사물인터넷 기반의 해양 적·녹조 실시간 모니터링 시스템 설계

(Realtime monitoring system for marine red tide and water-bloom based on Internet of Things)

김남호*

(Nam Ho Kim)

요 약

본 논문에서 제안하는 실시간 해양 이상조류 모니터링 시스템은 직접적으로 적·녹조의 주원인인 플랑크톤을 감지하는 것이 아니라 적조의 동물성 플랑크톤 특성인 수중 내의 산소 감소를 체크하고, 녹조의 식물성 플랑크톤 특성인 수중 내의 질소 감소를 측정한다. 각각의 특성 체크 및 간접적 요소인 수중 내외의 온도, 조도 센서를 이용하여 실시간 감시하는 모듈을 만들고 모듈은 특정 주기에 맞게 신호를 서버로 전송하여 데이터베이스를 형성하고, 이렇게 수집된 데이터는 해양수산청 적·녹조 기준 데이터와 비교 하여 분석하여 알맞은 형태의 정보로 가공한 뒤 사용자에게 정보를 시각화 하여 제공한다. 기존의 광역적 감지 및 감시 시스템이 아닌 지역적 특성을 갖게 되는, 어업을 하지 않는 시간에도 빠르게 대처 가능한 개인사업 맞춤형 양식장 적·녹조 감시 시스템을 제안하였다.

■ 중심어 : 사물인터넷; 적조; 녹조; 모니터링시스템; 수질측정

Abstract

In this paper, the real time monitoring system for the abnormal state of marine algae does not detect the plankton which may directly cause the red tide or the water bloom. But checks both oxygen reduction and nitrogen reduction in water, which indicates the characteristics of zooplankton and phytoplankton respectively, and this system makes a module that monitors in real time the temperature and the illumination of the water, which are indirect factors, with sensors placed in and outside the water, and this module transmits signals periodically at specific intervals to a sever that builds up data base, and the data collected in these ways will be analyzed and compared with the standard data from Ministry of Oceans and Fisheries, and then these data will be made the adequate form of information to be provided to the users as visual information, thus, this system intends to make a red tide and water bloom monitoring system tailored for individual fish farm businesses that has local characteristics and can quickly operate outside working hours, which differs from the existing wide area detecting and monitoring systems.

■ keywords : Internet of Things; red tide; water bloom; monitoring system; measuring water qualities;

Ⅰ. 서 론

바다 양식은 1970년대부터 연구 및 사업화 시작된 생산 산업으로 소비자들에게 인공양식보다 더 성숙하고 신선한 맛을 제공해 주는 강점으로 인하여 많은 소비층과 그로인하여 우리나라에서는 자연생산 산업 중 가장 큰 소득을 올리고 있다. 하지만 매년 다양한 자연재해에 의해 많은 손해를 보게 되며 2012년 통계청 '어류양식동향조사' 보고서에 의하면 바다양식 산업은 자연재해로 인하여 전년도 비 8.4%가 감소하였고, 그중 2%는 적·녹조 현상으로 인한 막대한 금전적 피해를 차지하고 있다.

적·녹조 현상은 해수면의 온도변화에 의한 원인으로써 2시간 내 발생지역에 황토 또는 공기 기포를 공급하여 준다면 피해를 줄일 수 있지만 날씨에 의한 예측, 시기적 예측에 의해 계획된 적·녹조 현상이 아닌 갑작스럽게 발생하는 경우가 대부분이므로 어업종사자들이 해양 이상조류 현상 발생 시 실시간 대응이 불가능하여 적·녹조 현상에 대한 신속한 조치에 대해 어려움을 겪고 있다. 최근 동해안 지역에서는 적·녹조현상으로 인해 28억원의 금전적 손실과 99%가까운 어류 폐사 피해를 입는 등 무

* 정회원, 호남대학교 인터넷콘텐츠학과

* 이 논문은 2015년도 호남대학교 학술연구비 지원을 받아 연구되었음

접수일자 : 2016년 02월 23일
수정일자 : 2016년 03월 17일
게재확정일 : 2016년 03월 24일

교신저자 : 김남호 e-mail : nhkim@honam.ac.kr

분별하게 발생하는 적·녹조 현상에 대한 문제점이 야기되면서 해양 이상조류 현상에 대한 즉각 대응이 가능한 실시간 모니터링 시스템 구축이 필요한 상황이다.[4,5,7,8,9]

본 논문에서의 실시간 해양 이상조류 정보 시스템은 직접적으로 적·녹조의 주원인인 플랑크톤을 감지하는 것이 아니라 적조의 동물성 플랑크톤 특성인 수중 내의 산소 감소를 체크하고, 녹조의 식물성 플랑크톤 특성인 수중 내의 질소 감소를 측정한다. 각각의 특성 체크 및 간접적 요소인 수중 내외의 온도, 조도 센서를 이용하여 실시간 감시하는 모듈을 만들고 모듈은 특정 주기에 맞게 신호를 서버로 전송하여 데이터베이스를 형성하고, 이렇게 수집된 데이터는 해양수산청 적·녹조 기준 데이터와 비교 하여 분석하여 알맞은 형태의 정보로 가공한 뒤 사용자에게 정보를 시각화 하여 제공한다. 기존의 광역적 감지 및 감시 시스템이 아닌 지역적 특성을 갖게 되는, 어업을 하지 않는 시간에도 빠르게 대처 가능한 개인사업 맞춤형 양식장 적·녹조 감시 시스템을 만들고자 한다.

II. 관련 연구

1. 사물인터넷(Internet of Things)

사물인터넷의 기본 개념은 말 그대로 사물을 인터넷에 연결시켜 그 기능과 활용성을 확장하는 것이다. 그림 1에서처럼 사물인터넷의 개념은 크게 사물 중심, 인터넷(네트워크) 중심, 시맨틱(Semantic) 중심 정의로 나눠볼 수 있다[1,2,3]. 사물 중심의 정의에서는 사물에 탑재된 각종 환경센서를 이용하여 환경 데이터를 측정하고, 이러한 데이터를 IoT의 분산시스템에 저장하고 관리함으로써 다양한 서비스를 가능하게 한다. 이 관점에서의 핵심은 각종 센서를 이용한 측정기술과 이러한 기기들을 연결하는 근접 통신 기술인 NFC나 센서, 제어기 개발에 집중한다.

인터넷(네트워크) 중심의 정의에서는 모든 사물이 언제 어디서나, 그리고 누구에게나 연결되도록 하는 네트워크 연결과 접속을 중시한다. 이 관점은 센싱 기술이 기반이 되는 사물 중심 관점을 넘어서, 사물이 지능적으로 동작하는 스마트 개체(Smart Object)로 기능하는 것을 목표로 한다.

시맨틱 중심 정의에서는 인터넷에 연결된 수많은 사물들과 이러한 사물들에게서 얻어지는 데이터와 정보를 표현하고 저장하며 검색, 체계화하는 문제가 강조된다. 사물인터넷의 종합적인 개념은 이러한 서로 다른 세 가지 관점에서의 특징을 포괄하고 융합함으로써 완성될 수 있다[1].

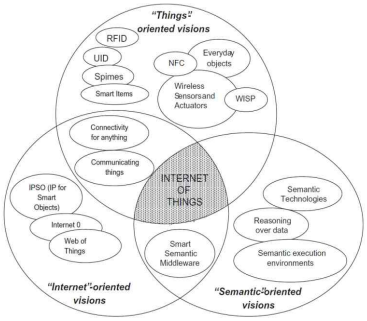

그림 1. 사물인터넷 정의

사물인터넷은 매우 다양한 분야에 활용될 것으로 기대되고 있다. 한 사물인터넷 연구 논문에 따르면 사물인터넷의 활용 영역은 크게 교통 및 물류, 헬스케어, 집, 사무실, 공장 등의 스마트 환경, 개인 및 소셜의 4가지 분야로 나누며, 여기에 미래 상상(Futuristic) 분야를 추가로 제시하고 있다[1].

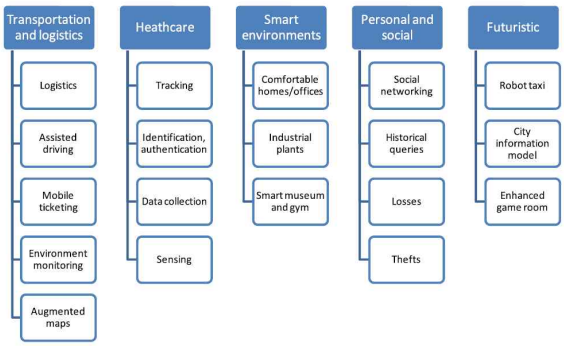

그림 2. 사물인터넷 활용분야

그림 2의 교통 및 물류 분야에서는 자동차 운행에 필요한 정보를 제공받고 자동화된 운전까지 가능하게 하는 주행 보조, 환경 모니터링, 증강현실 기술을 지도에 구현한 증강 지도 등에 사물인터넷이 활용될 것으로 보인다.

2. 기존 적·녹조 정보시스템

이상 조류 적·녹조로 인하여 정부는 보다 첨단화된 관측 장비와 체계 시스템을 갖추고 운영 중에 있다. 그림 3은 정부에서 운영 중인 국립수산과학원의 적조 정보 시스템이다[10]. 장비 및 구성은 매우 체계적이고 첨단화 되어있어 보이지만, 지역별 주기적 피해 지역에만 관측 연구소가 위치하고 있고, 장비 자체는 최첨단 이지만 순수하게 이상 조류 현상을 위해 제작된 것이 아니라 대부분 해양기상 관측을 목적으로 제작된 수십억에 달하는 고가의 장비이기 때문에 관측 운영 지역도 작고 관측 투입 장비 또한 소규모이다. 또한 단순하게 적조의 분포도만 표기하기 때문에 이상 조류에 관한 직접적 원인 요소의 표시(해수 온도, 습도, 산소포화도 등)가 전혀 없기 때문에 단순하게 “많이

있다. 조금 있다. 없다"로만 표기되는 실상이여서 그림 3의 오른쪽 사진 자료와 같이 이상 조류가 많이 발생되는 시기는 아니지만 점점 증가하는 추세의 시기임에도 불구하고 아무런 내용도 볼 수 없다.

그림 3. **국립수산과학원의 적조통보 체계 · 적조정보시스템 구성화면**

3. 적·녹조 감시기법

산업 발전에 의하여 이상 조류현상이 증가함에 따라서 많은 경제적 손실을 보게 되고 대·외적으로 조류현상 감지센서에 대한 많은 투자 및 개발이 진행되기 시작하였다. 특히 가장 주목받고 있는 기술은 초음파를 이용한 적조 감지센서 이다. 적조 감지센서는 초음파에 대한 적조생물의 음향산란 특성을 이용한 것으로 해상의 부이나 이동하는 선박에 설치하여 운용하고, 시스템 제어는 유무선 통신네트워크를 통해 육상 제어실에서 원격으로 이루어진다.

그림 4. 부산 해양수산부에서 개발 중인 적외선 적·녹조 센서 로봇

그림 4에서처럼 또한 적외선을 이용하여 고분자 입자들의 데이터를 수집하고 적조 생성 가능성을 판단하는 해양 로봇이 공식 개발되고 있다. 하지만 이러한 로봇은 현실적으로 특정 지역이 아닌 광역적 지역적 면에서 활용되는 로봇이기 때문에 양식업자들에게는 아직까지는 피부로 크게 와 닿지 못하고 있다.

4. 적·녹조의 기술적 분석

녹조는 흔히 말하는 물속에 식물성플랑크톤이 번식하기 위해 필요한 질소와 인 같은 영양염류가 풍부하게 들어있는 부영양화로 인하여 특정 식물성 플랑크톤의 번식이 증가하는데 이 플랑크톤은 독성을 가지고 있어서 사람이 마시면 구토와 복통이 크게 앓어날 만큼 위험하고 수중으로 들어가는 빛을 차단함으로써 수중 오염을 초래한다[6,11].그림5는 사회적 이상조류현상이 증가하는 원인을 설명하는 그림이다.

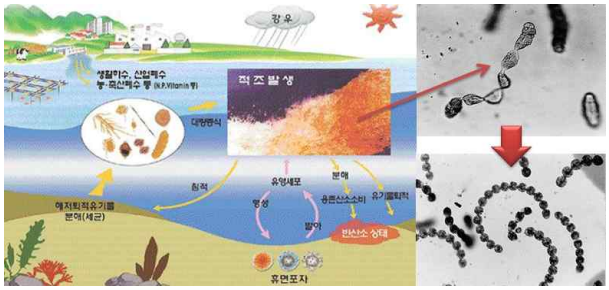

그림 5. 사회적 이상 조류현상 증가 원인 모델

또한 적조는 녹조와 비슷하게 특정 환경적 조건인 지구 온난화로 인한 해수 온도 상승, 해수 교환이 적게 일어나는 점 등에 의해 자라게 되는데 적조는 바다의 살인마라고 불릴 만큼 해양생물에게 많은 피해를 주는데 그 이유 중 하나는 용존 산소량의 감소를 일으킨다. 그로 인하여 생물이 살수 없는 환경이 조성되어서 어류 집단 폐사가 일어난다[12]. 우리나라에 영향을 미치는 적조생물은 코크로디니움(Cochlodinium polykrikoides)이라는 아열대성 종으로 쿠로시오 난류를 따라 우리나라 연안으로 유입되거나 이들이 형성하는 휴먼포자가 일정기간 휴면상태로 보낸 후 성장에 좋은 환경이 조성되면 연안에서 발아하여 적조가 발생하는 것으로 알려졌다.

III. 시스템구성

해양 적·녹조 모니터링 시스템은 그림 6에서 보는 바와 같이 수질상태 측정을 위한 하드웨어 디바이스와 해양 환경을 고려한 프레임, 모니터링을 위한 윈도우 어플리케이션, 긴급 상황알림 스마트폰 어플리케이션으로 구성되어 있다.

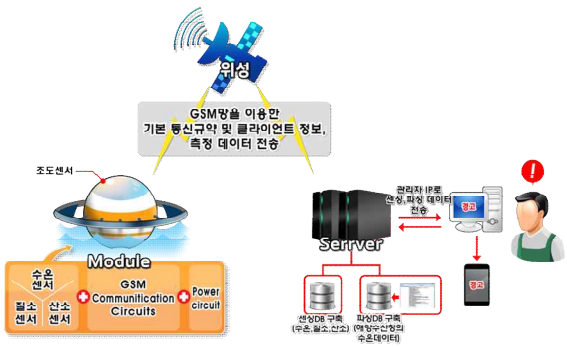

그림 6. 해양 적·녹조 모니터링 시스템의 구성

1. 하드웨어 구성

가. 수질 상태 측정을 위한 하드웨어 디바이스

센서회로 설계 전에 제작된 GSM모듈을 고려하여 회로를 응집시키며 효율적 핀 배치를 통해 방수케이스에 들어가야 할 공간을 확보하여 I2C 디지털 통신 기법을 이용하여 I2C버스를 만들고 각각 ID값을 부여하여 2핀만 가지고 다양한 센서를 제어하여 전체 회로에 공간적, 기술적, 에너지적인 큰 효율을 발생시킨다.

또한 데이터 통신을 위한 Simcom사에서 나온 ARM데이터 통신을 위해 Simcom사에서 나온 ARM9기반 sim908 MCOM GSM 모듈을 사용 및 저 전력을 위하여 해상 환경에 적합한 해상 GSM안테나를 이용하며 소비전력을 최소화 하고자 태양광 전력 충전 기법을 추가해서 배터리 수명기간을 연장한다.

나. 해양환경을 고려한 프레임

그림 7과 같이 강 또는 바다의 양식장에 설치하여 부력을 이용한 안정적 해양 운용 프레임을 설계하여 방수프레임의 상부는 투명케이스로 만들어 조도센서를 통해 태양전지를 이용함으로서 소비전력을 최소화 할 수 있다.

해양 프레임의 내외관은 IP67 방수 처리를 통해 모듈코어가 물에 노출되지 않도록 하며 방수프레임의 상부를 통해 H/W장착할 수 있도록 고무패킹을 한 덮개를 제작하여 프레임의 아랫부분에 망 설치를 통해 센서에 이물질로 인해 피해가 가지 않도록 한다.

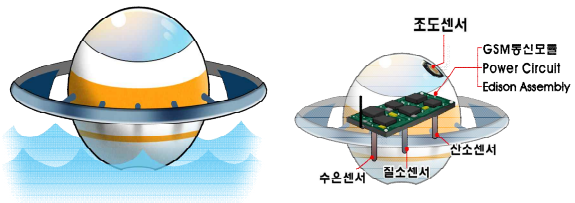

그림 7. 예상 방수 프레임

2. 소프트웨어 구성

가. 모니터링을 위한 윈도우 어플리케이션

윈도우 어플리케이션은 C# 언어를 사용해 빠른 UI개발 속도와 안정적인 코드 개발하여 모니터링 시스템 구축하여 기상청이나 국립수산과학원의 데이터를 파싱을 이용하여 관리자에게 보여질 수 있도록 개발하며 센싱DB와 과거의 적조현황 DB를 비교하여 제공하는 DB를 구축하여 관리자가 예측 가능할 수 있게 적·녹조 현황 지도 개발하며 산소 포화도 및 수온 등의 상태를 모니터링하며 상황 발생 시 진동이나 스피커, 메시지 등의 알림을 통해 긴급 상황에 대비 가능한 시스템 구축하여 사용자에게 제공한다.

나. 긴급 상황 알림 스마트폰 어플리케이션

상황 발생 시 사용자가 알림을 받도록 스마트폰 어플리케이션의 팝업창 및 알람 서비스를 제공하며 스마트폰 어플리케이션과 윈도우 어플리케이션을 연결하는 GUI를 통해 IP주소를 입력하는 방식으로 연결 진행한다. 어플리케이션의 통신 규격은 HTTP 라이브러리를 활용하는 형태의 클라이언트-서버 통신 시스템을 구축한다.

IV. 시스템 설계 및 구현

그림 8과 같이 해양 적·녹조 모니터링 시스템은 이상조류 측정 H/W개발과 이상조류 측정 S/W개발로 나뉘며, H/W 기능으로는 용존 산소량, 질소량, 수온을 측정하고 통신 모듈과 주파수 안테나를 장착하여 전력낭비를 최소화 시킨다. S/W 기능으로는 GSM 통신망을 기반으로 한 해양데이터 네트워크 구축 및 수질 상태를 알려주며 적·녹조 발생 알림 기능을 제공하는 앱을 제작한다.

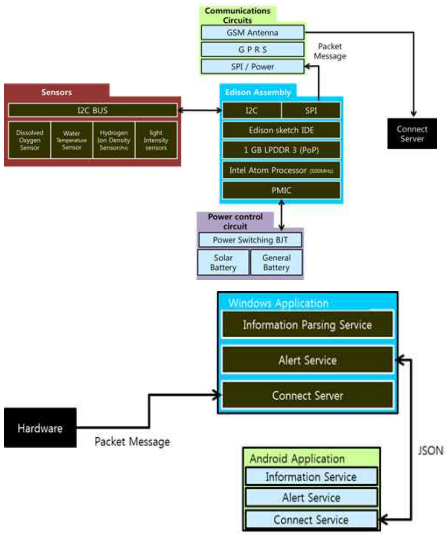

그림 8. 해양 적녹조 모니터링 시스템 아키텍쳐

1. 하드웨어 개발

가. MCU의 선정(ARM-Cortex-M4) 및 설계

그림 9의 MCU는 전체시스템의 센서를 제어하는 부분으로서 전류, 속도 및 입출력 제어 등을 담당한다. 이를 위해 각종 입력신호 및 측정신호를 바탕으로 많은 연산을 수행해야 하며 이는 대부분 삼각함수 등과 같은 부동소수점 연산이다. 따라서 부동소수점 연산기능으로 고속의 실시간 처리가 가능한 마이크로프로세서가 선호되며 본 논문에서는 ST Microelectronics사의 Cortex-M4 코어를 내장한 마이크로컨트롤러를 사용하였다.

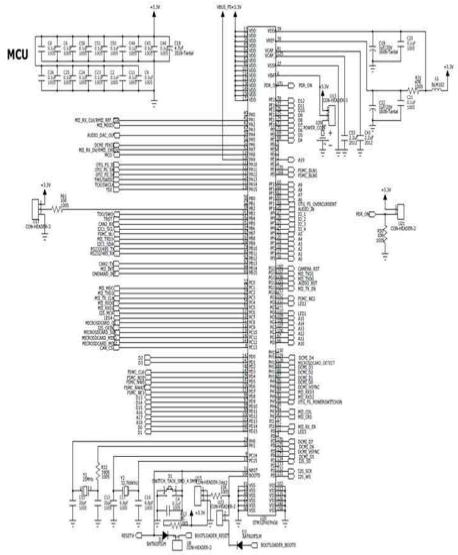

그림 9. MCU 회로 설계

나. 센서 제어모듈 설계 및 제작

그림 10의 적·녹조 감지시스템에서 사용될 타깃센서는 시스템에 최적화 되어 있는 센서들로 적조에 대한 산소 농도를 측정하여 주는 용존 산소 센서와 녹조에 대한 수중 내의 질소 정보를 얻기 위한 pH Meter 센서를 사용하며 서미스터(Thermistor)와 열전도 막대를 이용한 수중 온도 센서 그리고 태양열 충전 회로를 설계할 때 사용될 조도 센서로 구성한다.

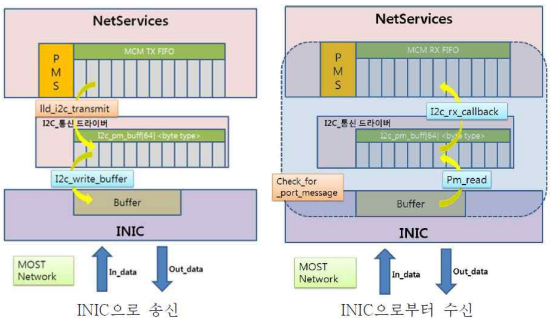

그림 10. 센서 제어모듈 드라이버 구조

I2C기법의 회로 설계는 센서들이 디지털 센서이기 때문에 시중에서 구하기 어렵고 센서정보가 많이 공개되지 않은 해외 제품 센서가 있으므로 우회 회로로 아날로그 Multiplex를 이용하여 선택단자와 타이밍도를 이용하여 불필요한 전력소모를 줄이고 I2C와 동일한 효율을 낼 수 있는 UX 센서 제어 회로를 사용한다.

다. 주파수 Correction

그림 12에서처럼 모듈 내에서 주파수를 생성하고 GSM 모듈에서 전력을 제어 하는 방법이 있으나 이 방법은 전체 전력낭비가 크며 이러한 전력낭비를 보완하기 위해 해상 환경에 적합한 해상 GSM 안테나를 선택하였으며, GSM 안테나를 이용하면 전력낭비를 줄이며 육지 기지국과 멀어지면서 발생하는 주파수 인식도 문제점 보안이 가능하다.

바다 양식은 육지에서 5Km 내외 또는 기지국이 설치되어 있는 섬 근처에 양식을 하기 때문에 일반 GSM 모듈이 육지 밖 해상 3Km 내외 인식 점인 것을 고려하였을 때 전력처리 50W 이하의 안테나를 사용하는 것이 효율적이다.

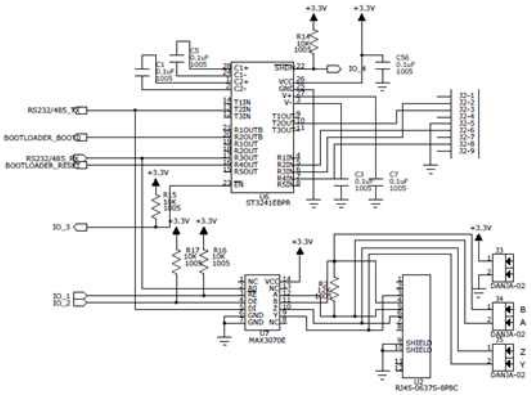

그림 11. GSM 모듈 주파수 Correction 저전력 회로

라. 전력제어 공급 회로 제작

바다 해양 양식장 또는 강과 같은 곳에서 떠다닐 모듈의 배터리 문제점을 해결하기 위하여 BJT 전압 스위칭 회로와 조도 센서 MCU control을 이용하여 낮에는 태양전지를 사용하다 어두워졌을 때는 태양전지에 배터리가 남았더라도 일반 배터리를 사용한다.

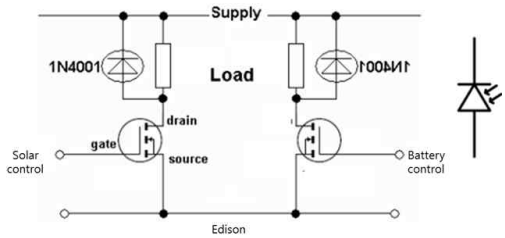

그림 12. BJT 전력제어 공급 회로

태양렬 전지 스위칭 때 여분의 전력이 없으면 디바이스가 종료될 가능성을 고려하여 추가적 전력 스펙으로 세선 자체는 매우 저전력 소모 형태를 이용하고, 디바이스내에 GSM 모드 또한 이미 BLE보다 저전력을 사용한다. 그림 12의 BJT 전력공급 회로와 그림 13의 전원부를 설계하였다.

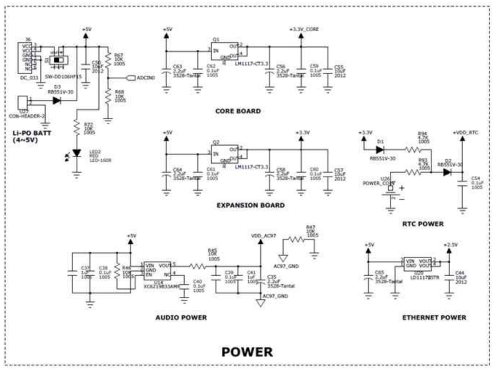

그림 13. 전원부

마. GSM망 기반으로 서버와의 GPRS 데이터 통신 구현

데이터 통신은 Simcom사에서 나온 ARM9기반 sim908 MCOM GSM 모듈을 사용하여 쉴드 형태로 에디슨에 실장된다. 에디슨 내에서 데이터 통신 방식은 SPI통신으로 GSM 모듈로 데이터를 전송하며 디지털 핀을 할당하여 GSM 위성통신을 전용 SPI핀을 사용함으로써 기타 통신과의 모듈 내 분리화를 한다. 그림 14는 데이터 통신 회로도를 나타낸다.

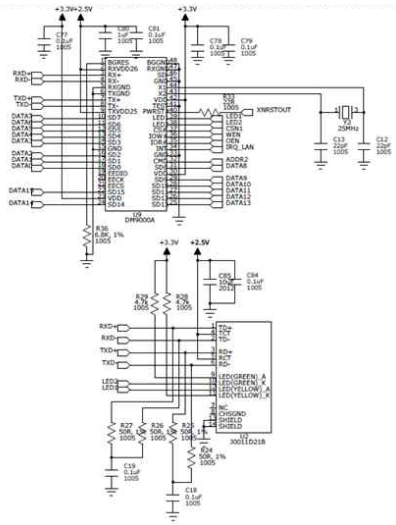

그림 14. 데이터 통신 회로도

그림 15에서처럼 데이터 통신뿐만 아니라 에디슨 내에서 전반적 제어는 Sketch IDE를 이용하며 Sketch에서 모듈 자신을 클라이언트로 설정하는 작업 및 접속 IP, 포트 번호, 접속절차, 속도 등과 같은 기본 통신규약 및 클라이언트 정보를 GSM 모듈로 SPI통신을 통하여 전송 GSM모듈에서는 제공받은 정보를 통하여 위성을 통한 인터넷 접속을 하게 되고 지정된 IP주소에 원하는 데이터를 전송한다.

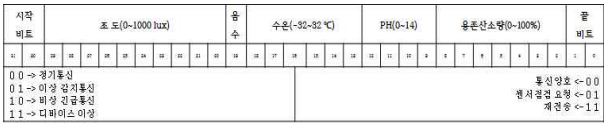

그림 15. 적녹조 감지시스템 32bit 데이터 패킷

2. 윈도우 어플리케이션 및 스마트 어플리케이션 제작

그림 16의 윈도우 어플리케이션은 C#언어를 사용하여 개발하며 C#언어를 활용할 시에는 윈도우즈 환경에서 빠른 UI 개발속도와 안정적인 코드를 제작할 수 있다. 하드웨어 모듈과 통신하며 사용자의 편의를 돕기 위해 기상청의 바다 날씨 정보와 황사, 국립수산과학원의 적조 현황, 패류 독소 정보, 지역별 수온을 확인가능하게 한다.

하드웨어 디바이스로부터 응답을 받는 서버 모듈을 제작한 후 하드웨어에서 일정 주기로 응답을 받으며 센싱 DB와 과거의 적조현황 DB를 비교하여 제공하는 DB를 구축하여 관리자가 예측 가능할 수 있게 적·녹조 현황 지도를 개발하며 서버는 간단한 데이터만을 주고받기 때문에 Socket 클래스를 이용하여 제작, 연결에 대응한다.

또한 스마트폰 어플리케이션은 윈도우 어플리케이션 이용해 항시 컴퓨터 앞에 대기할 수 없는 실생활의 환경에 대비하여 스마트폰에서도 알림을 받을 수 있게 스마트폰 어플리케이션을 개발한다.

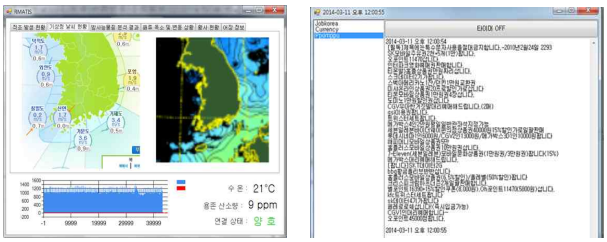

그림 16. window application 예상 프로그램

제안한 시스템은 다양한 용도로 응용과 활용이 가능하리라 사료된다. 특히 전염병균과 병해충과 같은 미생물의 확산에 대한 대응이라 던지, 환경감시관리 기능으로서 황사현상, 자외선, 오존량, 공기오염, 담수의 수질오염, 해수의 수질오염, 해양오염, 또는 각종 토양의 오염을 비롯한 자연적인 인공 재앙의 감지에 활용할 수 있다. 또한 주택 실내의 통풍, 조도, 온도, 습도, 청정도, 산소량 등 감지를 통한 요구 산소량이나 인식을 위한 실내환경 대응에 적용이 가능하다.

V. 결 론

현재 국내 자연생산 산업 중 양식업이 활성화되어 있지만 다양한 자연재해에 의해 많은 손해로 인해 막대한 금전적 피해가

발생하고 있다. 특히 적·녹조 현상은 해수면의 온도변화에 의한 원인으로써 2시간 내 발생지역에 황토 또는 공기 기포를 공급하여 준다면 피해를 줄일 수 있지만 날씨에 의한 예측, 시기적 예측에 의해 계획된 적·녹조 현상이 아닌 갑작스럽게 발생하는 경우가 대부분이므로 어업종사자들이 해양 이상조류 현상 발생 시 실시간 대응이 불가능하여 적·녹조 현상에 대한 신속한 조치에 대해 어려움을 겪고 있다. 이처럼 무분별하게 발생하는 적·녹조 현상에 대한 문제점이 야기되면서 해양 이상조류 현상에 대한 실시간 대응이 가능한 실시간 모니터링 시스템 구축이 필요한 상황이다.

본 논문에서는 해양 이상조류 정확한 측정을 위한 수온, 질소, 산소 센서와 소비전력을 최소화하고자 태양전지를 이용하기 위한 조도센서를 장착한 해양운용 프레임을 설계하여 모니터링을 통해 산소포화도 및 수온 등의 상태를 모니터링함으로써 상황 발생 시 사용자에게 알림을 제공하여 사용자는 긴급 상황에 대비 가능한 시스템으로 설계하였다.

구현된 해양 적·녹조 모니터링 시스템은 소규모 형태의 이상조류 감지 시스템으로 이상 조류에 의한 양식장 집단 어류 폐사를 방지할 수 있고 어업 시간이 아닌 시간에도 눈으로 확인하는 것 이상의 감시적 역할을 할 수 있으므로 다른 관련 기술 시스템에 비하여 큰 차이가 날만큼 저렴한 소규모 감시 형태이기 때문에 실질적으로 상용화 가능성이 매우 높을 것으로 사료되며 지속적으로 실용화 연구를 한다면 국내 수산업 발전에 큰 역할을 할 것으로 기대된다.

References

[1] 김대영, 김성훈, 하민근, 김태홍, 이요한, “Internet of Things 기술 및 발전 방향”, *한국통신학회논문지*, 제28권 제9호, p.49-57. 2011

[2] Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. “The internet of things: A survey. Computer Networks”, 54(15), 2787-2805, 2010

[3] Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. “Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions”, *Future Generation Computer Systems*, 2013

[4] 이창규, 이옥희, 이삼근, “한국연안에서 분리한 적조형성 미세조류 10종의 성장에 미치는 온도, 염분, 광도의 영향”, *한국해양학회지*, 제10권 제1호, p.70, 2005

[5] 김학균, 적조피해대책연구, *적조피해대책연구과제 최종보고서*, pp.3-4, 1999

[6] 안유환, 해양환경 관측 및 개선을 위한 기반기술연구(III), 최종보고서, p.3, 2003.

[7] 정종철, “적조정보시스템의 GIS데이터베이스화 연구”, *한국GIS학회지*, 제12권 제3호, pp.36-48, 2004

[8] 윤홍주, “적조기상정보:기상인자를 활용한 연안 적조예측기술개발”, 제9권, 제4호, pp.844-853, 2005

[9] 김학규 외, “1999년도 한국연안의 적조발생상황”, *국립수산진흥원*, p.206, 2000

[10] 국립수산과학원,http://www.nfrda.re.kr

[11] 고철환, ‘해양생물학’, *서울대학교출판부*, pp. 83-120, 1997

[12] 서영상 외, “NOAA 위성자료에 의한 해수표면 수온분포와 적조발생의 상관성”, *한국환경과학회지*, 제9권, 제3호, pp.215-221, 2000

저 자 소 개

김남호(정회원)

1997년 포항공과대학교 정보통신학과 석사 졸업
2013년 전남대학교 전산통계 박사 졸업
1991년～1997 포스데이타(주) 연구원
1998년～현재 호남대학교 인터넷콘텐츠학과 부교수

<주관심분야 : 정보보안, 정보통신, 응용 SW>