);
202     chip_select(14);
203
204     delay_ms(5000); // 스탠다드 투입후 5초간 ISA 투입
205
206     d_out = 0b01000000;
207     chip_select(13);
208     chip_select(14);
209
210     delay_min(8); // 안정화 위해서 8분간 교반기 돌리며 웨이트
211 }

```

그림 3.120 이온 전극 DAU 모듈의 서브 함수

이온 전극 DAU 모듈의 내부에는 그림과 같이 서브 함수들로 이루어져 있으며, 이러한 서브 함수들은 각각 이온전극을 관리하는 일련의 동작을 수행하도록 프로그램되어 있다. 메인 프로그램에서는 이러한 서브 함수들을 적절히 호출함으로써, 보다 안전한 동작을 수행할 수 있도록 하였다. 다음의 그림에서 알 수 있듯이 메인 프로그램에서는 각 시료에

대한 보정 곡선을 얻기 위해 최소한으로 필요한, 표준용액의 측정값과 실제 해수의 측정 값을 저장하는 역할을 하며, 저장된 값은 데이터 통신 시 육상의 Host PC로 전송되어 통합 모니터링 프로그램에서 보정곡선을 그리고 이를 이용하여 실제 농도 값을 계산하고 디스플레이 한다.

```
418 ////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////  
419 //                               Main Function                               //  
420 ////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////  
421  
422 void main()  
423 {  
424     sys_init();  
425     while(TRUE)  
426     {  
427         if ( start_measuring )  
428         {  
429             disable_interrupts(int_rda);  
430             // 측정위치로 이동  
431             move_measure_position();  
432             // 세척  
433             washing();  
434             // 스탠다드 1번 투입  
435             charge_standard_no1();  
436             // 이온전극값 측정 (A/D)  
437             measuring_electrode(0);  
438             // 배출  
439             discharge();  
440             // 세척  
441             washing();  
442             // 스탠다드 2번 투입  
443             charge_standard_no2();  
444             // 이온전극값 측정 (A/D)  
445             measuring_electrode(1);  
446             // 배출  
447             discharge();  
448             // 세척  
449             washing();  
450             // 해수 측정 준비  
451             charge_seawater();  
452             // 이온전극값 측정 (A/D)  
453             measuring_electrode(2);  
454             // 배출  
455             discharge();  
456             // 세척  
457             washing();  
458             // 보관위치로 이동  
459             move_reserve_position();  
460             start_measuring = false;  
461             enable_interrupts(int_rda);  
462         }  
463     }  
464 }
```

그림 3.121 이온 전극 DAU 모듈의 메인 프로그램 소스

나. 신호처리 모듈의 구성

1) 다중 신호처리 알고리즘

외해 수중 가두리 양식장에서 측정된 데이터를 육상에서 수집·관리하기 위해서는 유·무선 신호처리 모듈의 개발이 반드시 필요하게 된다. 가두리 양식장의 규모가 커지거나 측정 개소가 2개 이상인 집단이라면 1:1 신호처리 모듈로는 데이터 수집에 많은 어려움이 있다. 본 연구개발 과제에서는 1차 시제품에는 RS232와 같은 1:1 신호처리 모듈 기반에서 다중 통신이 가능하도록 알고리즘을 연구·개발하여 시제품에 적용하고자 하였으며, 최종 시제품에는 영상 처리 시스템 등과 같은 대용량 통신을 위하여 무선 LAN 기반의 통신 방법을 사용하였다.

가) 1:1 기반의 다중 통신 알고리즘

우선 1차 시제품에 적용되었던 1:1 기반의 다중 신호처리 알고리즘을 개발하기 위하여 다음과 같은 특성을 가지도록 하였다. 여기서 유닛은(Unit) 통신을 하는 데이터 수집 모듈을 일컫는다.

- 각 유닛은 회선의 안정성을 위해 무선 통신 전송거리 내에 최소 두개 이상의 유닛이 존재 하게 구성한다.
- 무선 통신 전송 거리 내에 있는 유닛은 멀티 포인트 링크(Multi Point Link)를 기본으로 구성된다.
- 각 유닛은 위치에 따라 직접적으로 연결될 수 없는 유닛들 사이에서 중계기 역할을 수행할 수 있도록 한다.
- 각 유닛은 인접한 유닛과의 관계가 담긴 링크 데이터를 서로 공유하여 유닛의 통신 상태를 알 수 있도록 한다.

이러한 특성들에 맞게 시스템을 구현하여 다중 통신을 위한 알고리즘을 구현하였다. 첫 번째로 멀티 포인트 링크에 폴 앤 셀렉트 기법(Poll & Select method)을 사용하여 다수의 유닛을 제어하는 것을 기본으로 하였다.

- 기본적으로 각각의 유닛은 일정 시간마다 자신의 고유 아이디를 송출함으로써 주변의 유닛에게 자신의 존재를 각인시킨다.(각각의 유닛은 인접한 유닛의 고유 ID를 인식하고 있다.)
- 각 유닛은 송·수신 가능한 고유 ID의 링크 데이터 DB를 구축하여 호스트 PC(육상) 쪽으로 전송한다.
- 호스트 PC는 각 유닛들로부터 전송 받은 DB를 이용하여 현재 망이 어떻게 구성되어 있는지 파악하고 있는 상태이며 일정 주기 시간마다 들어오는 데이터를 이용하여 각 유닛의 고장 유무를 판단한다.
- 특정 모듈이 송·수신 하는 경우 호스트 PC의 통신 제어 프로그램은 해당 모듈까지의 최소거리를 찾아 경로를 지정해 주고, 각 모듈은 그 지정된 경로를 통해 데이터를 전송한다.(집중 적응 경로 배정)

다음의 그림에 일반적인 데이터 통신 시 사용되는 메시지들의 이동을 보여준다. 여기서 마스터와 슬레이브는 고정된 유닛이 아니라 호스트 PC에서 지정되는 가변적인 유닛이며, 통신이 이루어지는 구역과 그렇지 않은 구역을 구분하기 위해서도 사용된다. 각 유닛의 ID는 하드웨어적으로 설정되며, 이 서버루틴은 설정 완료된 후에도 일정주기마다 실행되어 링크의 상태를 확인하고, 만약 어떠한 변화라도 생기는 경우 호스트 PC로 DB를 업데이트 한다.

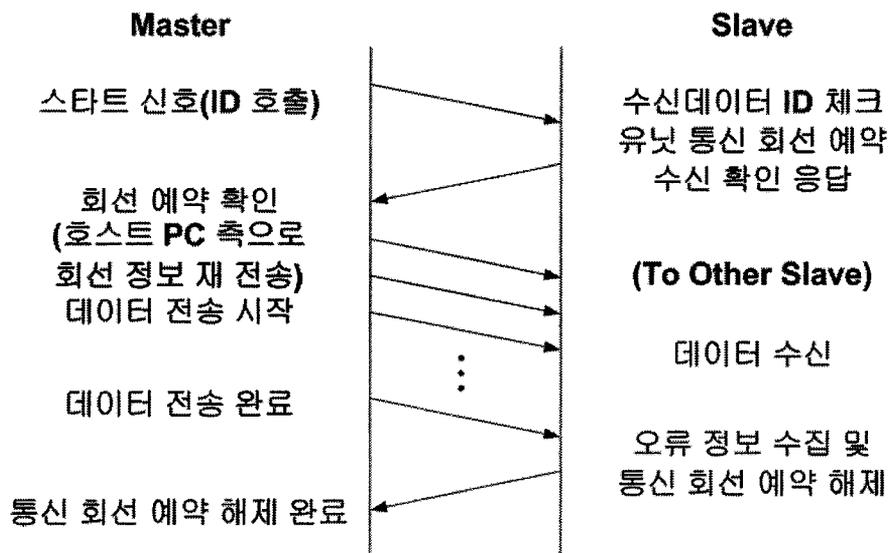


그림 3.122 다중 신호처리 모듈을 위해 사용된 메시지 패싱

나) 무선 LAN 기반의 다중 신호처리 시스템 구성

무선 LAN 기반으로 하여 영상 신호 처리 모듈을 비롯한 다른 모든 장비의 데이터를 수집하기 위해서 다음의 그림과 같이 전체 통신망을 구성하였다.

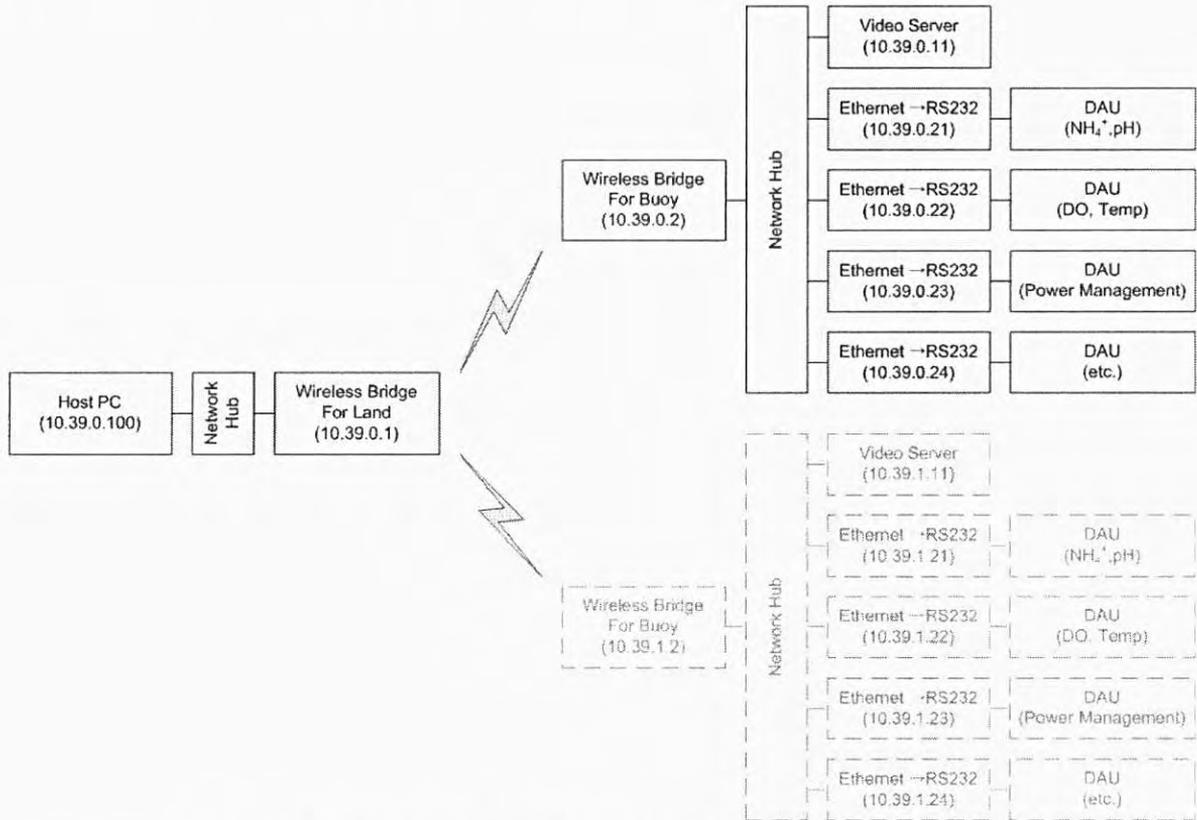


그림 3.123 무선 LAN 기반의 다중 통신망 구성

TCP/IP의 기본 특성인 N:M 통신이 가능한 Ethernet 기반으로, 육상에는 하나의 관리소를 두고 해상에는 가두리 양식장별로 하나의 통신 시스템을 구축하여 데이터 통신이 이루어지도록 한다. 이를 위하여 그림에 표시된 것과 같이 각각의 IP를 할당하여 기술적으로 최대 250여개의 부이를 한꺼번에 관리할 수 있도록 하였으며 하나의 부이에도 250여개의 장비를 연결할 수 있도록 하였다. 실제 최종 시제품에서는 앞선 그림에 실선으로 표시된 것과 같이 구성하여 실험하였다. TCP/IP의 알고리즘에 대한 내용은 일반적으로 충분히 알려져 있으므로 본 보고서에서는 생략하였다.

다) 타 시스템과의 연동 알고리즘

현재 해상 가두리 양식장을 비롯한 다른 해상 장비들의 신호 처리 시스템으로는 주로 CDMA 와 Inmarsat, AIS, RF 통신 등이 사용되고 있다. 기존에 사용하는 장비들과 본 연구 개발 과제의 최종 시제품이 연동되어 사용될 수 있도록 하기 위하여 통신 소프트웨어 부분에 연동 알고리즘을 연구 개발하여 반영하였다. 이들은 주로 RS232 통신을 기반으로 구성되어 있으므로 ASCII 코드를 이용한 프로토콜 구성이 기본이며 본 연구 개발 과제에 사용된 프로토콜을 다음과 같다.

- 명령 프로토콜 : 해상 가두리 양식장의 자동 측정 시스템에 특정한 명령을 지시할 때 사용되는 프로토콜
- 범용 통신 프로토콜 : 다중 통신 시스템을 사용하기 위한 일반 데이터 전송 시 사용되는 프로토콜
- 연동 데이터 통신 프로토콜 : AIS, CDMA 등 타 시스템과의 통신을 위해 사용되는 프로토콜

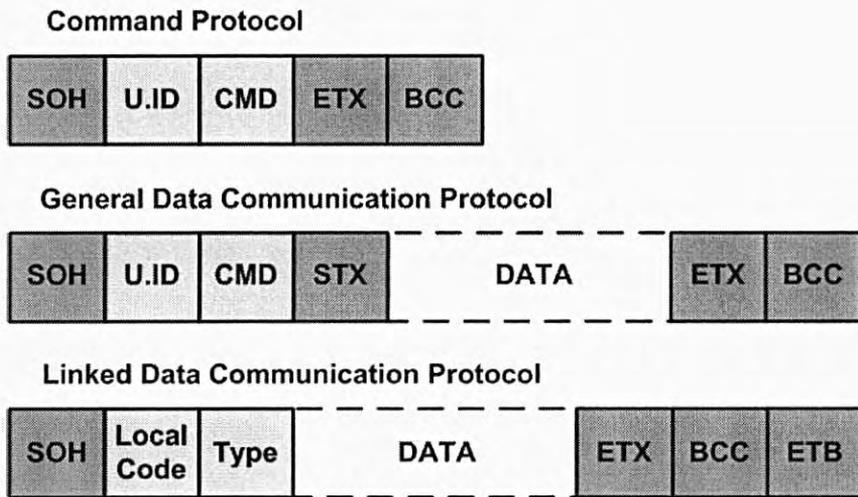


그림 3.124 연동 통신 프로토콜의 정의

그림에서 SOH는 정보 메시지의 헤딩이 시작됨을 의미하며 암모니아 농도와 같은 데이터는 STX 메시지 이후에 전송된다. DATA와 BCC에는 에러체크를 위한 정보를 포함하여 데이터 전송의 오류를 검사하는 기능을 수행할 수 있도록 하였으며 모든 통신은 ETX(ETB), BCC, EOT 메시지를 마지막으로 종료된다.

구성된 BSC 코드는 ASCII 코드와 동일하게 구성하여 호환성을 갖추도록 하였으며 U.ID는 모듈의 ID를 나타내고 CMD는 한 바이트의 영문자로서, 프로그램적으로 지정한 영문자에 대해서 특별한 일을 수행할 수 있도록 구성하였다. 다음의 표는 프로토콜에 사용되는 제어문자를 정리한 것이다.

표 3.30 프로토콜 제어문자

	제어문자	기능
SOH	Start Of Heading	정보메시지의 헤딩 시작
STX	Start Of Text	텍스트 시작 및 헤딩 종료
ETX	End Of Text	텍스트의 끝
EOT	End Of Transmission	전송을 종료, 데이터 링크를 초기화
ENQ	ENQuiry	데이터 링크 설정 및 응답 요구
ACK	ACKnowledge	수신한 정보메시지에 대한 긍정응답
NAK	Negative AcKnowledge	수신한 정보메시지에 대한 부정응답
SYN	SYNchronous idle	문자 동기를 유지
BCC	Block Check Character	오류 검출을 위한 코드
ETB	End Of Transmission Block	전송 블록의 끝

다. 양식장 위치제어기법 및 알고리즘

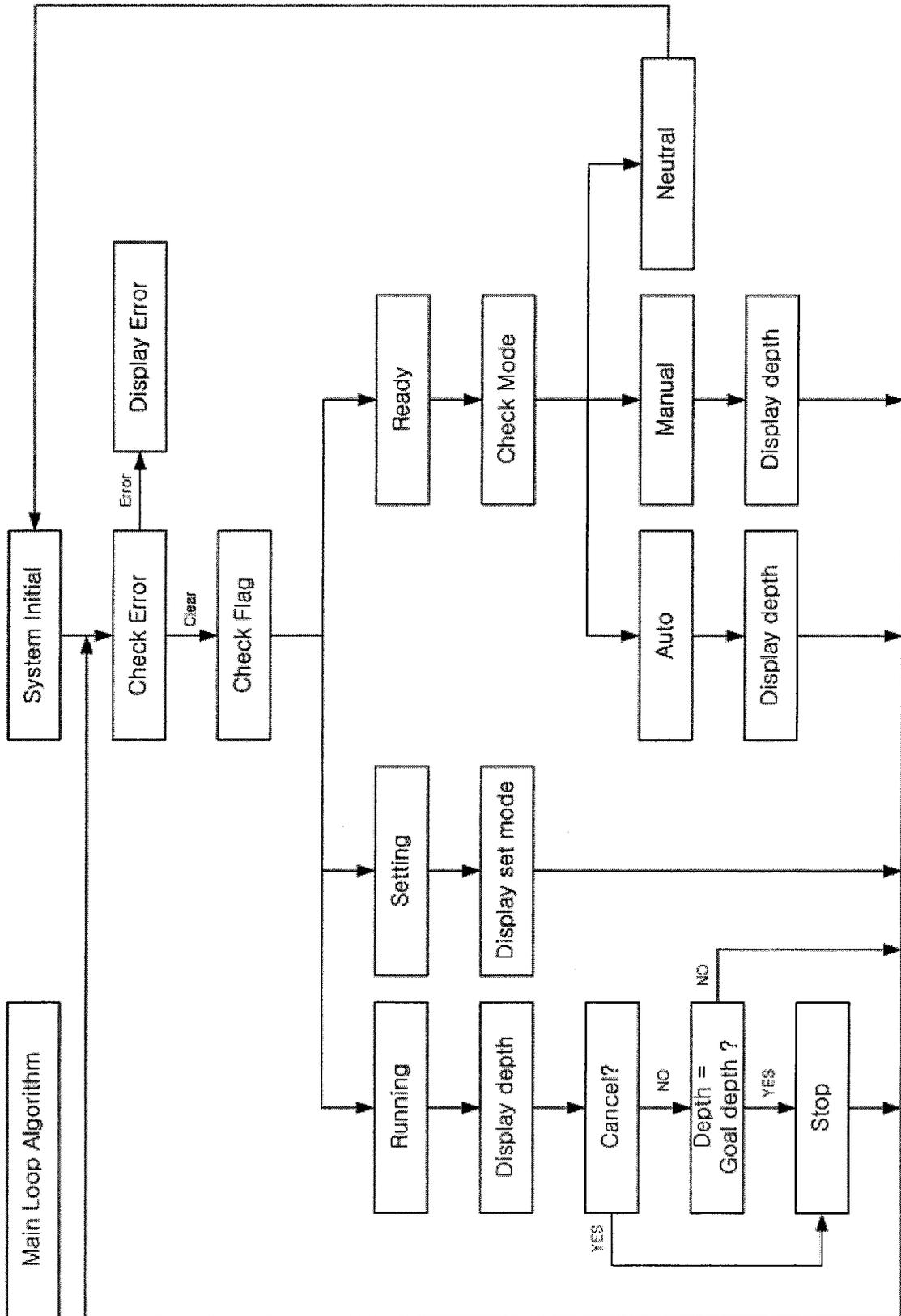


그림 3.125 가두리 위치 이동 시스템(CuBLOC)의 주 제어 알고리즘

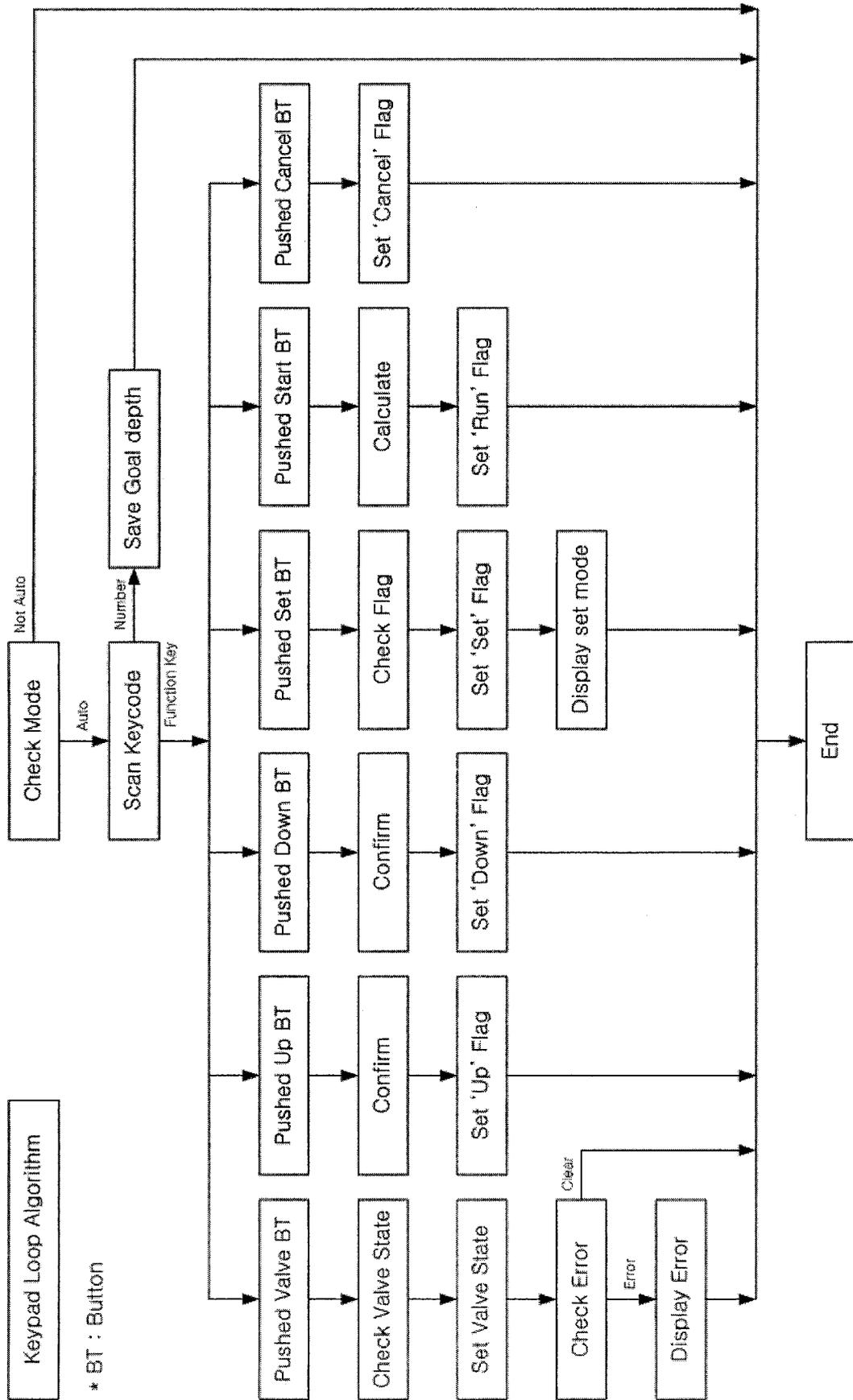


그림 3.126 가두리 위치 이동 시스템(CuBLOC)의 설정 알고리즘

앞의 두 그림은 해상 가두리 수중 상하 이동 시스템의 자동 제어기 역할을 수행하는 임베디드 컨트롤러인 CuBLOC 내부에 포함되어 있는 프로그램의 알고리즘을 나타낸 것이다. 임베디드 컨트롤러의 프로그램도 이온 전극 DAU 등과 마찬가지로 주요 동작들에 대한 내용은 서브 함수를 이용하여 프로그램의 구조를 간략히 하였다. 다음의 그림에 CuBLOC에 사용된 실제 프로그램 소스의 일부분을 나타내었다.

```

153 keyin_rtn:
154     Debug "Keyin rtn" ,Cr
155     i = F_auto
156     If i = 1 Then
157         key_code = Getpad(1)
158         key_code = key_table(key_code)
159     Else
160         i = Getpad(1)
161         Goto keyin_exit
162     Endif
163
164     If key_code <= 10 Then
165         If flag_menu = 11 Then
166             flag_menu = 12
167             goal_depth = key_code mod 10
168             s_goal_depth = Dec goal_depth
169             Csgnput 0, 3, s_goal_depth_a(0)
170             If goal_depth = 0 Then
171                 flag_menu = 11
172             Endif
173         ElseIf flag_menu = 12 Then
174             flag_menu = 13
175             goal_depth = goal_depth * 10 + (key_code mod 10)
176             s_goal_depth = dec2 goal_depth
177             Csgnput 0, 2, s_goal_depth_a(0)
178             Csgnput 0, 3, s_goal_depth_a(1)
179             If goal_depth = 0 Then
180                 flag_menu = 11
181             Endif
182         ElseIf flag_menu = 13 Then
183             flag_menu = 12
184             Csgxput 0, 2, 0b00000000
185             goal_depth = key_code mod 10
186             s_goal_depth = Dec goal_depth
187             Csgnput 0, 3, s_goal_depth_a(0)
188             If goal_depth = 0 Then
189                 flag_menu = 11
190             Endif
191         Endif
192     Endif

```

그림 3.127 상하 이동 시스템의 설정 알고리즘을 구현한 서브 함수의 일부

```

700 Do
710   If flag_erro = 1 Then
720     V_off
730     H_F_off
740     M_B_off
750   Elseif flag_menu = 0 Then
760     Set Onglobal Off
770     If F_manu Then
780       Gosub dis_manu
790     Elseif F_auto Then
800       Gosub dis_auto
810     Else
820       V_off
830       Gosub M_F_stop
840       Gosub M_B_stop
850       Csgdec 0, 8888
860     Endif
870     Set Onglobal On
880   Elseif flag_menu > 0 Then
890     Gosub dis_set
900   Endif
910
920   If flag_menu = 10 Or flag_menu = 20 Or flag_menu = 30 Then
930     flag_menu = 0
940   Endif
950
960   If flag_menu >= 50 Then
970     Gosub dis_depth
980     If flag_menu = 50 Then
990       Gosub M_F_stop
1000    Elseif flag_menu = 60 Then
1010      Gosub M_B_stop
1020    Elseif depth = goal_depth Then
1030      If flag_menu = 51 Then
1040        Gosub M_F_stop
1050      Elseif flag_menu = 61 Then
1060        Gosub M_B_stop
1070      Endif
1080    Endif
1090  Endif
1100
1110  Debug "-----",Cr
1120  Debug Dec? depth,Cr
1130  Debug Dec? goal_depth,Cr
1140  Debug Dec? flag_menu,Cr
1150  Debug "-----",Cr
1160
1170  Delay 500
1180 Loop

```

그림 3.128 상하 이동 시스템의 메인 알고리즘을 구현한 프로그램 소스

라. IT 기반의 제어시스템 신호처리용 소프트웨어 및 제어시스템

DAU 모듈은 다중 신호처리 I/O 모듈을 통해 입력된 전압 값을 A/D 컨버터를 이용하여 12bit의 해상도로 디지털 값으로 변환하고 보정 알고리즘을 이용해서 얻어진 보정 곡선과 매칭 하여 NH_4^+ , pH, DO 등의 농도를 계산한다. 또한 보정 알고리즘과 검출 알고리즘을 수행하기 위한 각종 펌프, 모터, 밸브 등을 제어하며 수집된 데이터를 EEPROM에 저장하기도 하고 통신 모듈을 통해 데이터를 보내주기도 한다. 이러한 동작을 수행하기 위해서 설계된 마이크로프로세서에 CCS-C 컴파일러, MPLAB-IDE 등과 같은 프로그램을 이용하여 구동 소프트웨어를 제작하여 탑재하였다.

또한, 해상 가두리 양식장에서 측정된 이온 전극의 농도를 육상의 호스트 PC에서 모니터링 하기 위해서 윈도우 기반의 모니터링 프로그램을 제작하였다. National Instruments 사의 LabVIEW를 사용하여 프로그래밍 하였으며 다음과 같은 기능이 포함되도록 구성하였다.

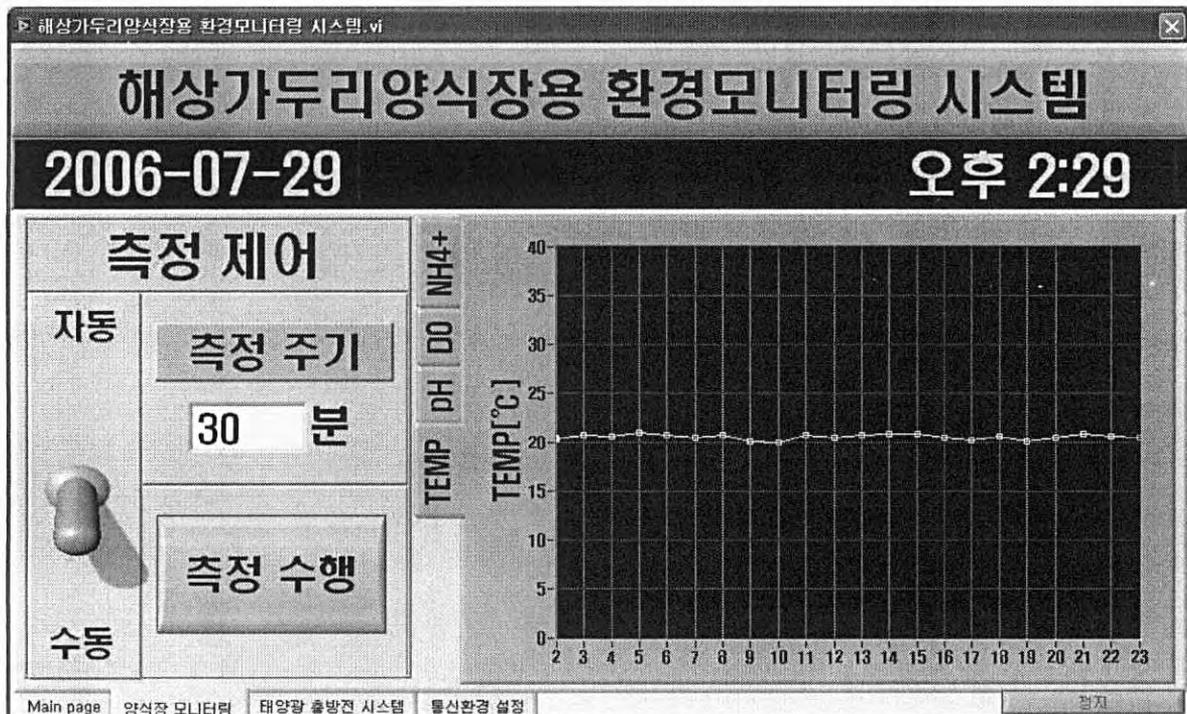
- 이온 전극의 농도 측정 시각 및 측정값을 실시간으로 그래프 등으로 표시
- 이온 전극의 농도 측정 시각 및 측정값을 파일로 저장하여 DB 구축
- 해상 가두리 양식장에 설치된 이온전극 자동계측시스템의 제어기 운전 상태 표시
- 이온 전극 자동 계측 시스템의 설정사항을 변경할 수 있는 기능
- 하이브리드 전력 시스템의 전력 생산 현황을 지속적으로 모니터링
- 하이브리드 전력 시스템을 통한 전력 소비 현황(부하 제어 현황)을 화면에 표시
- 수중 영상 감시 모니터링 화면 표시
- 해상 가두리 양식장의 현재 수심을 화면으로 표시

모니터링 소프트웨어는 1차, 2차, 최종 시제품으로 순차적으로 개발되었으며 1차 시제품은 이온전극의 모니터링을 중점으로 하였고 2차 시제품에서는 환경 데이터 부분과 전력 부분, 영상 모니터링 부분을 통합하였으며, 최종 시제품은 실제 해상에 실험한 H/W의 최종 시제품의 모든 기능을 포함하는 완전한 통합 모니터링 시스템으로 구성하였다.

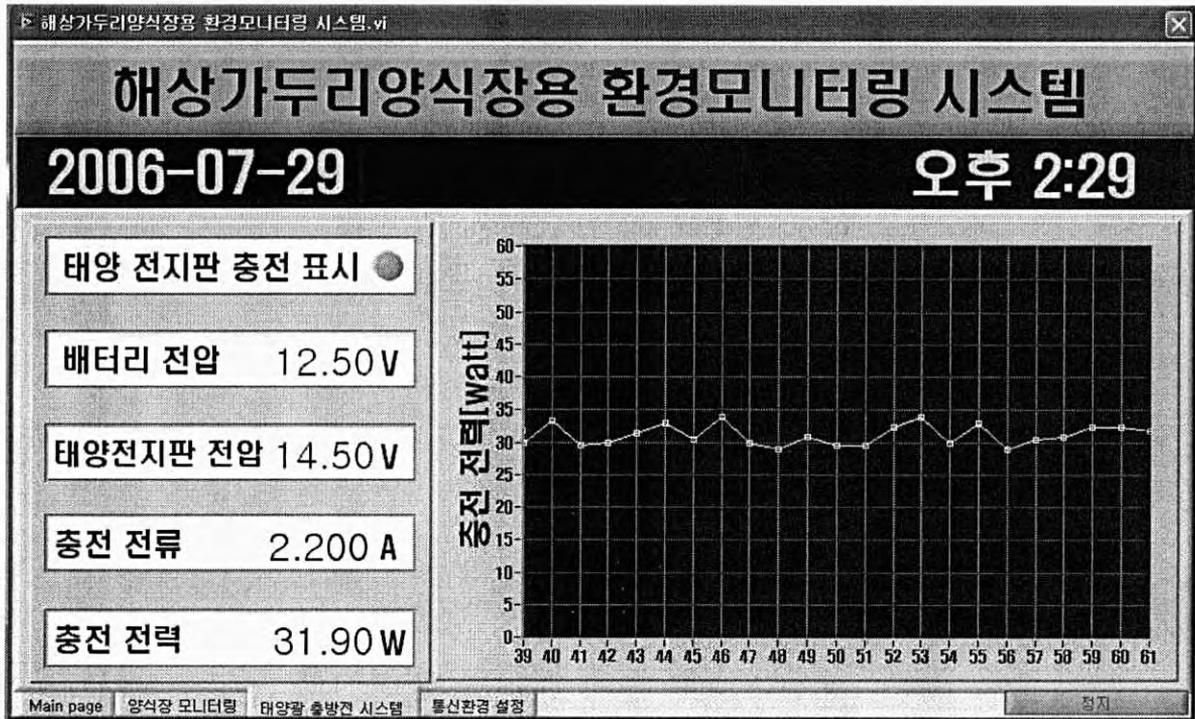
다음의 그림들은 개발된 제어시스템의 화면구성을 보여준다. 1차 시제품용으로 제작된 NH_4^+ 검출 모니터링 시스템의 구성된 화면과 2차 시제품에 사용된 NH_4^+ 뿐만 아니라 pH, DO, 온도를 포함한 종합적인 모니터링 제어 시스템을 보여주고 있다.



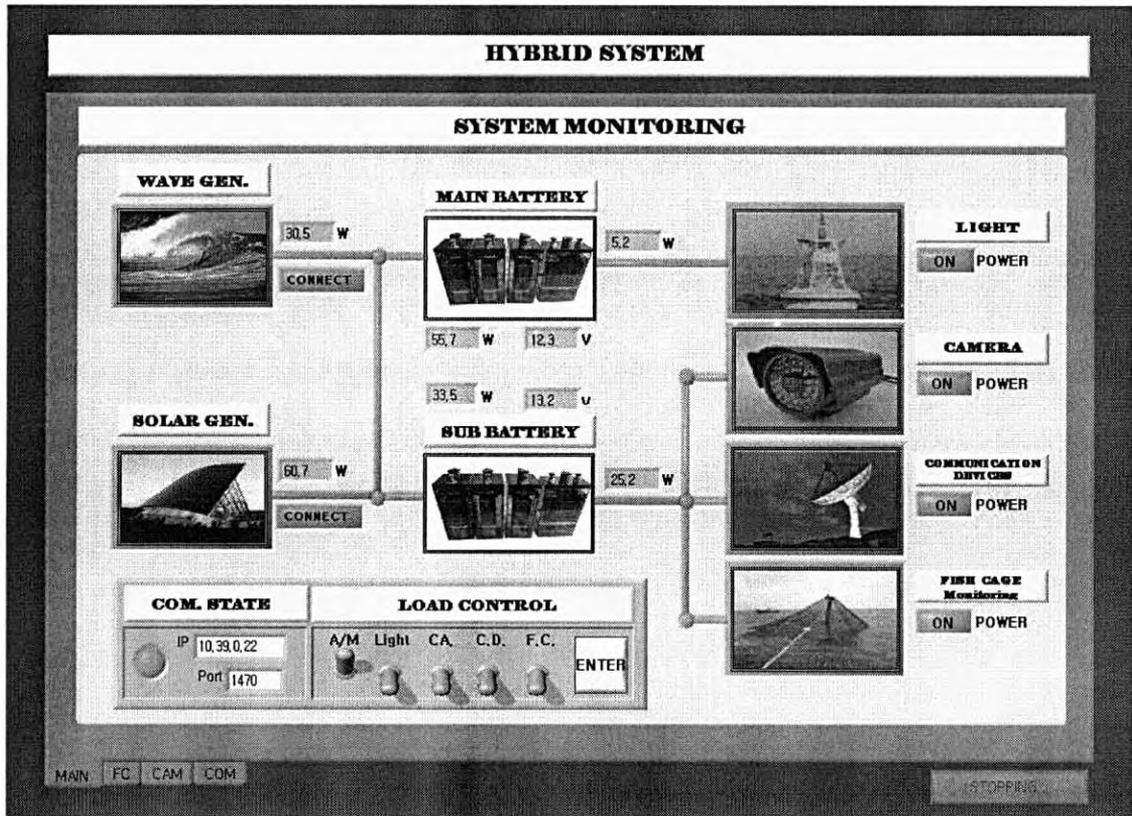
(a) 1차 시제품의 메인화면



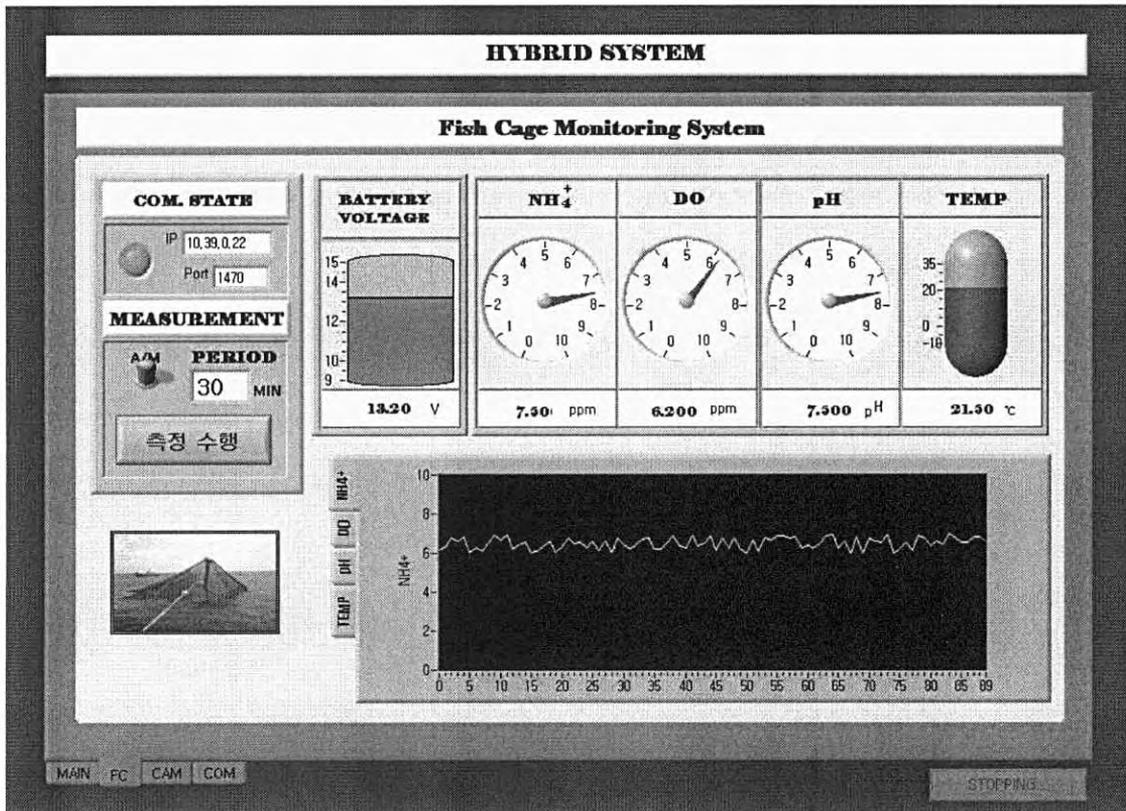
(b) 1차 시제품의 환경 인자 측정 그래프 화면



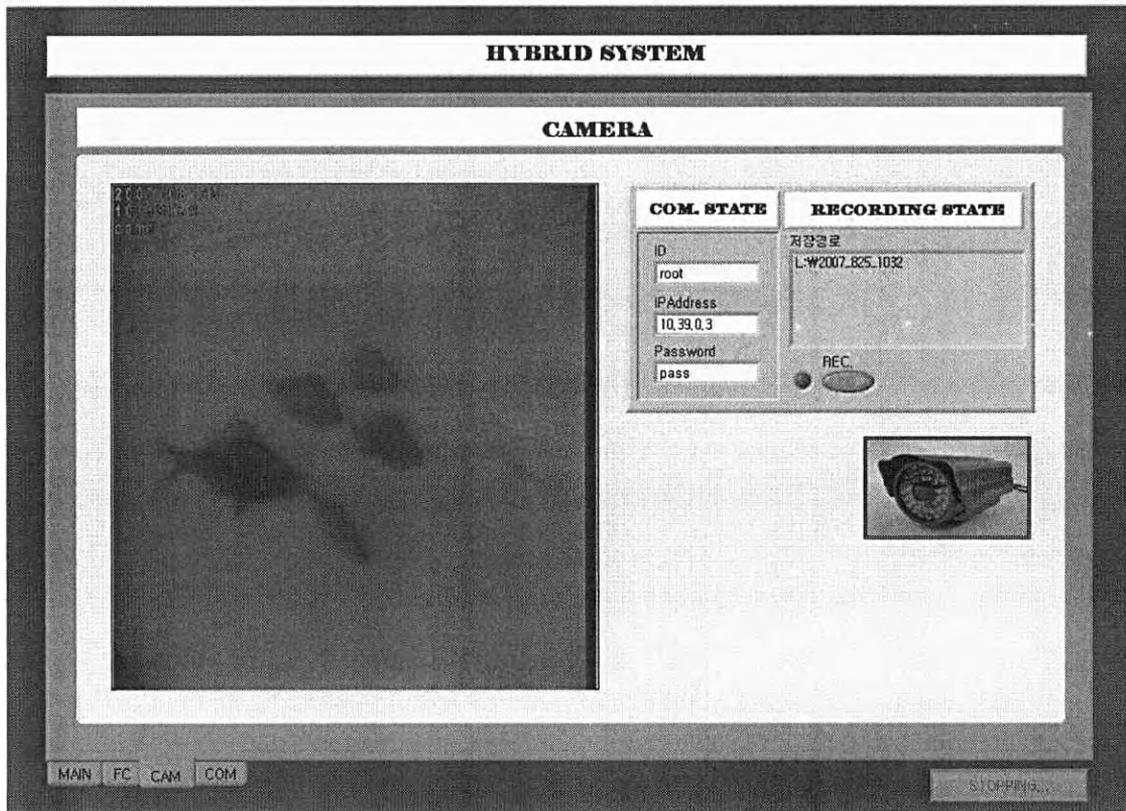
(c) 1차 시제품의 전원 관리 화면



(d) 2차 시제품의 전력 모니터링 화면



(e) 2차 시제품의 환경 모니터링 화면



(f) 2차 시제품의 수중 감시 화면
그림 3.129 모니터링 화면

제 4 장 연구개발 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1 절 연구개발 목표 달성도 및 달성도에 대한 자체평가

1. 1차년도

가. 연구개발 목표 달성도

표 4.1 1차년도 연구개발 목표 달성도

연구개발 내용	달성도	달성 내용
1. 측정기법 (온도, pH, NH ₄ ⁺)	100%	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 환경 DB 분석을 통한 온도 측정 포인트 확정 ▶ pH, NH₄⁺ 측정 자동화 알고리즘 개발 ▶ pH, NH₄⁺ 이온센서자동 세척 및 보정 알고리즘 개발 ▶ 유속 및 기타 측정 포인트에 대한 알고리즘 확보
2. 신호처리 모듈 개발	100%	<ul style="list-style-type: none"> ▶ RF 모델을 이용한 다중통신알고리즘 개발(초과달성) ▶ CDMA, AIS와 연동 가능한 프로토콜 개발(초과달성) ▶ 해상 통신 가능 거리 2000m 확보(초과달성)
3. 다중 신호처리 모듈 개발	100%	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 하나의 모듈 네 개의 신호처리가 가능한 모듈 개발 ▶ 측정 신호별 측정 오차 ±5% 이내 유지 기술 확보 ▶ 다중 신호처리 모듈의 확장 기술 개발(초과달성) (최대 4개 모듈 = 4 × 4 = 16 측정 포인트 가능)
4. IT 기반의 제어시스템 신호처리 모듈 개발	100%	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 신호처리 모듈과 연계하여 통신 거리 2000m 확보 ▶ 수신된 데이터의 통신 오류 분석 기술 개발 ▶ LabVIEW 기반의 화면 모니터링 시스템 개발 ▶ 자동화 시스템의 화면 제어 기술 개발(초과달성) ▶ 타 연구내용과 연계한 기능 개발(초과달성)
5. 태양광 전력공급시스템 개발	100%	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 과충전, 과방전 방지 기술 개발(초과달성) ▶ MPPT 제어 기술 개발(초과달성) ▶ IT기반의 제어 시스템과 연동하여 전력 공급 시스템 ▶ 모니터링 가능하도록 하는 연계기술 개발(초과달성)

연구개발 내용	달성도	달성 내용
6. 해상 가두리 양식장 DB 구축	100%	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 해상 가두리 양식장의 측정 인자 선별 ▶ IT 기반의 제어시스템과 연계하여 수집된 데이터베이스를 분석, 진단하는 기능 개발 ▶ IT 기반의 제어시스템과 연계하여 인터넷 모니터링이 가능하도록 개발(초과달성)
7. 가두리 양식장 감시시스템용 시제품	100%	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 개발된 모듈을 종합하여 실험실 및 필드 테스트 ▶ 차기년도 계획 진행을 위한 개념 설계 완료

나. 상기 평가의 착안점에 따른 달성도에 대한 자체평가

1차년도 연구 개발 내용 중 대부분의 내용에 대하여 목표치를 초과 달성 하였으며, 시제품 테스트 과정을 거쳐 보다 안정된 해상 가두리 양식장용 감시 시스템 시제품을 확보하고자 하였다. 이온 전극 자동화 측정 시스템은 국내 업체에서 상용화 기술 제의를 받을 만큼 우수한 신뢰성과 성능을 보였으며, 해상용 태양광 충·방전 시스템 또한 상용화 가능한 수준까지 개발하였다.

또한 차기년도 연구·개발을 진행하기 위한 기반 기술을 확보하여 차기년도의 연구·개발이 보다 원활하게 수행될 수 있도록 하였다.

2. 2차년도

가. 연구개발 목표의 달성도

표 4.2 2차년도 연구개발 목표 달성도

연구개발 내용	달성도	달성 내용
1. 수중카메라 측정기법 및 측정알고리즘 개발	100%	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 수중 영상 신호를 전달하기 위한 방법으로 무선보다 유선이 실용적임을 검증 ▶ 웹서버를 이용한 영상 신호 전송 알고리즘 확보
2. Vision 신호처리 모듈 개발	100%	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 수중 카메라 실태를 조사·선정 ▶ 수중 카메라의 영상신호를 Mpeg 4 타입으로 압축 ▶ 5.8GHz 대역의 주파수를 이용하여 실시간 감시 가능
3. 수중카메라 제어시스템용 입출력 신호처리 모듈 개발	100%	<ul style="list-style-type: none"> ▶ PTZ 제어가 가능한 제어 모듈 설계 및 개발 ▶ 해상 환경용 무선 감시 시스템의 구조 설계 및 개발
4. 수중카메라용 라이트 전원 제어관리시스템 개발	100%	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 조명에 대한 부하를 상황에 따라 제어하여 효율적인 전원관리가 가능하도록 함 ▶ 조명이외의 다른 장치들의 전원 관리 제어 기능 포함
5. 누전 등 비상시 수중 전원 차단 시스템 개발	100%	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 수중카메라 전원 및 수중 라이트 전원 부분에 대한 누전 감지 알고리즘 개발 ▶ 과전류 전원 차단 시스템 등 비정상적인 동작에 대한 감지 및 전원 차단 시스템 개발
6. 신호처리를 위한 프로토콜 설계	100%	<ul style="list-style-type: none"> ▶ TCP/IP 프로토콜을 기반으로 한 신호처리 시스템 확보 ▶ RS232-Ethernet 상호 연동 모듈 설계 및 개발
7. 하이브리드 전력공급 시스템 개발	100%	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 하이브리드 기반의 충·방전 제어 시스템 설계 및 개발 ▶ 출력 전력에 따른 독립적 스위칭 기술 도입
8. 해상가두리 양식장용 수중 감시 시스템 시제품 제작	100%	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 1차 년도의 개발품과 연계하여 통합 해상 환경 감시 시제품을 설계 및 제작

나. 상기 평가의 착안점에 따른 달성도에 대한 자체평가

2차년도 연구 개발 내용 중 대부분이 목표치를 달성하였으며, 특히 높은 가중치를 주었던 해상가두리 양식장용 수중 감시 시스템 시제품 설계 및 제작에서는 1차년도 시스템과 실시간 통합 모니터링 시스템을 구축하는데 성공하였다. 또한 하이브리드 전력공급 시스템 개발과, 그 외 다수의 세부연구목표에 있어서도 성공적인 결과를 내었다.

무선 통신 부분에 있어서는 영상 신호를 처리하기 위한 신호 처리 모듈을 개발하여 해상 환경에서 대용량 데이터 수집을 가능하므로 이를 응용하면 다른 해상 부유 시설물의 관리 시스템에도 적용이 가능하도록 하였다.

또한 수중 영상 감시 시스템은 실제 제주도 외해 가두리 양식장에서 추진하고 있는 원격 감시 및 관리 시스템에 적용할 수 있는 기반 기술로서, 참여기업인 동현씨스텍이 본 연구 개발 과제의 기술을 토대로 사업을 수행 중에 있다.

3. 3차년도

가. 연구개발 목표의 달성도

표 4.3 3차년도 연구개발 목표 달성도

연구개발 내용	달성도	달성 내용
1. 위치제어기법 및 알고리즘	100%	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 한국형 가두리 양식장의 새로운 형태를 제안 ▶ 공기 및 전기를 이용한 하이브리드 형태의 위치제어기법에 대한 알고리즘을 확보
2. 위치 검출 시스템	100%	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 가변저항과 고해상도 A/D 컨버터를 이용하여 기구적으로 간결하고 정확도가 높은 검출 시스템을 개발
3. 전동기 제어시스템	100%	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 일반 삼상 유도 전동기를 비롯한 각종 전동기를 사용하여 가두리 위치 제어가 가능한 제어시스템을 개발
4. Hybrid 연동 제어시스템	100%	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 공기를 제어하는 압축기 및 밸브, 전기적 구동원인 전동기를 사용하여 동시 제어가 가능한 제어장치 개발 ▶ 공기와 전기 방식을 연계하여 보다 효율적인 위치 이동 시스템을 구현
5. MP 기반의 위치제어기	100%	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 임베디드 컨트롤러를 사용하여 사용자의 조작이 용이 ▶ 자동/수동 모드를 두어 Fail-safe 개념을 적용 ▶ 데이터 통신을 통하여 가두리의 현재 수심을 모니터링 가능하도록 구성
6. 위치 유지시스템	100%	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 기구적으로 전자 브레이크와 워기어를 사용하여 가두리와 연결된 부분의 제동력 확보 ▶ 가두리 구조적으로 하부림 고정대를 설치하여 기본적인 위치유지 가능
7. 파력 발전 연계형 전력공급체계	100%	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 환경 감시 시스템용 부이 등에 설치 가능한 파력발전 장치에 대해 연구 및 설계 ▶ 파력 발전의 특성을 반영하여 2차년도 하이브리드 전원 공급 시스템을 보완
8. 해상가두리 양식장용 환경 감시 및 관리 시스템 시제품	100%	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 통합 실험용 부이를 제작하여 실제 해상에서 장기간 실험 ▶ 모듈별 상용화 및 전체 통합 시스템의 상용화 제의

나. 상기 평가의 착안점에 따른 달성도에 대한 자체평가

3차년도 연구 개발 내용은 크게 위치 제어 시스템과 통합 환경 관리 시제품 개발의 두 부분으로 나눌 수 있으며, 위치 제어 시스템은 가두리 모형을 제작하여 위치 검출, 위치 유지, 위치 제어 등의 실험을 수행하여 만족할 만한 성과를 얻을 수 있었다.

1차년도와 2차년도, 3차년도 내용을 통합하여 실제 해상환경에서 실험한 통합 환경 감시 관리 시스템의 시제품은 각 년차별 시제품의 연동을 위해 보완작업을 거치면서 상용화에 더욱 근접하게 되었으며 실질적인 노하우를 많이 습득할 수 있었다. 또한 실험을 통하여 연구 개발 과제의 수행을 통한 각종 알고리즘의 효율성과 모듈의 안정성, 신뢰성을 확보하여 근시일내에 해당 기업으로의 기술이전 및 상용화가 가능할 것으로 사료된다.

제 2 절 관련분야에의 기여도

1. 기술적 측면

본 연구 개발 대상은 최근 미국, 일본 등의 선진국에서 주도적으로 개발하고자 하는 IT 기술 기반의 해상 가두리 양식장의 감시 및 관리 시스템 개발이다. 연구 개발을 성공적으로 수행한 결과에 따른 기술적인 파급효과를 정리하면 다음과 같다.

- 연구개발결과는 해상 및 육상의 양식장 자동화 분야의 기반기술로 활용이 가능함
- 해상 환경 특성 조사에 필요한 데이터베이스 제공
- 유·무선 신호 처리 분야의 응용기술로 활용이 가능함
- 바다목장의 감시 및 관리시스템의 핵심기술로 활용할 수 있음
- 외해 수중 가두리 양식장용 감시관리체계에 IT 기술을 접목하는 계기가 됨
- Clean 에너지를 활용한 양식장 감시시스템 기술을 확보할 수 있음
- 감시 카메라시스템 제어기술은 해상의 생태환경 및 오염분야에도 활용할 수 있는 기술임
- 어장의 위치조절 기술은 재해에 대비한 다양한 환경 실험 장치에 적용할 수 있음

2. 경제 · 산업적 측면

양식업에 종사하는 집단의 경제구조는 매우 열악한 경제기반을 가지고 있다. 이러한 경제 환경 때문에 양식업에 관련된 핵심요소기술은 체계적으로 개발되지 못하고 있다. 또한 최근의 어촌의 노동력을 분석하면 고령화가 가속화되고 있다.

현 단계에서 체계적인 양식업 감시 및 관리 기술을 개발하지 못하면 우리의 양식 산업은 중대한 위기를 맞이할 것으로 보인다. 따라서 개발하고자 하는 기술이 성공적으로 수행되면 국내는 물론이고, 필리핀 등의 동남아 국가에 관련기술을 수출하는 계기가 될 것이다. 그리고 고령화 되어 가는 어촌의 노동력 문제를 긍정적으로 해결할 수 있는 대안이 될 것이다.

또한 해상 가두리의 내구성 (5년 → 20년) 증대, 적조 피해 방지, 태풍, 폭풍으로부터 양식시설 보호 등의 기술은 연간 359억 원의 비용절감 효과를 가지며, 해상 가두리 양식

시설 브랜드화를 통하여 수출기대 효과 연간 100만 불, 수입대체효과 연간 5억원 이상을 거둘 수 있을 것으로 예상된다.

- 외해 수중 가두리 양식장의 DB화를 통해 계절별, 환경특성별 양식업에 영향을 파악하여 피해에 대비할 수 있음
- 영세한 양식업을 대형화 및 과학화를 할 수 있으므로 생산단가 측면에서 경쟁력을 확보할 수 있음
- 일부 국가에서 주도하고 있는 양식분야의 핵심기술을 확보할 수 있는 계기가 됨
- 양식 분야의 후발국가에 관련 기술을 수출할 수 있음
- 태풍, 적조 등의 반복적인 피해를 줄일 수 있는 기술력을 확보할 수 있음

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

본 연구 개발 과제를 통하여 습득한 기술은 다음과 같이 활용 가능하다.

- 외해 수중 가두리 양식장용 자동감시 및 관리시스템 국내 및 국제 특허 출원
- 외해 수중 가두리 양식장용 자동감시 및 관리시스템 지침서 제공
- 외해 수중 가두리 양식장용 관리시스템 모델 제시 및 실용화 보급
- 양식어업 구조 조정에 대한 정책 자료 제공
- 외해 수중 가두리 양식장용 관리시스템 브랜드화 및 중국, 동남아시아 등 국외 수출
- 외해 수중 가두리 양식장을 비롯한 다른 해상 부유 시설물의 무선 통신 분야에 대한 기반 기술을 확보
- 하이브리드 전원 제어 시스템에 대한 연구 개발 내용은 차세대 독립형 시스템의 기반 기술로 활용 가능

제 6 장 참고문헌

1. 박철원, 강원도 바다목장 추진 전략 및 모델, 韓國養殖 第12卷 第1號, p.5~34, 2000.
2. 임소형, 이현경, 2004.8, 물고기 호텔, 바다목장이 양식 확 바꾼다-어류가 좋아하는 환경 조성 기술이 핵심, 한국해양연구원,NuriMedia Co., Ltd.
3. 미국 외해양식업(Offshore Aquaculture) 동향, 한국양식, 19권 제 1호, p.31~33.
4. 김경민, 외해가두리를 이용한 돌돔 시험 양식과 적정사료공급을 위한 기반연구, 부경대학교 대학원 박사학위논문, 2007.
5. 오진석, 이지영, 곽준호, 자연에너지 발전 추세, 한국박용기관학회지, 제 27권, 제 5호, pp.555-564, 2003.
6. 곽준호, "원격 다중 제어가 가능한 독립형 태양광 발전 시스템 제어기 개발에 관한 연구", 한국해양대학교 대학원 공학석사 학위논문, 2005.
7. 김철우, 송언빈, "실용전력전자공학", 복두출판사, 2001.
8. 김성수, 이승준, 문철홍, "USB와 임베디드 시스템의 다중 통신 프로토콜 구현", 대한전자공학회지, 제 25권, 제 1호, pp.215-218, 2002..
9. 정재훈, 김종국, 김종욱, 이희준, 김훈, "항로표지용 전원공급시스템 실태조사", 한국조명·전기설비학회 추계 학술대회 논문집, 2005.
10. 권병국, "태양광-풍력 복합발전 시스템의 구성에 관한 기초연구", 중앙대학교 대학원 석사학위 논문, 2002.
11. 박세준, "태양광/풍력 복합발전시스템의 독립운전방식에 관한 연구", 동신대학교 대학원, 2004.
12. 김선자, "개선된 태양전지 모델을 적용한 태양전지 출력 특성 해석", 건국대학교 대학원, 2005.
13. 홍도천, "부유식 OWC 챔버의 파중 운동해석", 한국해양공학회지 제16권, 제 3호, 2002.
14. 이승철, 문운철, 권병국, 김종환, "태양광-풍력 복합발전시스템의 경제적 운용을 위한 최적 용량 산정에 관한 연구", 조명·전기설비학회논문지, 제18권, 제 3호, 2004.
15. 한국전력공사 기술연구원, 해양에너지 이용 파력발전(60kw) 장치 개발, 한국전력공사, 1994.
16. 김병우, 혼용 Buck/Boost 컨버터를 이용한 최적의 태양에너지 변환기, 전남대학교

- 대학원 공학석사 학위논문, 2006.
17. 한국 전산원, A Technical Guideline of the Wireless LAN for Public Institutions, 1996.
 18. 한국 정보통신 기술협회, A Guideline for Network Management for Government Organization, 1997.
 19. 조용수, 무선 멀티미디어 통신을 위한 OFDM 기초, 대영사, 2001.
 20. 김재석, 조용수, 조중휘, 이동통신용 모뎀의 VLSI설계 - CDMA, OFDM, MC-CDMA, 대영사, 2000.
 21. 한국과학기술원, 초고속 이동통신 시스템에서의 저전력 프로토콜 및 알고리즘 기술에 대한 연구, 과학기술부, 2004.
 22. 옥영수, 어촌계 어류양식업에 관한 연구, 한국해양수산개발원, 2004.
 23. 권장우외 2명, 양식장 경영 자동화 S/W의 개발, 한국해양정보통신학회 제 6권 제 1호 pp.305-309, 2002.
 24. 김지은외 4명, Web 기반의 양식장 경영 자동화 Application개발, 한국해양정보통신학회 제 4권 제2호, pp.585-589, 2000.
 25. 이덕환, 수중영상정보전달 시스템의 DSP 구현에 관한 연구, 호서대 벤처 전문대학원, 2003.
 26. 신영태, 노르웨이 어류 양식업의 실태와 시사점, 한국해양수산개발원 제1108호, 2003.
 27. 13. 임용천,2003 "LabVIEW7과 GPIB통신", pp260~317
 28. 14. Comfile Technology, 2003, "PIC 마이컴용 C언어 CCS-C 실전가이드"
 29. 15. 차영배 ,2003 " C언어로 배우는 PIC 마이컴", pp201-292
 - 30.
 31. F. Giraud, Steady-state performance of a grid-connected roof-top hybrid wind-photo-voltaic power system with battery storage, IEEE transactions on energy conversion, Vol. 16, No. 1, pp. 1-7, 2001.
 32. Tomas Markvart, Solar Electricity, JOHN WILEY & SONS, 1997.
 33. R J Van Overstraeten And R P Mertens, Physics, Technology and use of photovoltaics, Adam Hilger LTD, 1986.
 34. Bimal K. Bose, Paul M. Szczesny, Robert L. Steigerwald, Microcomputer Control of a Residential Photovoltaic Power Conditioning System, IEEE Transactions On

- Industry Applications, Vol. IA-21, No. 5, pp. 1182-1191, September/October 1985.
35. T. J. Liang, Y. C. Kuo and J. F. Chen, Single-stage photovoltaic energy conversion system, IEE proc-electr. power appl., Vol. 148, No. 4, pp. 339-344, 2001.
 36. K. H. Hussein, I. Muta, T. Hoshino, M. Osakada, Maximum photovoltaic power tracking : an algorithm for rapidly changing atmospheric conditions, IEEE proc.-gener. transm. distrib., Vol. 142, No. 1, pp. 59-64, 1995.
 37. H. Sugimoto, A new scheme for maximum photovoltaic power tracking control, IEEE PCC-Nagaoka, pp. 691-696, 1997.
 38. Muhamad. H. Rashid, Power Electronics Circuits, Devices, and Applications, Prentice-Hall, Inc, 1988.
 39. Daniel W. Hart, "Introduction to Power Electronics, Prentice-Hall, Inc, 1996.
 40. Marian P. Kazmierkowski, Ramu Krishnan, J. David Irwin, Control in Power Electronics: Selected Problems, Academic Press, 2002.
 41. Fred Halsall, Data Communications, Computer Networks and OSI, Addison-Wesley Publishing Company, 1988.
 42. William Stallings, Data and Computer Communications, Prentice-Hall, Inc, 2000.
 43. Hamad Rashid, Wireless Application Protocol Programming, Hungry Minds, 2001.
 44. Carl J. Weisman, The Essential Guide to RF and Wireless, Prentice-Hall, Inc, 2002.
 45. Dr. f. lasnier, Tony Gan Ang, Solar Photovoltaic Handbook, Energy Technology Division Asian Institute of Technology, 1988.
 46. J. A. Gow, C. D. Manning, Development of a photovoltaic array model for use in power electronics simulation studies, IEE Proceedings on Electric Power Applications, Vol. 32, No. 2, pp193-200, 1999.
 47. Michael E. McCormick, David L. Bowler, Ocean Wave energy Conversion, A Wiley-interscience Publication, 1981.
 48. D. V. Evans, R. Porter, Hydrodynamic characteristics of an oscillating water column device, Applied Ocean Research, 제 17권, 1995.
 49. C.Josset, A.H. Clement, A time-domain numerical simulator for oscillating water

- column wave power plants, *Renewable energy*, 제 32권, 2007.
50. A. Babarit, H. Ben Ahmed, A.H. Clement, V. Debusschere, G. Duclos, B. Multon, G. Robin, Simulation of electricity supply of an Atlantic island by offshore wind turbines and wave energy converters associated with a medium scale local energy storage, *Renewable Energy*, 제 31권, 2006.
 51. M.W. Park, I.K. Yu, A Study on the Optimal Voltage for MPPT Obtained by only Surface's Temperature of Solar Cell, *Transactions Korean Institute of Electrical Engineers*, Vol 53, No 2, 2004.
 52. C. Hua, J. Lin, An on-line MPPT algorithm for rapidly changing illuminations of solar arrays, *Renewable energy*, Vol 28, No 7, 2003.
 53. G.J. Yu, Y.S. Jung, K.H. Kim, J.Y. Choi, A Study of MPPT Algorithm for Low Insolation, *Transactions Korean Institute of Electrical Engineers*, Vol.51, No.3, 2002.
 54. J. A. C. Bingham, Multicarrier modulation for data transmission: an idea whose time has come, *IEEE Commun. Mag.*, vol. 28, pp. 17-25, Mar. 1990.
 55. H. Sari, G. Karam, and I. Jeanclaude, Transmission techniques for digital terrestrial TV broadcasting, *IEEE Commun. Mag.*, vol. 33, pp. 100-109, Feb. 1995.
 56. R. W. Chang, Synthesis of band-limited orthogonal signals for multichannel data transmission, *Bell Syst. Tech. J.*, vol. 46, pp. 1775-1796, Dec. 1966.
 57. H. Rohling and R. Grunheid, Performance comparison of different multiple access schemes for the downlink of an OFDM communication system, in *Proc. IEEE VTC*, pp. 1365-1369, 1997.
 58. Ameer S., M Laghrouche, A. Adane 2001. Monitoring a greenhouse using a micro controller-based meteorological data acquisition system., *Renewable Energy* Vol(24), pp19-30, 2001.
 59. Hitchcock, C., Structure and distribution of plant acyl lipids. In *Recent Advances in the Chemistry and Biochemistry of Plant lipids.*(eds Gilliard, T. and Mercer, E. I.), Academic Press, London, pp1-19, 1984.
 60. Antonio Gonzalez, Ian W Marshall, and Lionel Sacks. A self-synchronised scheme for automated communication in wireless sensor networks. In *International Conference on Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information*

Processing, Melbourne, December 2004.

61. Microchips, PIC 16F87X DATA Sheet, Microchips, pp. 10-218, 2001.

62. National Instruments, Data Acquisition & Signal Conditioning, pp 10-2~10-10,
2003

63. National Instruments, LabVIEW Basics I Introduction, 2003

64. National Instruments, LabVIEW Basics II Introduction, 2003