

# 무선 센서 네트워크를 이용한 적조 모니터링 시스템의 설계 및 구현

† 김병찬\* · 허민\*\* · 임재홍\*\*\*

\* 한국해양대학교 대학원, \*\*현대오토넷, \*\*\*한국해양대학교 전자통신공학과 교수

## Design and Implementation of Red Tide Monitoring System using Wireless Sensor Network

† Byoung-Chan Kim\* · Min Heo\*\* · Jae-Hong Yim\*\*\*

\*Graduate School of National Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

\*\*Hyundai Autonet

\*\*\*Division of Electronics and Telecommunication Engineering, National Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

**요 약** : 적조는 1994년 이전에는 남해에서 산발적으로 발생했으나, 1995년 이후로는 주기적으로 발생하고 있으며, 발생지역 또한 남해와 동해 전역으로 넓게 퍼지고 있다. 이에 따라 적조의 연구 분야도 다양한 변화를 겪고 있으며, 적조를 모니터링하기 위해 원격지 센싱, GIS, 퍼지 모델 시스템 등의 다양한 기술들이 적용되고 있다. 본 논문의 목적은 무선 센서 네트워크를 이용하여 적조와 해양 생물학적 인자 데이터를 수집하는 적조 모니터링 시스템을 개발하는 것이다. 무선 센서 네트워크는 유비쿼터스 컴퓨팅을 실현시키기 위한 핵심 기술로 알려져 있으며 다른 지역의 센서들로부터 기상관측과 환경 탐색을 위한 데이터를 수집하는데 사용된다. 본 논문은 무선 센서 네트워크를 이용하여 적조 데이터베이스를 효율적으로 설계함으로써 적조 모니터링 소프트웨어와 웹서비스를 제공하는 것에 관한 것이다.

**핵심용어** : 적조, 적조 경보 시스템, 무선 센서 네트워크, 적조 데이터베이스

**Abstract** : The outbreaks of red tide were sporadic in the South Sea until 1994, but have become frequent and widespread in whole coastal waters of the South Sea and East Sea since 1995. For monitoring of red tide, many kinds of techniques such as remote sensing, GIS and fuzzy model system have been developed and applied. The purpose of this paper is to develop red tide monitoring system for collection of red tide data and biological-oceanography parameters using wireless sensor network. The wireless sensor network has been noticed as a core technology in order to realize ubiquitous computing. In this paper, we design red tide database using wireless sensor network and suggest red tide monitoring software and web-service for user and biological-oceanographer.

**Key words** : Red tide, Red tide alarm system, Wireless sensor network, Red tide database

## 1. 서 론

우리나라에서의 적조는 지난 10여 년간 남해안을 중심으로 매년 발생하여 왔고, 적조의 피해도 주로 남해안으로 집중되어 나타났다. 연안 이용도가 높은 일본에서는 수산 피해를 일으키는 적조의 발생기구 규명과 방제기술 개발연구를 1950년대부터 수행하고 있고, 미국과 유럽의 경우 수산식품의 식중독 문제 해결 및 생물공학적인 기법에 의한 적조 제어 기술 개발연구를 추진하고 있다. 우리나라에서도 해양연구원에서 적조생물 원격탐사 기술개발을 하고 있으며, 적조 모니터링 시스템의 지리정보시스템 데이터베이스화 연구, 기상 인자를 활용한 연안 적조예측기술 개발 등 많은 전문가들이 활발한 연구 활동을 하고 있다. 그러나 적조 판별·예측·예보를 위한 시스템은 아직 미비한 실정이다. 따라서 본 논문에서는 우

리나라에서 수행중인 연구를 기반으로 적조 모니터링 시스템의 프로토타입을 구현하고자 한다.

기상 인자를 활용한 연안 적조예측기술 개발에서 적조가 발생하는 기상조건을 데이터베이스화 하여 적조 확률 지수를 계산하고 적조 판별을 가능하게 할 수 있다. 또한 무선 센서 네트워크의 각 노드에서 수집한 수온·탁도·용존산소량·조도를 기지국에서 비교 처리하여 지역 노드에 따른 적조 유무를 판별할 수 있다. 그리고 적조 모니터링 시스템이 적조 유무를 판별하여 예보기관에 경고 방송을 하면 신속한 적조 방제 대책이 가능하며, 가입된 휴대폰 번호로 적조 경보 발생 상황을 알릴 수 있다. 또한 적조 데이터베이스의 기상 정보와 적조 정보는 인터넷을 통한 웹서비스를 가능하게 해준다.(김, 1999)

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 적조의 원인과 탐지에 대하여 기술하고 적조에 관한 국내외 연구 현황을 분석

† 교신저자 : 김병찬(정회원), zardgoodday@naver.com 051)410-4910

\*\* 정회원, huhmin@hanafos.com 016-848-3570

\*\*\* 정회원, jhyim@bada.hhu.ac.kr 051)410-4318

하였다. 3장에서는 무선 센서 네트워크의 정의 및 무선 센서 네트워크의 하드웨어와 소프트웨어의 구성에 대하여 기술한다. 4장에서는 적조 모니터링 시스템과 적조 데이터베이스를 설계하였고, 5장에서는 설계된 시스템을 구현하고 실험하였다. 마지막으로 6장에서 결론과 향후 연구계획에 대하여 기술한다.

## 2. 적조의 개요

### 2.1 적조의 원인

해양식물성 플랑크톤이 수온, 일조량 및 영양 염류 등에 의해 빠르게 증식하거나 또는 와류, 조류 등의 물리적인 요인에 의하여 집적하면 수색을 변화시키는 적조현상을 일으킨다. 적조의 원인 중 가장 큰 원인은 부영양화인데 이것은 물속에 식물성 플랑크톤이 번식하기 위해 필요한 질소와 인 같은 영양 염류가 풍부하게 들어있는 것을 말한다. 영양염류는 생활하수에 특히 많은 양이 들어있으며, 부영에서 하수구로 들어가는 각종 음식찌꺼기와 합성세제 그리고 화장실에서 흘러 들어가는 분뇨 등이 주된 오염원이다. 따라서 오염물질이 늘어나는 추세와 적조가 발생하는 것과는 밀접한 관계가 있다.(김 외, 2005)

### 2.2 적조 탐지에 관한 활동

#### 1) 적조 예찰

적조 예찰이란 적조발생 상황을 사전에 파악하기 위한 일련의 조사 활동을 말한다. 법적근거를 보면 해양수산부 훈령 제53호 제1조(목적) '적조발생상황을 조기에 파악하여 이를 신속히 예보하고 적조발생 시 수산 피해 방지를 위한 대책수립에 필요한 사항을 정함으로써 적조 대책업무의 원활한 추진을 목적으로 한다.'라고 명시되어 있다. 그래서 적조발생 우려가 있는 전국 70개 정점을 지정하고, Table 1과 같이 매년 3월부터 11월 사이에 적조발생 동태를 파악한다.(안, 2003)

Table 1 preconsideration point classified by domestic coastal area

구분	남해안	서해안	동해안	계
총정점수	58	24	11	93
상습해역	11	0	0	11
다발해역	11	2	1	14
우려해역	36	22	10	68

#### 2) 원격 탐사

원격 탐사라는 용어는 1965년 무렵부터 NASA(National Aeronautics and Space Administration)를 중심으로 미국의 관계기관이 '인공위성을 이용하여 지구환경과 자원을 조사하

는 기술'로써 사용하게 되었으며 현재 항공기나 인공위성을 이용한 관측과 기술에 널리 쓰이고 있다. 주로 전자기파를 이용하여 먼 곳의 대상물을 접촉하지 않고 조사하는 기술을 사용하며 적조의 발생 범위와 적조 띠의 이동, 확산 경로 등을 지구관측위성의 가시 영역 밴드와 적외선 밴드 감지기를 통해 실시간으로 파악함으로써 신속하고 광역적인 적조 예찰 및 예측을 위한 자료로 활용할 수 있다.(정, 2004)

### 3) 기상인자를 활용한 연안 적조 예측 기술

기상인자를 활용한 연안 적조 예측기술은 기상 및 해양학적인 인자들과 관련하여 적조가 형성되는 메커니즘과 적절한 기상 및 해양학적 조건을 구체적으로 이해하고, 원격탐사에 의한 연속 모니터링을 통하여 적조의 발생 및 이동 경로를 파악 및 예측하는 것을 말한다. 적조 예보에 대한 여러 지수들을 가지고 적조 발생의 확률지수를 평가하고 이러한 지수들과 적조 발생간의 원인과 결과는 적조 예보에 사용된 실제적인 방법을 적절하게 조절함으로써 상세하게 정의할 수 있다. 따라서 기상 및 해양인자를 이용한 적조 예보는 미래의 더욱 발전되고 정확한 적조 발생 가능성 예측 정보를 제공하는데 기본적인 배경이 될 것으로 생각된다.

### 4) 적조 자동 경보시스템

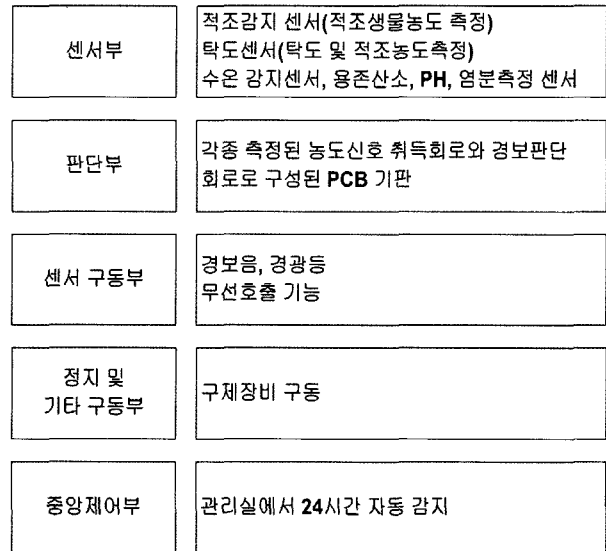


Fig. 1 block diagram of red tide alarm system

적조 자동 경보시스템은 적조가 양식장 인근 해역에 유입되었을 때 즉시 경보를 내릴 수 있도록 하여 양식어민에게 경광등, 무선호출 등을 통해 알림과 동시에 해수 유입을 차단할 수 있는 장치로 구성되어 있다. Fig. 1과 같이 센서부, 판단부, 센서구동부, 정지 및 기타구동부, 중앙제어부로 나누어져 있으며, 적조센서로부터 측정된 적조농도가 전압으로 변환되어 적조 경보시스템에 입력되며 이 입력된 전압이 미리 조사된 설정농도에 해당하는 전압을 초과할 경우, 경보를 발하게 되어 있다.

### 3. 무선 센서 네트워크의 기반 기술

#### 3.1 무선 센서 네트워크의 정의

무선 센서 네트워크(WSN; Wireless Sensor Network)는 ‘아주 많은 센서(Sensor)들이 무선(Wireless) 방식을 통해 네트워크(Network)에 연결되어 있다.’라고 간단하게 정의 내릴 수 있다. Fig. 2와 같이 센서 노드는 감지된 정보를 게이트웨이 역할을 하는 기지국으로 전달하고, 기지국에서는 네트워크를 통해 정보를 필요로 하는 사용자에게 전달해준다. 무선 센서 네트워크는 자연환경 등을 감시하기 위한 모니터링 시스템에 적용할 수 있으며, GPS(Global Positioning System) 수신 모듈과 결합한 센서를 이용하여 센서의 위치도 인식할 수 있다. 따라서 센서 노드에서 취합한 각종 위치정보를 이용하면 위치추적시스템의 개발도 가능하다.(Ian et al., 2002)

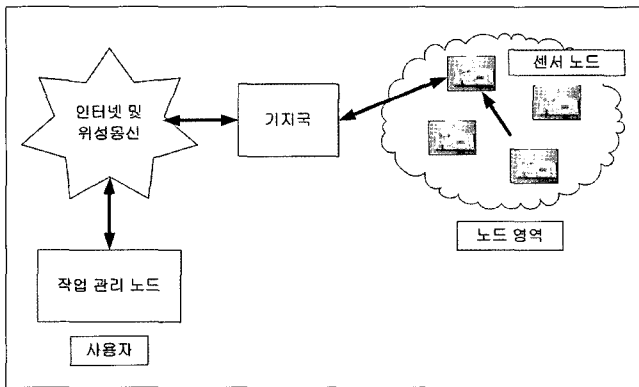


Fig. 2 constitution of wireless sensor network

#### 1) 무선 센서 네트워크의 제약사항

센서 노드는 동전 정도의 크기를 가지므로 그에 따른 제약 조건이 존재한다. 가장 큰 문제는 배터리와 메모리의 용량이다. 현재 기술력으로 센서 노드에 적용할 수 있는 배터리로는 가용 에너지가 너무 적다. 따라서 무선 센서 네트워크의 연구는 일차적으로 에너지 효율성을 고려해서 진행되고 있다. 메모리 기술은 상당히 발전하였지만 물리적인 크기가 너무 작기 때문에 많은 데이터를 저장하고 있을 수가 없다. 따라서 네트워크나 라우팅 정보들을 필수적인 것들만 저장하여 이용할 수 있는 단순한 프로토콜이 요구된다.

#### 2) 무선 센서 네트워크의 응용분야

무선 센서 네트워크의 응용분야는 산업 전반에서 일상생활에 이르기까지 많은 분야에 응용되며, 군사용, 교통, 환경감시, 의료분야, 홈 네트워크, 빌딩제어 등 다양한 분야에 걸쳐 응용될 수 있다. 앞으로 MCU(Micro Controller Unit)와 무선모듈을 단일 칩으로 구성하여 저가, 저전력의 노드가 출시될 예정이며 WPAN(Wireless Personal Area Network)이나 이동통신망과 결합하여 유비쿼터스 네트워크를 구현하기 위한 연구도 활발히 진행 중이다.

#### 3.2 무선 센서 네트워크의 하드웨어와 소프트웨어

##### 1) 무선 센서 네트워크의 하드웨어

미 국방성의 DARPA(Defence Advanced Research Project Agency)의 스폰서를 받아 개발된 버클리대의 모트(Mote) 시리즈는 미국에서 가장 널리 사용되는 하드웨어 플랫폼이다. 이러한 배경에는 모트 플랫폼이 하드웨어뿐만 아니라 TinyOS라는 초소형 운영체제와 TinyDB, NesC, 시뮬레이터 등의 개발환경과 함께 공개 하드웨어/소프트웨어로 제공되기 때문이다.

그 외의 대표적인 플랫폼으로는 로크웰(Rockwell)사의 WINS, 센서리아(Sensoria)사의 WINS NG 2.0, UCLA의 iBadge, MIT의 u-AMP 시리즈 등이 있으며, Intel, Crossbow, Moteiv와 같은 회사에서 추가적으로 하드웨어 플랫폼들을 출시하고 있다. 국내에서는 옥타컴사에서 Nano-24, (주)맥스포에서 TIP 시리즈를 발표하였다.

##### 2) 무선 센서 네트워크의 소프트웨어

NesC와 TinyOS는 현재 전 세계의 100여개 이상의 네트워크 연구 그룹들에 의해서 채택되어 활발히 사용되고 있다. TinyOS는 모트와 같은 한정적인 자원으로 운용되는 센서 노드를 위한 이벤트 기반의 운영 체제이고 NesC는 TinyOS의 특성을 지원하기 위해 고안된 프로그래밍 언어이다.

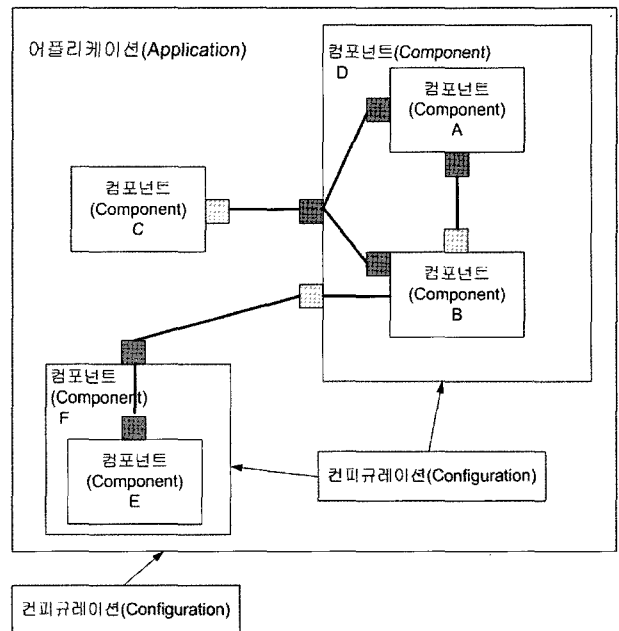


Fig. 3 constitution of nesC

NesC는 컴포넌트로 이뤄지고, 컴포넌트는 모듈(Module)과 구성(Configuration)이라는 두 개의 타입으로 존재한다. 모듈은 어플리케이션의 코드를 제공하거나 한 개 이상의 인터페이스들을 수행하며, 구성은 컴포넌트가 사용하는 인터페이스들을 연결하는데 사용된다. Fig. 3에 NesC의 구성을 나타내었다.

#### 4. 적조 모니터링 시스템의 설계

적조 모니터링 시스템은 무선 센서 네트워크에서 수온·용존산소량·탁도·조도센서와 GPS 수신칩으로 정보를 수집하여 무선인터넷·위성통신·CDMA(Code Division Multiple Access) 등을 통하여 기지국의 적조 데이터베이스에 저장한다. 적조 데이터베이스는 이전의 기상인자와 전송된 정보를 비교하여 유해적조 유무를 판별한다.

##### 4.1 적조 모니터링 시스템의 설계

적조 모니터링 시스템은 무선 센서 네트워크로 센서값을 측정하는 측정부, 수집된 데이터를 기지국으로 전송하는 통신부, 전송된 데이터를 적조 데이터베이스에 저장하고 적조 모니터링 소프트웨어로 데이터를 처리하는 처리부로 구성된다.

###### 1) 측정부

측정부는 Fig. 4와 같이 구성되어 있다. 각 노드는 Ad-hoc 네트워크를 구성하며 정해진 시간에 정보를 수집하여 게이트웨이로 전송한다. 게이트웨이의 역할은 원격지 데이터베이스를 관리하고 전송 제어를 담당하는 것이다. 데이터베이스는 TinyOS에서 제공하는 TinyDB를 사용하며 적절한 전송상황을 판별하여 데이터를 기지국으로 전송한다.

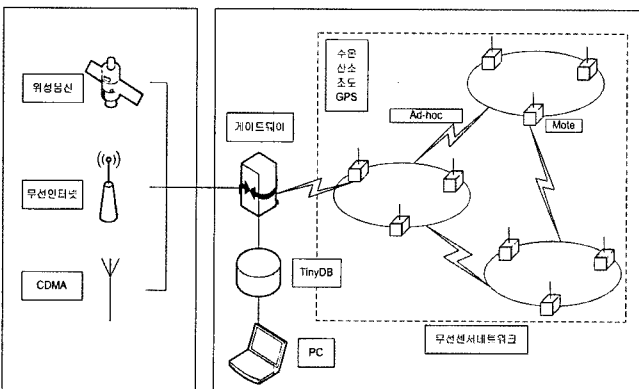


Fig. 4 sensing module

###### 2) 통신부

통신부는 측정부에서 수집된 데이터를 기지국으로 전송한다. 전송방법은 통신 상황에 따라, 원거리에서 측정할 때는 위성통신, 이동통신이 가능한 곳에서는 CDMA, 육상근처에서는 무선인터넷을 사용하여 수집된 데이터를 전송할 수 있다.

###### 3) 처리부

처리부는 Fig. 5와 같이 통신부에서 전송된 데이터를 저장·관리하는 적조 데이터베이스와 이를 이용하여 유해적조를 판별하고 예보발령기관으로 통보하는 적조 모니터링 소프트웨어와 사용자에게 데이터를 제공하는 웹 서비스로 구성되어 있다.

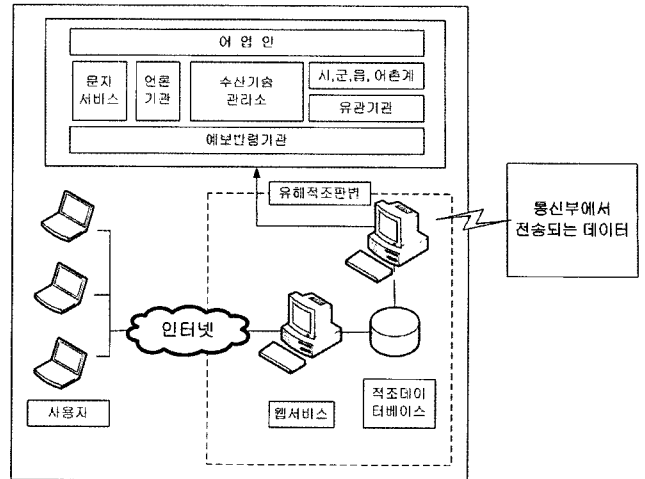


Fig. 5 processing module

##### 4.2 적조 데이터베이스의 설계

적조 데이터베이스는 Fig. 6과 같이 적조생물정보, 적조발생정보, 어민정보, 노드정보 테이블로 구성되어 있다.

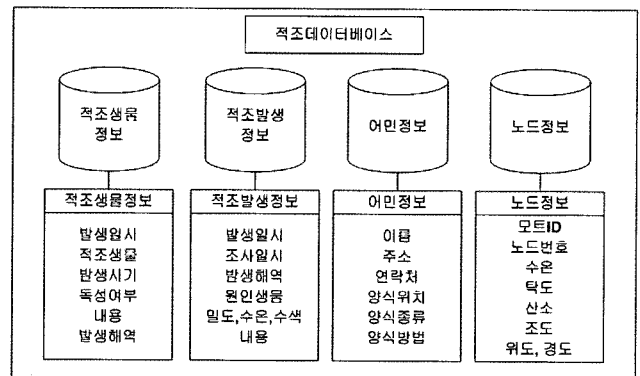


Fig. 6 block diagram of red tide database

###### 1) 적조생물정보

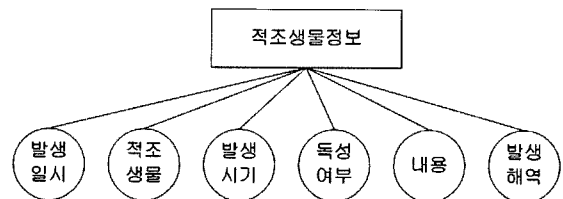


Fig. 7 block diagram of red tide creature information

적조생물정보는 기본 적조생물정보와 우리나라에서 과거에 발생된 정보를 포함하고 있어야 한다. Fig. 7과 같이 발생일시, 적조생물, 발생시기, 독성여부, 내용, 발생해역으로 나눈다.

###### 2) 적조발생정보

적조발생정보는 Fig. 8과 같다. 날짜는 발생일과 조사일로 구분하고 발생해역·원인생물·밀도·수온·수색 등의 측정 및 분석된 자료, 진행상황과 앞으로의 전망, 마지막으로 수산피해로 개념화 한다.

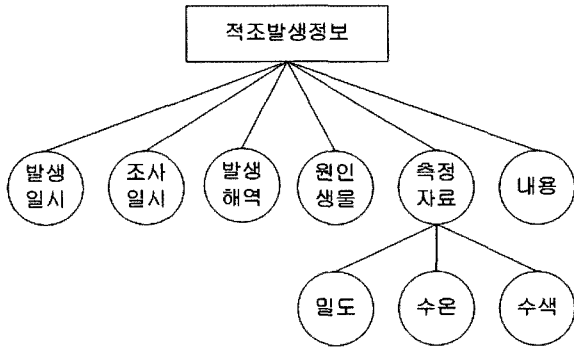


Fig. 8 block diagram of red tide outbreak information

3) 어민정보

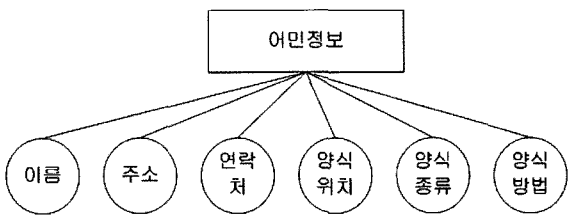


Fig. 9 block diagram of fishermen information

적조발생시 신속한 정보를 어민들에게 알리기 위하여 어민 정보를 필요로 한다. Fig. 9와 같이 이름, 주소, 연락처, 양식 종류, 양식방법, 양식위치로 나눌 수 있다.

4) 노드정보

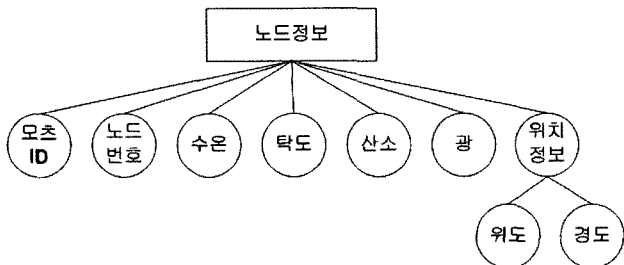


Fig. 10 block diagram of node information

노드정보는 Fig. 10과 같이 각 노드별로 수온, 탁도, 용존산소량, 조도센서 그리고 GPS 정보를 표시하도록 구성하여 각 노드에서 수집된 정보를 효율적으로 저장하고 검색·분류·비교가 편하도록 구성했다.

5. 적조 모니터링 시스템의 구현

5.1 측정부

측정부에서는 적조판별의 기상인자 중 하나인 조도를 측정하여 게이트웨이로 전송한다. 사용한 무선 노드와 게이트웨이는 (주)맥스포에서 개발한 TIP 51CM 보드이며, 내부 프로그램은 NesC로 작성하였다. TIP 51CM 보드는 습도·온도·조

도센서가 부착되어 있고 외부에서 GPS 모듈을 연결할 수 있고 통신거리가 70m 정도까지 가능하다.

무선 노드에서는 조도센서에 의한 데이터 수집을 주기적으로 하여 게이트웨이로 전송하고, 게이트웨이는 노드에서 수집한 정보를 분석하고 통신부에 데이터 전송한다. 게이트웨이의 전체적인 동작모습은 Fig. 11과 같다.

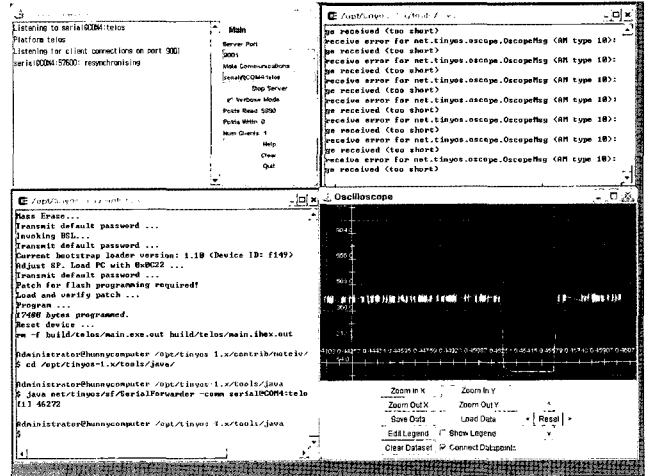


Fig. 11 display of gateway

5.2 통신부

본 논문에서는 연구실 내부에서 실험하기 위해 저렴한 속도가 빠른 무선인터넷을 사용하였다. 기지국용 AP의 사양을 Table 2에 나타내었다.

Table 2 specification of AP

규격	무선 LAN 표준 호환 프로토콜 준거 2.4 GHz대소전력 데이터 통신 규격
전송 방식	직접 확산형 스펙트럼 확산, 직교 주파수 분할 다중 변조, 단신
주파수 범위	2,412~2,472MHz(13ch)
데이터 전송속도	6/9/12/18/24/36/48/54Mbps(IEEE802.11g), 1/2/5.5/11Mbps(IEEE802.11b)
액세스 방식	인프라 스트럭처 모드
안테나	다이버시티 방식 (내장)
보안	128(104)/64(40) bit WEP, 프라이버시 separator, Any 접속 거부, MAC 주소 등록, 패스워드,

### 5.3 적조 모니터링 소프트웨어

본 논문에서는 (주)이스트소프트의 알맵에서 무료로 제공하는 SDK를 이용하였다. 적조 모니터링 시스템은 Fig. 12와 같이 전자지도가 메인 화면에 나타나고 상단의 메뉴 및 좌측 바를 통해 손쉽게 운용이 가능하다. 속성정보의 검색은 양식 이장이나 적조 발생 지역의 위치 정확성을 검증하여 나타낼 수 있도록 하였고 무선 노드의 정보를 전자지도상에 표시하여 각 노드의 상태 및 정보를 볼 수 있도록 하였다. 특히, 적조 생물 상세보기의 위치보기를 검색하면 발생한 적조생물의 공간적 위치를 동시에 제공해주게 되어 적조 생물별 발생지역을 분석할 수 있다.

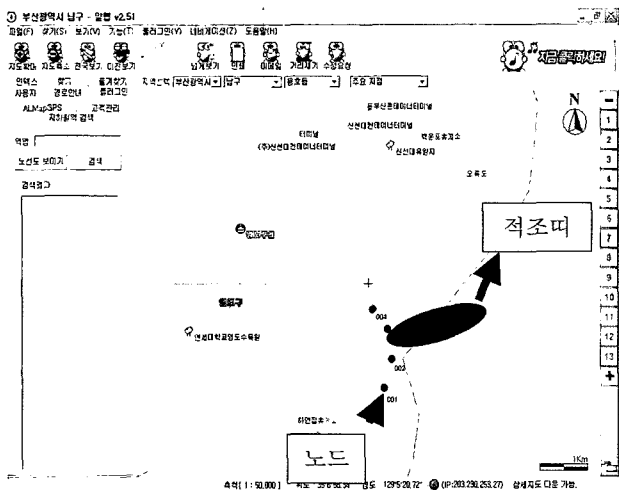


Fig. 12 display of red tide monitoring system

### 5.4 적조 데이터베이스

적조 데이터베이스는 4.2 절을 바탕으로 Table 3과 같이 구성하였으며 MS의 액세스 2003을 사용하여 구현하였고, MS-SQL 서버를 사용하여 적조 데이터베이스와 연동하는 서버를 구현하였다. 액세스 데이터베이스는 적조 데이터베이스를 저장·관리하는 곳이며, 데이터가 액세스로 접근하기 위한 통로를 제공하는 역할을 담당하는 것이 MS-SQL 서버이다.

Table 3 tables of red tide database

개 념 명	테 이 블 명
적조생물정보	RTSpecInform
적조발생정보	RTOccurInform
어민정보	Fishemen
노드정보	NodeInform

노드정보 테이블은 수백개 이상의 모드를 노드별로 구분해야하므로, 노드 ID는 중복이 불가능하나 모드 ID는 중복이 가능하도록 하였다. Fig. 13은 노드 ID와 모드 ID에 따라 수집된

수온, 탁도, 산소, 조도, 위치 값을 나타내는 노드정보 테이블이다.

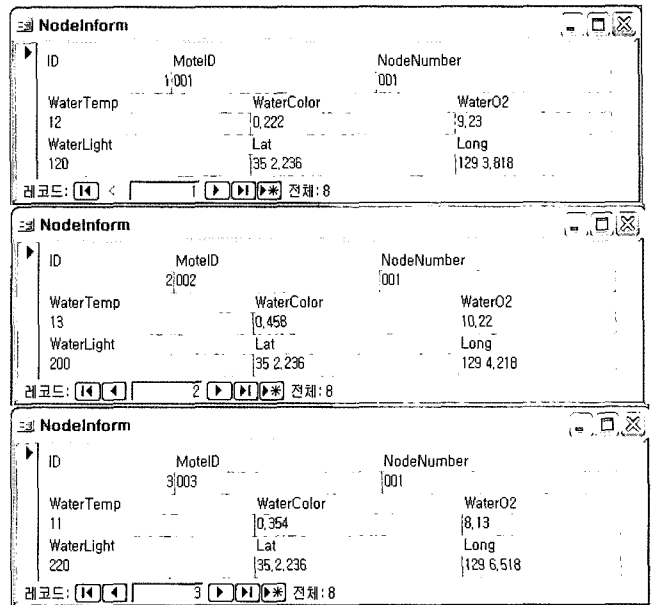


Fig. 13 nodeInform table

### 5.5 웹 서비스

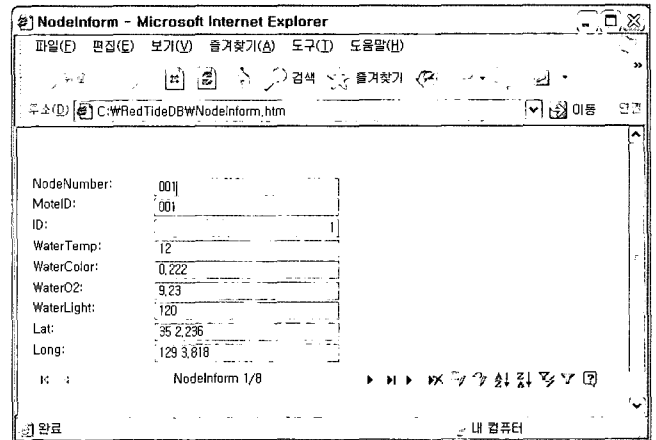


Fig. 14 display of web service

본 논문에서 웹 서비스는 인터넷을 통해 사용자들에게 콘텐츠를 제공하는 서비스라고 정의한다. 웹 서비스를 위하여 적조 데이터베이스는 MS-SQL 서버를 통하여 적조 데이터베이스로 접근 가능하며, 접근 권한에 따라 수정·삭제·저장 등을 할 수 있다. Fig. 14는 적조 데이터베이스 내부의 노드정보테이블과 연동하는 것을 보여주고 있다.

### 5.6 적조 모니터링 시스템의 프로토타입

적조 모니터링 시스템의 프로토타입은 Fig. 15과 같다. 노드는 조도 데이터를 측정하여 게이트웨이로 전송하고 게이트웨이는 이를 GPS 정보와 함께 AP로 전송한다. AP는 데이터를 데이터베이스에 저장하고 적조 모니터링 소프트웨어

를 이용하여 각 노드와 게이트웨이의 상태 및 유해적조를 판별한다.

### 참고문헌

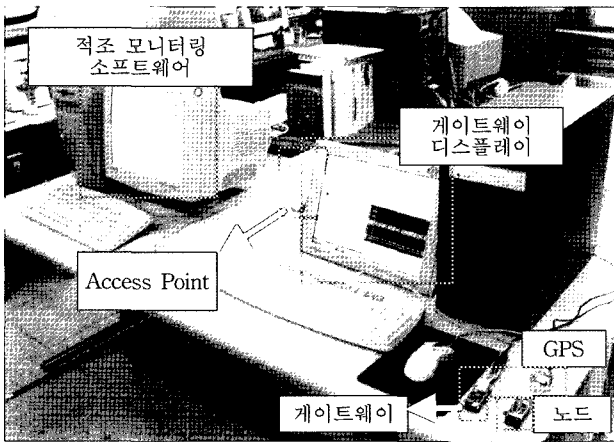


Fig. 15 pototype of red tide monitering system

[1] 김학균(1999), “적조피해대책연구”, 적조피해대책연구과제 최종보고서, pp. 3-4.  
 [2] 김학균(2005), “해양적조”, 다솜출판사, pp. 365-366.  
 [3] 안유환(2003), “해양환경 관측 및 개선을 위한 기반기술연구(III)”, 해양환경 관측 및 개선을 위한 기반기술연구(III) 최종보고서, pp. 3.  
 [4] 정종철(2004), “적조정보시스템의 GIS 데이터베이스화 연구”, 한국 GIS 학회지 제12권 제3호, pp. 36-48.  
 [5] Ian F.Akyildiz, Weilian Su, Yogesh Sankarasubramaniam, Erdal Cayirci(2002), “A Survey on Seneor Networks”, Computer Networks.

원고접수일 : 2007년 1월 19일  
원고채택일 : 2007년 4월 24일

### 6. 결 론

본 논문에서는 적조 모니터링 시스템의 전체 구조를 설계 및 구현하였고 프로토타입 시스템을 개발하여 게이트웨이에서 노드의 데이터 값이 수집되고 기지국으로 데이터가 전송되어 기지국의 적조 데이터베이스와 적조 모니터링 소프트웨어가 이상 없이 동작되는지 확인하였다. 향후 연구계획으로는 무선 센서 네트워크를 해양에서 사용하기 위한 연구, 노드에서 적조의 정확한 예측을 위한 센서 연구, 적조 모니터링 시스템 연구를 위한 더 많은 적조 정보 데이터베이스 구축 등 많은 해결문제를 가지고 있다. 이러한 문제점의 해결을 위해 더 많은 연구를 해야 할 것이다.