

**공학석사 학위논문**

**무선 센서 네트워크를 이용한  
적조 모니터링 시스템의 설계 및 구현**

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

**지도교수 임재홍**

**2006年 8月**

**한국해양대학교 대학원**

**전자통신공학과**

**허민**

# 목 차

## Abstract

제 1 장 서 론 .....	1
1.1 연구의 배경 .....	1
1.2 연구의 필요성 및 목표 .....	2
제 2 장 적조의 개요 .....	4
2.1 적조의 원인 및 종류 .....	4
2.2 적조 탐지에 관한 활동 .....	7
제 3 장 무선 센서 네트워크 기반 기술 .....	11
3.1 무선 센서 네트워크의 정의 .....	11
3.2 무선 센서 네트워크의 하드웨어와 소프트웨어 .....	14
3.3 무선 센서 네트워크에 관한 연구 현황 .....	26
제 4 장 적조 모니터링 시스템의 설계 .....	30
4.1 적조 모니터링 시스템의 하드웨어 설계 .....	30
4.2 적조 데이터베이스의 설계 .....	35
제 5 장 적조 모니터링 시스템의 구현 .....	40
5.1 적조 모니터링 시스템의 하드웨어 구현 .....	40
5.2 적조 데이터베이스의 구현 .....	50
제 6 장 결 론 .....	61
참고문헌 .....	63

# 표 목 차

<표 2-1> 해역별 예찰 정점 .....	7
<표 3-1> 모트 하드웨어 .....	16
<표 4-1> TIP 51/30CM 보드사양 .....	32
<표 5-1> 기지국용 AP .....	47
<표 5-2> 테이블명 .....	51
<표 5-3> 적조생물정보 필드명 .....	52
<표 5-4> 적조발생정보 필드명 .....	53
<표 5-5> 어민정보 필드명 .....	54
<표 5-6> 노드정보 필드명 .....	55

# 그림 목 차

<그림 2-1> 적조생물 .....	6
<그림 2-2> 적조예보체제 .....	7
<그림 2-3> 적조 경보장치 구성도 .....	9
<그림 2-4> 육상 양식장용과 해상 가두리 양식장용 구성도 .....	9
<그림 3-1> 무선 센서 네트워크의 구성 .....	12
<그림 3-2> MICA와 센서보드 .....	16
<그림 3-3> MICAz .....	16
<그림 3-4> Nano-24 센서 하드웨어 플랫폼 .....	18
<그림 3-5> 컴포넌트 기반 TinyOS 응용 예 .....	20
<그림 3-6> TinyOS의 메시징 컴포넌트 .....	21
<그림 3-7> Nano-Qplus 구조 .....	22
<그림 3-8> NesC의 구조 .....	25
<그림 3-9> 서식지 모니터링 구성도 .....	26
<그림 3-10> 삼나무 숲의 무선 센서 네트워크 .....	27
<그림 3-11> 수목 관리 시스템 .....	28
<그림 4-1> 측정부 .....	31
<그림 4-2> TIP30CM 보드와 TIP51CM 보드 .....	32
<그림 4-3> 처리부 구성 .....	34
<그림 4-4> 적조 데이터베이스의 구성 .....	35
<그림 4-5> 적조생물정보의 개념화 .....	36
<그림 4-6> 적조발생정보의 개념화 .....	37
<그림 4-7> 국립수산과학원 적조발생속보 예 .....	38
<그림 4-8> 어민정보의 개념화 .....	39
<그림 4-9> 노드정보의 개념화 .....	39
<그림 5-1> NesC 조도센서 구성 .....	41

<그림 5-2> 무선노드 동작모습 .....	42
<그림 5-3> ihex 파일 다운로드 과정 .....	42
<그림 5-4> SerialForwarder 실행 .....	43
<그림 5-5> TIP51CM 동작 .....	43
<그림 5-6> 조도센서 값 측정 .....	44
<그림 5-7> 게이트웨이의 동작모습 .....	45
<그림 5-8> 조도와 GPS 데이터 .....	46
<그림 5-9> 기지국용 AP .....	46
<그림 5-10> 적조 모니터링 시스템의 메인화면 .....	48
<그림 5-11> 적조 모니터링 프로토타입 시스템 .....	49
<그림 5-12> 적조 데이터베이스의 테이블 .....	50
<그림 5-13> 적조 데이터베이스의 관계 .....	51
<그림 5-14> 적조생물정보 테이블 .....	52
<그림 5-15> 적조발생정보 테이블 .....	53
<그림 5-16> 어민정보 테이블 .....	54
<그림 5-17> 노드정보 테이블 .....	55
<그림 5-18> 어민 정보 검색 .....	56
<그림 5-19> 모트 검색 .....	57
<그림 5-20> MS-SQL 서버 .....	58
<그림 5-21> MS-SQL 서버와 어민정보 테이블 .....	59
<그림 5-22> MS-SQL 서버와 적조발생정보 테이블 .....	59
<그림 5-23> MS-SQL 서버와 적조발생정보 테이블 .....	60

# Abstract

The wireless sensor network has been noticed as a core technology in order to realize ubiquitous computing. It can be used in collection data from sensors in such diverse areas as meteorological observation and environmental exploration. In materializing the wireless sensor network, however, it involves such a restriction that nodes composing of the network are small chips and the chips have usually limited processing capabilities, small storage spaces, and low-power consumption. Therefore, the approach to solve these problems is a great matter of interest in the wireless sensor network. The sensor network requires wireless communication technology that continues to be able to function from a few months to maximum years with a built-in battery through less complicated network, which has low speed, price and power consumption in comparison with high speed wireless communication.

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. Therefore, the research fields of red tide have undergone a major changes. For monitoring of red tide, many kinds of techniques have been carried out such as remote sensing, GIS and fuzzy model system.

The purpose of these is to develop of red tide monitoring system for collection of red tide and biological-oceanography parameters using wireless sensor network. For these the development methods of red tide database, red tide monitoring software, and web-service are suggested.

Finally, our purpose provides the prediction information for the possible red tide occurrence by coastal meteorological information and contribute to reduce the red tide disaster by the prediction technique for red tide.

# 제 1 장 서 론

## 1.1 연구의 배경

최근에 전 세계에서 발생하는 적조현상은 광역화, 상습화, 고밀도화, 유독화 및 장기화 되어가고 있다. 이와 같은 적조현상으로 인하여 사회 경제적으로 문제를 일으키고 있다. 우리나라에서의 적조는 지난 10여 년간 우리나라의 남해안을 중심으로 매년 발생하여 왔고, 적조의 피해도 주로 남해안으로 집중되어 나타났다[1],[2].

선진 외국 중 연안 이용도가 높은 일본에서는 수산피해를 일으키는 적조의 발생기후 규명과 방제기술 개발연구를 1950년대부터 수행하고 있고, 미국과 유럽의 경우 수산식품의 식중독 문제 해결 및 생물공학적인 기법에 의한 적조 제어 기술 개발연구를 추진하고 있다[3].

우리나라에서도 해양연구원에서 해양환경관측 및 개선을 위한 기반 기술 연구 중 적조생물 원격탐사 기술개발을 하고 있으며, 적조 모니터링 시스템의 지리정보시스템 데이터베이스화 연구, 기상인자를 활용한 연안 적조예측기술 개발 등 많은 전문가들이 활발한 연구 활동을 하고 있다[4]~[6].

그러나 적조 판별, 예측, 예보 시스템을 위한 프로토타입 시스템은 아직 미비한 실정이다. 따라서 본 논문에서는 우리나라에서 수행중인 연구를 기반으로 적조 모니터링 시스템을 연구하고자 한다.

기상 인자를 활용한 연안 적조예측기술 개발에서 적조가 발생되는 기상조건을 데이터베이스화 하여 적조 확률 지수를 계산하고 적조 판별을 가능하게 할 수 있다. 또한 무선 센서 네트워크 노드에서 수

집한 수온, 탁도, 용존 산소량, 조도를 기지국에서 비교 처리하여 지역 노드에 따른 적조 유무를 판별할 수 있다. 이것은 이전의 통신상황과 원격지 수집 능력으로는 불가능 하였으나 무선 센서 네트워크로 가능하게 되었다.

무선 센서 네트워크는 센싱 기능과 정보의 처리 능력, 그리고 통신 능력을 가진 다수의 센서로 구성되며, 이러한 다수의 센서들이 주변의 환경변화를 탐지하여 사용자에게 전달하여 감시 및 제어를 할 수 있게 해 주는 것이다[7].

그리고 적조 모니터링 시스템이 적조 유무를 판별하여 예보기관에 경고 방송을 하면 신속한 적조 방제 대책이 가능하며, 가입된 핸드폰 번호로 적조 경보 발생 상황을 알릴 수 있다. 또한 적조 데이터베이스의 기상 정보와 적조 정보는 인터넷을 통한 웹서비스를 가능하게 해 준다.

## 1.2 연구의 필요성 및 목표

우리나라의 어업생산량은 연간 10만톤 내외이다. 그런데 유해적조로 인하여 최대 745억원에서 최소 48억원의 수산피해를 입고 있다. 이로 인하여 어민들의 경제는 물론 지역과 국가 경제에 막대한 손실을 끼치고 있다. 이에 따라 적조 손실을 줄이기 위해 적조현상의 원인을 규명하고, 조기에 유해적조의 발생과 이동확산을 예방하기 위한 많은 연구를 추진하였으나 아직까지도 미비한 실정이다.

그리고 적조의 규명 연구와 함께 적조가 발생하면 신속하게 조치할 수 있는 경보시스템을 구축하는 방안도 필요하다. 적조 모니터링 시스템은 적조가 발생하면 신속히 중앙 관제소에 경보발령을 하고, 중앙 관제소에서는 적조의 상황을 파악하여 대책반을 투입하고, 인



근 지역의 어민들에게 신속히 경고방송을 한다.

적조 모니터링 시스템은 무선센서들로 이루어진 원격지 정보를 기반으로 유해적조인지 판별하게 된다. 특히, 기온, 강수량, 일조시수, 일사량, 바람 등의 기상인자는 적조가 발생 가능한 조건을 형성하는데 매우 중요한 인자로 작용한다[6].

그리고 적조를 연구하는 학자는 적조 발생에 관한 다양한 환경 인자를 조사하면 이들 자료에 의해 적조의 생물학적 활동을 분석할 수 있다. 그리고 적조 연구는 적조생물의 종(種)을 분류하고 이들의 생활사를 분석하는 연구에서부터 적조의 변성과 이동을 예측하는 모델, 적조를 긴급히 방제하는데 효과적인 방안의 연구 등 다양한 연구를 추진할 수 있다[5].

위와 같이 적조를 조기에 경보하면 유해 적조를 신속히 대처할 수 있어 어민들의 경제 손실을 막을 수 있고, 적조 기상 인자를 데이터베이스화 하면 적조 예측 연구를 위한 기반 자료로 활용할 수도 있다.

따라서 본 논문에서는 무선 센서 네트워크를 이용하여 기상 인자 데이터를 효율적으로 수집할 수 있는 방안과 수집한 데이터를 효과적으로 기지국에 있는 적조 데이터베이스에 저장하는 방안을 제시한다. 그리고 적조 데이터베이스를 효율적으로 설계하여 적조 모니터링 소프트웨어와 웹서비스를 제공하도록 한다.

본 논문의 구성은 제 2 장에서 적조의 원인 및 종류와 탐지에 대하여 기술하고 적조에 관한 국내외 연구 현황을 분석하였고, 제 3 장에서는 무선 센서 네트워크의 정의 및 무선 센서 네트워크의 하드웨어와 소프트웨어의 구성에 대하여 기술한다. 제 4 장에서는 적조 모니터링 시스템과 적조 데이터베이스를 설계하였고, 제 5 장에서는 설계된 시스템을 구현하고 실험하였다. 그리고 제 6 장에서는 결론과 향후 연구계획에 대하여 기술하였다.

## 제 2 장 적조의 개요

### 2.1 적조의 원인 및 종류

적조란 처음에는 현미경적 미생물이 일시에 다량으로 출현하여 해수의 색깔을 변색시키고 어패류를 폐사시키는 현상이라고 하였다. 그리고 해양에 서식하는 식물성 플랑크톤, 원색동물 및 박테리아와 같은 미생물이 증식하기에 적당한 환경조건이 될 때 일시에 다량으로 증식되거나 또는 생물 물리적 현상으로 집적되어 바닷물의 색깔이 변색되는 현상이라고 정의하였다.

그러나 최근에 유럽과 아메리카 등지에서 식중독 현상이 자주 발생하고 이것을 연구하는 학자들이 증가하면서 해수의 수색(水色)을 변화시키지 않는 낮은 플랑크톤 밀도에서 어패류를 독화시키고 그것을 섭취한 사람이 식중독을 일으키는 현상을 적조의 범주에 포함하여 취급함으로써 적조의 정의에 바닷물의 색깔이 변색되어야 한다는 조건은 의미를 잃어버렸다.

2001년 APEC/IOC/UNESCO에서 공동으로 발간한 “연안역의 유해 적조의 감시와 관리전략”에서 유해적조(HAB; Harmful Algal Bloom)를 “바닷물의 색깔을 변색시키는 유독성 또는 무독성 조류에 의한 적조뿐만 아니라 적조생물의 밀도가 충분히 농밀하지 않아 해수의 수색을 변색시키지 못하더라도 이들이 포함한 조류독소 또는 다른 생물상에 물리적인 피해를 야기하는 위험스러운 적조”라고 정의하였다.

#### 2.1.1 적조의 원인

해양식물성 플랑크톤이 육상식물과 마찬가지로 수온, 일조량 및

영양 염류 등 환경조건이 맞아 빠르게 증식하거나 또는 와류, 조류 등의 물리적인 요인에 의하여 집적하면 수색을 변화시키는 적조현상을 일으킨다. 그리고 최근의 적조는 해양환경 변동과 기상변동 및 인간의 과도한 해역개발에 의한 오염부하 등 복합적인 요인들의 영향을 받고 있기 때문에 적조의 발생과 진행양상이 복잡하여졌다.

적조발생 요인을 보면 첫째, 지형적으로 내만성이고 외양과의 해수교환이 적은 폐쇄성 해역이고, 둘째, 물리적 측면에서 볼 때 적조생물의 생활수온인 15~20℃가 유지될 수 있는 여름철이어야 한다. 또한 이들 적조생물의 광합성 활동에 필요한 일조량이 풍부해야 하며 안정된 수괴가 형성되어야 하는 것도 하나의 조건이 된다. 셋째, 육지로부터 강우 등에 의하여 적조생물의 성장과 번식에 필요한 비료성분인 영양염류가 유입되어 바닷물 속에 풍부하게 녹아 있어야 한다. 특히 질산염과 인산염은 적조 미생물의 성장 제한인자로 작용하며 이 외에 비타민 복합제, 미량원소 등이 바닷물 속에 녹아있어야 한다고 알려져 있다.

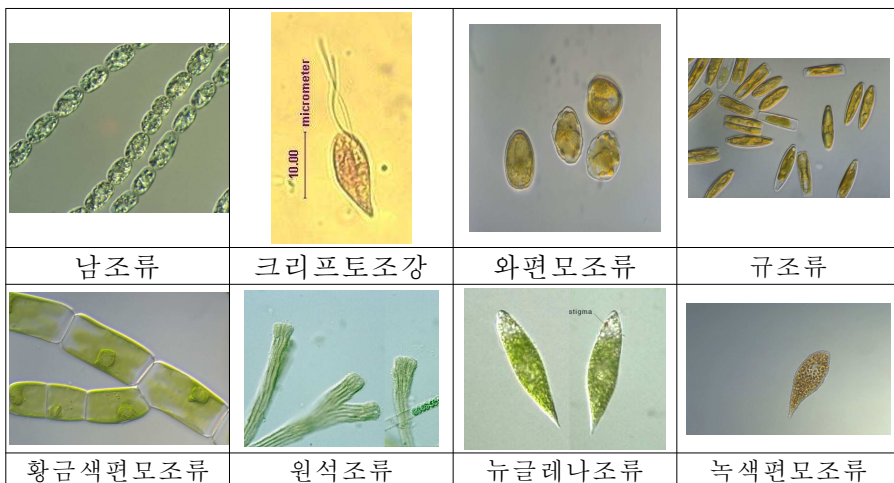
적조의 원인 중 가장 큰 원인은 부영양화인데 이것은 물속에 식물플랑크톤이 번식을 하기 위해 필요한 질소와 인 같은 영양염류가 풍부하게 들어있는 것을 말한다. 영양염류는 생활하수에 특히 많은 양이 들어있으며, 부역에서 하수구로 들어가는 각종 음식찌꺼기와 합성세제 그리고 화장실에서 흘러 들어가는 분뇨 등이 주된 오염원이다.

따라서 인구가 증가하고 생활하수가 늘어나면 당연히 바다로 흘러 들어가는 영양염류의 양이 증가할 것이고 부영양화는 점점 더 심해질 것이다. 이렇듯 오염물질이 늘어나는 추세와 적조가 발생하는 것과는 밀접한 관계가 있다.

## 2.1.2 적조의 종류

적조를 일으키는 원인생물로는 홍색유황세균이나 원생동물 외에도 남조류(Cyanophyceae), 크립토히조강(Cryptophyceae), 와편모조류(Dinophyceae), 규조류(Bacillariophyceae), 녹색편모조류(Raphidophyceae), 황금색편모조류(Chrysophyceae), 원석조류(Haptophyceae), 뉴글레나조류(Euglenophyceae), 프라시노조류(Prasinophyceae) 및 섬모충(Chlorophyceae)의 10분류군에 속하는 다양한 조류가 알려져 있다. 이러한 조류 중에서 남조류와 규조류를 제외한 조류는 편모를 가지고 활발히 운동할 수 있기 때문에, 편모충으로 동물계의 일원으로 분류시키기도 한다.

세계적으로 보고된 적조발생 종은 약 150여종으로 우리나라에서 적조를 일으키는 종은 약 40여종이다. 이 중에서 4종은 담수 내지 기수종이고 해산종으로는 규조류가 13종, 녹색 편모조류가 3종 그리고 편조류가 20종이며, 특히 편모조류 중 3종은 수산생물에 직접적으로 피해를 줄 수 있다[8],[9].



<그림 2-1> 적조생물

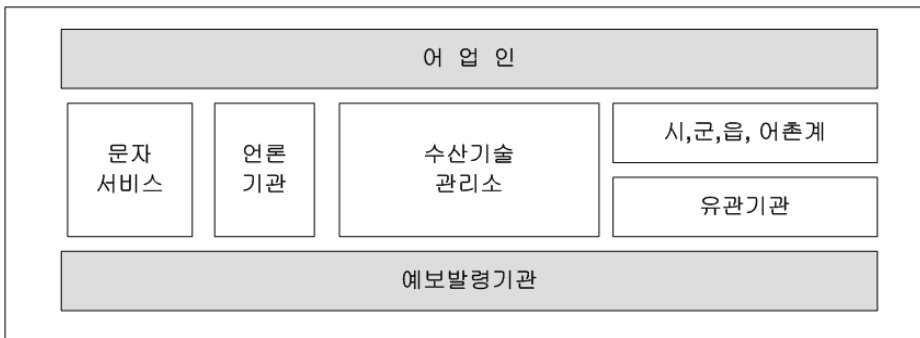
## 2.2 적조 탐지에 관한 활동

### 2.2.1 적조예찰

적조예찰이란 적조발생 상황을 사전에 파악하기 위한 일련의 조사 활동을 말한다. 법적근거를 보면 해양수산부 훈령 제53호 제1조(목적) ‘적조발생상황을 조기에 파악하여 이를 신속히 예보하고 적조 발생 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, <표 2-1>과 같이 매년 3월부터 11월 사이에 적조발생 동태를 파악한다[9].

<표 2-1> 해역별 예찰 정점

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



<그림 2-2> 적조예보체제

적조예찰 후 적조예보를 통해서 어민에게 알린다. 적조예보는 <그림 2-2>와 같이 적조예보체제를 통해서 통보하게 되어 있다.

## 2.2.2 원격탐사

원격탐사라는 용어는 1965년 무렵부터 미국국립항공우주국을 중심으로 미국의 관계기관이 ‘인공위성을 이용하여 지구환경과 자원을 조사하는 기술’로써 사용하게 되었다. 현재 항공기나 인공위성을 이용한 관측과 기술에 널리 쓰이고 있다. 주로 전자기파를 이용하여 먼 곳의 대상물을 접촉하지 않고 조사하는 기술로써 모든 물질은 그 온도상태에 따른 전자기파를 빛·적외선·마이크로파의 형태로 방출하고 있으며 또한 외부로부터 전자기파 조사를 받으면 그 물질의 종류나 상태에 따라서 반사 산란을 일으킨다. 원격탐사는 물체로부터 방출 또는 반사되는 이 전자기파를 이용하여 그 물체의 종류나 상태를 조사하는 기술로 원격센싱(Remote Sensing)이라고 한다. 적조의 발생 범위와 적조띠의 이동, 확산 경로 등을 지구관측위성의 가시영역 밴드와 적외선 밴드 감지기를 통해 실시간으로 파악함으로써 신속하고 광역적인 적조예찰 및 예측을 위한 자료로 활용할 수 있다[10],[11].

## 2.2.3 기상인자를 활용한 연안 적조 예측기술 개발

기상인자를 활용한 연안 적조 예측기술은 기상 및 해양학적인 인자들과 관련하여 적조가 형성되는 메커니즘과 적정한 기상 및 해양학적 조건을 구체적으로 이해하고, 원격탐사에 의한 연속 모니터링을 통하여 적조의 발생 및 이동 경로를 파악 및 예측하는 것을 말

한다. 그리고 한반도 연안의 주간별 적조발생 가능성의 예측정보를 제공함으로써 적조를 조기에 탐지하여 경제적 피해를 최소화하는 기술을 개발하고 있다. 이 연구에서는 통계적 해석에 사용한 자료는 기상청의 기상관측자료, 기상월보, 연보와 수산과학원의 연안관측자료, 적조 발생 상황표를 사용했고, 조사대상 해역은 남해 서부해역 완도 근처, 남해 중부해역 여수 근처, 남해 동부해역 통영근처, 그리고 동해 남부해역 포항 근처로 각각 구분하였다. GIS 공간분석에 대해서는 각 시기별 적조 발생지역의 공간분포를 속성정보와 그래픽으로 연계하여 적조 정보 관리 시스템을 구축하고 ArcView를 이용하여 적조정보를 생산하였다.

결론적으로 적조발생예보를 위해서는 여러 가지 인자들의 결합이 더욱 필요로 한다. 적조예보에 대한 여러 지수들을 가지고 적조발생의 확률지수를 평가하고 이러한 지수들과 적조발생간의 원인과 결과는 적조예보에 사용된 실제적인 방법을 적절하게 조절함으로써 상세하게 정의할 수 있다. 따라서 이 연구에서 수행한 기상 및 해양인자를 이용한 적조예보는 미래의 더욱 발전되고 정확한 적조발생가능성 예측정보를 제공하는데 기본적인 배경이 될 것으로 생각되며 본 연구를 위해 기본 인자들의 기본 자료가 될 것이다.

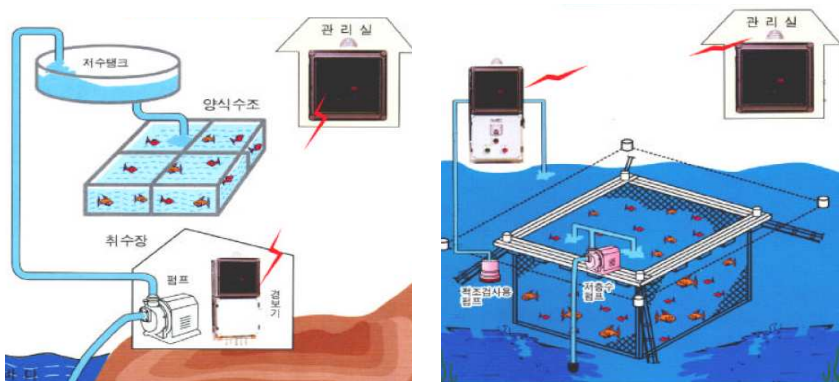
#### 2.2.4 적조 자동 경보시스템

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. 적조 자동 경보 시스템은 <그림 2-3>과 같이 센서부, 판단부, 센서 구동부, 정지 및 기타 구동부, 중앙제어부로 나누어져 있으며, 적조센서로부터 측정된 적조농도가 전압으로 변환되어

적조 경고시스템에 입력되며 이 입력된 전압이 미리 조사에 의해 밝혀진 설정농도에 해당하는 전압을 초과할 경우, 경보를 발하게 되어 있다. 그리고 <그림 2-4>는 육상 양식장용과 해상 가두리 양식장용으로 제작된 구성도를 나타낸다[3].

센서부	적조감지 센서(적조생물농도 측정) 탁도센서(탁도 및 적조농도측정) 수온 감지센서, 용존산소, PH, 염분측정 센서
판단부	각종 측정된 농도신호 취득회로와 경보판단 회로로 구성된 PCB 기판
센서 구동부	경보음, 경광등 무선호출 기능
정지 및 기타 구동부	구제장비 구동
중앙제어부	관리실에서 24시간 자동 감지

<그림 2-3> 적조 경고장치 구성도



<그림 2-4> 육상 양식장용과 해상 가두리 양식장용 구성도



## 제 3 장 무선 센서 네트워크 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 연결 되어 있다.’라고 간단하게 정의 내릴 수 있다. 즉, 무선 센서 네트워크 기술은 컴퓨팅 능력과 무선통신 능력을 갖춘 센서 노드를 자연환경이나 전장 등에 설치하여 자율적인 네트워크를 형성하고, 서로 간에 수집한 센싱 정보를 무선 네트워크로 송수신 하고, 네트워크를 통해 원격지에서 감시 및 제어 용도로 활용할 수 있는 기술을 말한다. 센서 네트워크의 궁극적인 목적은 모든 사물에 컴퓨팅 능력 및 무선통신 능력을 부여하여 “언제”, “어디서나” 사물들끼리의 통신이 가능한 유비쿼터스 환경을 구현하는 것이다.

무선 센서 네트워크에서의 센서 노드는 센서에서 감지된 정보를 게이트웨이 역할을 하는 기지국으로 전달하고, 기지국에서는 네트워크를 통해 정보를 필요로 하는 사용자에게 전달해준다.

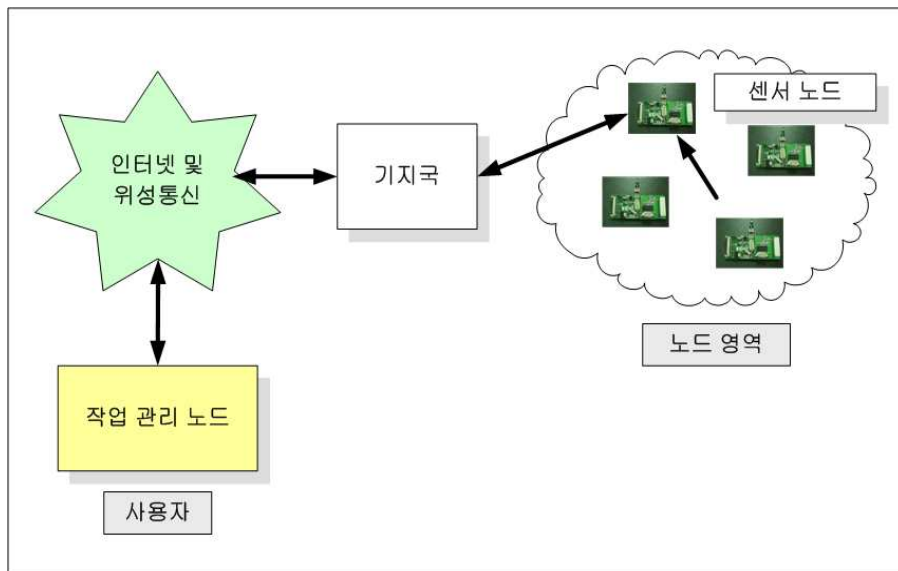
무선 센서 네트워크의 기술은 무선 통신 모듈과 마이크로 제어장치(MCU; Micro Controller Unit)로 구성된 센서 노드, 그리고 각종 센서에서 취합한 데이터를 기간망으로 전달하기 위한 싱크 노드가 핵심기술이다. 여기에서 센서 노드가 살포되면 배터리의 수명을 늘리기 위한 저전력 프로토콜(Protocol)이 요구되는데 한국전자통신연구원(ETRI; Electronics and Telecommunications Research Institute)에서 개발한 플랫폼으로 이를 해결할 수 있어 자율 형성 네트워크의 구성에 대한 연구와 저전력 프로토콜 연구가 가능하다.

무선 센서 네트워크는 자연환경 등을 감시하기 위한 모니터링 시

시스템에 적용할 수 있다. <그림 3-1>과 같이 저전력 MCU와 무선통신 소자를 이용하여 센서 노드의 MCU 모듈을 구성하고, 각종 센서를 결합할 수 있는 인터페이스를 제공하여 손쉽게 센서 노드를 구성하여 적용할 수 있다.

위성 위치 확인 시스템(GPS; Global Positioning System) 모듈과 결합한 센서를 이용하여 센서의 위치도 인식할 수 있다. 이것은 센서 노드에서 취합한 각종 위치정보를 이용하면 위치추적시스템의 개발이 가능하다.

기간망에 연결된 서버, 에이전트 등에 전달하기 위한 게이트웨이 역할을 하는 싱크 노드(Sink Node)로 국제 개인용 컴퓨터 메모리 카드 협회(PCMCIA; Personal Computer Memory Card International Association) 슬롯(Slot)을 이용하여 무선 랜을 이용함으로써 무선 기간망에 접속하여 많은 정보를 제공하고 이를 사용할 수 있다.



<그림 3-1> 무선 센서 네트워크의 구성

### 3.1.1 무선 센서 네트워크의 요구사항

센서 네트워크는 네트워크를 구성하는 일정지역에 크기가 동전 정도의 작은 노드들이 수백개에서 수천개까지 설치하여 통신하는 구조를 갖는다. 그리고 노드들이 주고받는 데이터는 크기도 작고 데이터의 발생 빈도 또한 매우 낮아 통신하는 양은 많지 않을 것으로 가정한다.

센서 노드의 크기가 작은 만큼 그에 따른 제약 조건이 존재한다. 가장 큰 문제는 배터리의 크기이다. 현재 기술력으로 센서 노드에 적용할 수 있는 크기의 배터리로는 가용 에너지가 너무 적다. 따라서 센서 네트워크의 연구는 일차적으로 에너지 효율성을 고려해서 진행되고 있다. 네트워크 분야에서는 두 노드간의 통신이 가장 많은 에너지를 소모한다고 판단하여 가능하면 적은 양의 데이터와 시그널을 주고 받는 것이 중요한 관점이 되고 있다.

노드의 크기가 작은 것은 메모리의 크기에도 한계를 가져온다. 메모리 기술은 상당히 발전하였지만 기본적으로 크기가 너무 작기 때문에 많은 데이터를 저장하고 있을 수 없다. 따라서 네트워크나 라우팅 정보들을 필수적인 것들만 저장하여 이용할 수 있는 단순한 프로토콜이 요구된다.

또 다른 문제로 통신 거리와 방법에 한계가 있다. 센서 노드들은 서로 가까이 존재하여 통신 할 수 있다고 가정하더라도, 원격지에 있는 사용자와 관리자는 센서 노드가 직접 통신 할 수 없는 거리에 존재하게 된다. 센서 네트워크는 항상 네트워크 영역 안에 다른 네트워크와 통신할 수 있는 다른 형태의 노드가 필요하다. 이런 노드를 싱크라고 부르며, 싱크 노드는 크기가 크고 배터리의 한계를 가정하지 않는다. 센서 네트워크 내에서 발생된 데이터는 모두 싱크 노드로 집적되어 센서 네트워크와 다른 방식으로 외부 네트워크에

연결된다. 이 방식은 싱크 노드의 특성에 따라 위성통신, 무선랜, 블루투스, 유선 인터넷 등의 방식을 가질 수 있다.

### 3.1.2 무선 센서 네트워크의 응용분야

무선 센서 네트워크의 응용 분야는 산업 전반에서 일상생활에 이르기까지 많은 분야에 응용되어지며, 군사용, 교통, 환경 감시, 의료 분야, 홈 네트워크, 빌딩 제어 등 다양한 분야에 걸쳐 응용이 될 수 있다. 그리고 자연 환경, 주차장 관리, 공장의 공정제어 센서는 물론 모든 사물을 컴퓨팅 능력을 갖는 노드로 만들기 위해 필요한 기본 플랫폼으로 활용이 가능하다. 앞으로 MCU와 무선모듈을 단일 칩으로 구성하여 저가, 저전력의 노드가 출시될 예정이다. 또한 무선개인영역 통신망(WPAN; Wireless Personal Area Network)이나 이동통신망과 결합하여 유비쿼터스 네트워크를 구현하기 위한 연구도 활발히 진행 중이다.

## 3.2 무선 센서 네트워크의 하드웨어와 소프트웨어

### 3.2.1 무선 센서 네트워크의 하드웨어

현재 센서 네트워크 응용을 위한 하드웨어는 상업적으로 대량 생산되는 제품은 찾아보기 힘들다. 그러나 미 국방성의 고등 연구 계획국(DARPA; Defence Advanced Research Project Agency)의 프로젝트의 스폰서를 받아 개발된 버클리대의 모트(Mote) 시리즈는 미국 정부와 관련 대학, 기업의 노력으로 미국에서 가장 널리 사용되는 하드웨어 플랫폼이 되었다. 이러한 배경에는 모트 플랫폼이 하

드웨어뿐만 아니라 TinyOS(Tiny Operating System)라는 초소형 운영체제와 TinyDB(Tiny DataBase), NesC, 시뮬레이터 등의 개발환경과 함께 공개 하드웨어/소프트웨어로 제공되기 때문이다. 또한 MEMS(Micro Electro Mechanical Systems) 기술을 이용하여 모트 하드웨어를 초소형화 하여 형광등과 같은 저가의 소형 시스템에도 부착 할 수 있게 될 것이다. 그 외의 대표적인 모트는 로크웰(Rockwell)사의 윈스(WINS) 노드, 센소리아(Sensoria)사의 WINS NG 2.0, UCLA의 iBadge, MIT의 u-AMP 시리즈 등이 있으며, Intel, Crossbow, Moteiv와 같은 회사에서 추가적으로 모트 하드웨어들을 출시하고 있다. 그리고 국내에서는 옥타컴사에서 센서 네트워크 응용을 위해 Nano-24 센서 노드 하드웨어 플랫폼과 (주)맥스포사에서 TIP30CM과 TIP50CM 하드웨어 플랫폼을 발표하였다.

#### (1) 버클리대 모트 시리즈

1999년 버클리대에서 WeC라는 첫 번째 모트 플랫폼을 개발한 후, 매년 rene, dot, mica, MICAz, MICAz dot과 같은 센서 노드 하드웨어가 버클리대에 의해서 공개되었으며, 이들 하드웨어 플랫폼은 미국의 Crossbow란 회사에 의해서 상업화되어 시장에 공급되고 있다. 그 외에도 버클리대의 TinyOS를 지원하는 호환 하드웨어 플랫폼으로 인텔의 iMote, ETH의 btNode, Moteiv의 Telos가 개발되었다. <표 3-1>에 현재까지 개발된 모트 시리즈 관련 하드웨어 플랫폼을 선별하여 정리하였다.

특히, Telos와 MICAz는 센서 네트워크의 표준 Radio 인터페이스로 유력한 IEEE 802.15.4 저속 WPAN 표준을 지원하는 Chipcon사의 ZigBee 칩을 이용하고 있어 많은 주목을 받고 있다.

공개 하드웨어인 MICA는 <그림 3-2>와 같이 메인 보드와 센서 보드로 구성되어 있다. 메인 보드는 마이크로 컨트롤러와 무선 인터

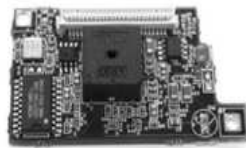
페이스를 탑재한 주 보드이며, 센서 보드는 온도, 조도, 자기 센서 등과 같이 센서를 탑재한 보드로써 기상센서 보드와 모터/서보 제어 보드 등 다양한 보드가 제공된다. 2003년 미국 Crossbow사는 버클리대의 협력을 받아 상용 MICA2를 개발하여 판매를 하고 있다. MICA와 MICA2의 가장 큰 차이점은 RF 인터페이스가 달라졌다는 것이다. MICA는 916 MHz 라디오 트랜시버를 사용하였는데 MICA2는 433/868/915 MHz의 다양한 무선 밴드를 지원한다. 마이크로 컨트롤러도 MICA의 ATmega103L에서 ATmega128L로 변경되었으며 전원부와 관련된 모니터링 기능이 개선되었다.

<표 3-1> 모트 하드웨어

Mote	WeC	DOT	MICA	MICA2	iMote	Telos	MICAz
Released	1999	2001	2002	2003	2003	2004	2004
Clock	4MHz	4MHz	4MHz	7MHz	12MHz	20MHz	7MHz
CPU	Atmel1	Atmel1	Atmel1	Atmel1	ARM	Motorola	Atmel1
Flash	8	16	128	128	512	60	128
RAM(KB)	0.5	1	4	4	64	4	4
Radio (kBaud)	10	10	40	40	480	250	250
Radio Type	RFM	RFM	RFM	ChipCon	Zeebo BT	ZigBee	ZigBee



<그림 3-2> MICA와 센서보드



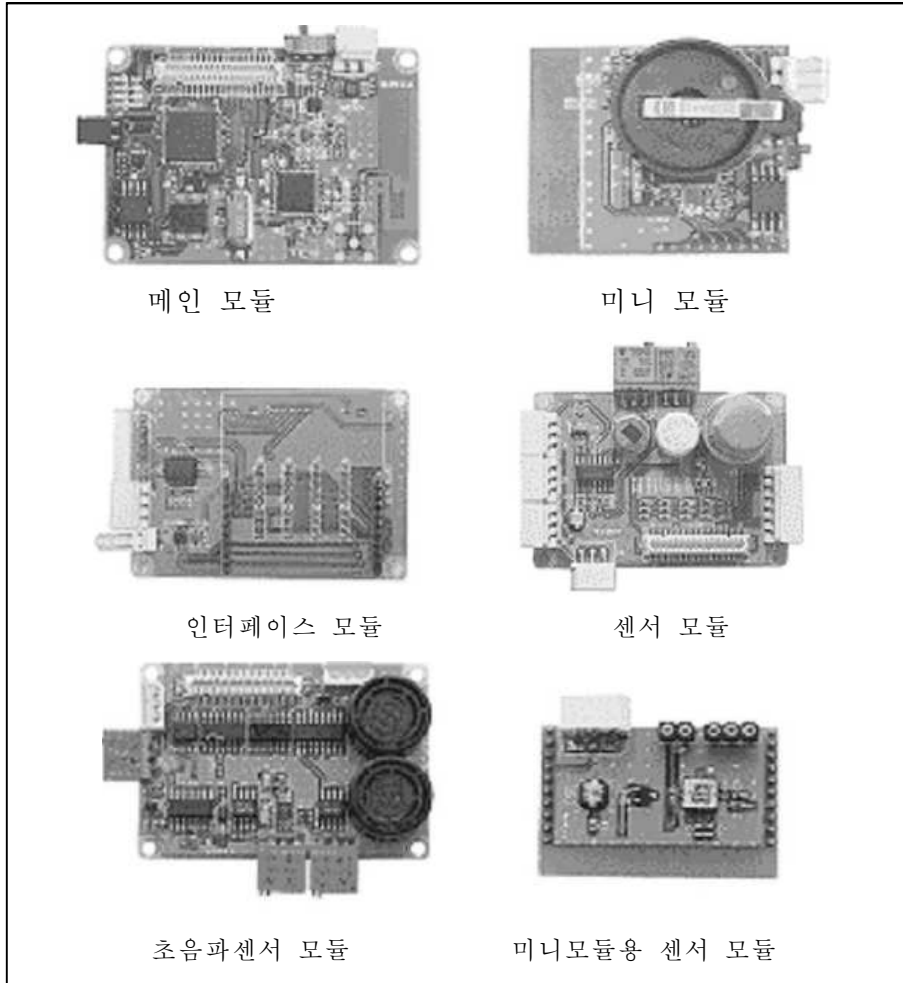
<그림 3-3> MICAz

iMote는 버클리대의 또 다른 산업체 파트너인 인텔에서 개발된 모트 시리즈로써 ARM 기반의 마이크로프로세서를 사용한다. 다른 노드에 비해서 메모리가 풍부한 것이 가장 큰 장점이다. 그 외에 블루투스(Bluetooth)를 사용하여 통신 속도도 다른 노드에 비해 뛰어나며 디지털 센서만을 이용한다.

Moteiv 회사에서 2004년 상반기에 출시된 Telos는 IEEE 802.15.4 표준을 지원하는 최초의 센서 노드이다. Chipcon사에 의해서 개발된 CC2420 ZigBee 무선칩을 이용하며, 최대 50m까지 통신이 가능하다. Crossbow Technology에서 최근 원격 센서 모듈인 MICAz를 발표했고, <그림 3-3>과 같다. 대체적으로 MICAz의 하드웨어 스펙은 MICA2의 스펙을 따르고 있지만, MICAz에는 위의 Telos와 마찬가지로 Chipcon사의 CC2420 RF 송수신 모듈이 포함되어 있다.

## (2) Nano-24 센서 하드웨어 플랫폼

국내에서 개발된 센서 노드 중 주목할 만한 것은 옥타컴사에서 개발한 Nano-24 센서 하드웨어 플랫폼으로 ETRI에서 개발한 센서 네트워크 운영체제인 Nano-Qplus가 포팅된 유일한 플랫폼이며, TinyOS도 포팅이 되어 있다. <그림 3-4>는 Nano-24를 구성하는 여러 모듈들을 보여준다. Nano-24의 메인 보드는 Crossbow사의 MICAz 메인 보드와 유사한 하드웨어 구성과 기능 모듈들을 갖고 있다. 또한 MICAz와 마찬가지로 Nano-24는 2.4~2.4835 GHz ISM 대역에서 동작하는 Chipcon사의 CC2420 RF 모듈을 채택하였다. 그리고 배터리 수명을 고려하여 상대적으로 낮은 하드웨어 전류 소모를 목적으로 설계되었고 배터리 모니터링 기능을 갖는다. 또한 조도, 온도, 습도, 적외선, 가스 누출 인식, 초음파, 그리고 가속도 센서로 구성된 다양한 센서 모듈들을 탑재하고 있다.



<그림 3-4> Nano-24 센서 하드웨어 플랫폼

### 3.2.2 무선 센서 네트워크의 운영체제

센서 네트워크를 구성하는 각각의 센서 노드는 마이크로 컨트롤러를 내장한 소형 컴퓨터 시스템으로 센싱 응용 처리와 노드 간 통신 등을 위하여 운영체제를 필수적으로 요구한다. 센서 네트워크의 동작 환경 및 구조가 기존의 네트워크와는 다르기 때문에 센서 네트워크의 운영체제 설계 시에도 특별한 조건들이 고려되어야 한다.



컴퓨팅 능력, 메모리, 전원 등 극도의 제한된 자원 하에서 무선통신 및 시스템 제어 기능을 제공함은 물론 데이터 중심의 프로그래밍, 환경 및 응용 프로그램의 다양한 변화에 대한 능동적인 대처를 지원할 수 있어야 하고, 다양한 이벤트에 반응하여 실시간으로 동시 처리할 수 있어야 한다. 또한 새로운 센서 하드웨어의 변화에 능동적으로 대처할 수 있도록 모듈 방식의 설계가 선호되고, 열악한 환경과 침입을 감지할 수 있고, 분산된 환경을 지원하여 네트워크 내의 동기화 및 위치 인식 기능도 추가적으로 요구된다. 대표적인 이벤트 기반 센서 네트워크 운영체제인 UC Berkeley의 TinyOS와 ETRI에서 개발된 Nano-Qplus 운영체제를 소개한다.

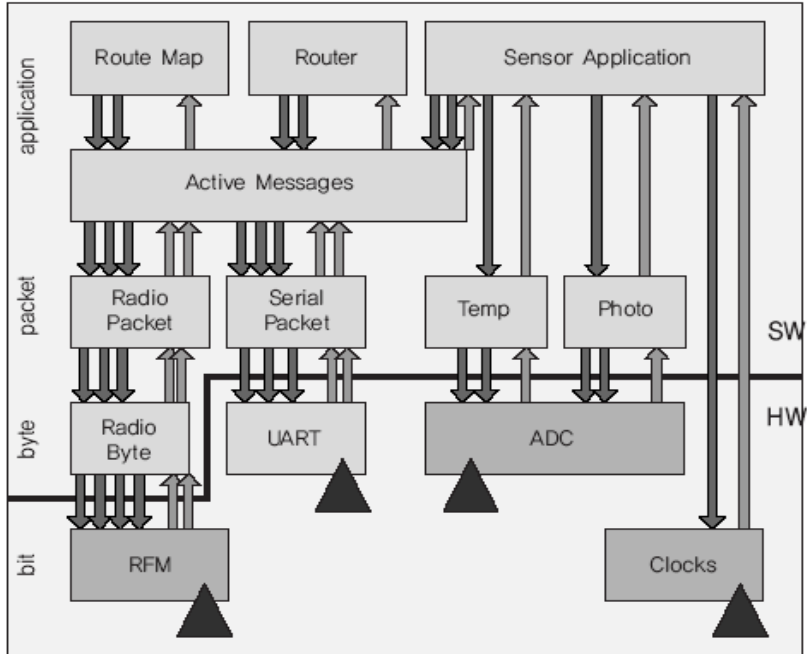
#### (1) 버클리대의 TinyOS

TinyOS는 이벤트 발생에 의한 상태 천이 방식을 채택한 상태 머신 기반의 프로그래밍 개념을 사용한 운영체제로써, 제한된 메모리 공간의 효율적인 이용과 프로세싱의 동시성 등을 지원해 주는 운영체제이다. TinyOS에서는 시스템 자원의 제약들 때문에 기존의 IP 프로토콜, 소켓, 쓰레드 개념들을 사용하지 않는다. 이러한 TinyOS의 특징을 크게 아래 3가지로 구분해 볼 수 있다.

첫째, 재사용 가능한 소프트웨어 컴포넌트(Component) 기반의 운영체제이며, 응용 프로그램은 하드웨어 컴포넌트의 입출력을 연결하듯 소프트웨어 컴포넌트의 입출력 인터페이스를 연결함으로써 작성된다. 둘째, 상태 머신 기반의 구조를 가지는 운영체제로써, 각각의 상태는 TinyOS의 컴포넌트가 해당된다. 각 컴포넌트의 커맨드(Command)와 이벤트(Event) 처리기는 한 상태에서 다른 상태로 빠르게 전이를 일으키며, 기본적으로는 하드웨어의 신호 처리와 같은 특성을 가지므로 적은양의 부가처리와 논-블러킹의 특성을 지닌다.

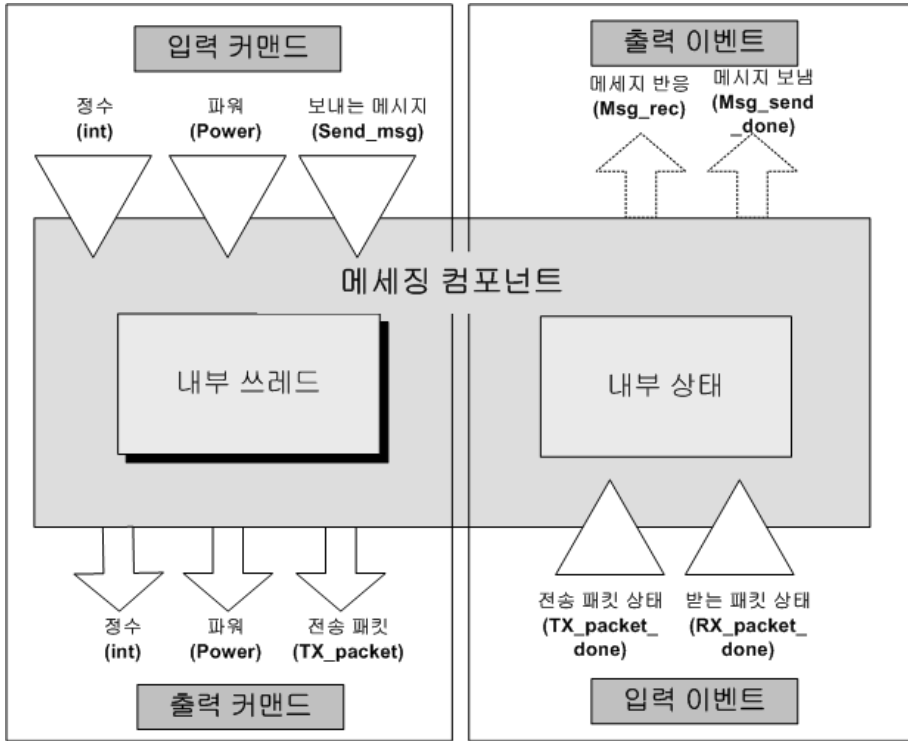
셋째, 센서노드의 중요한 요구사항의 하나인 저전력 소모를 구현

하기 위해 사용되지 않는 CPU의 사이클 동안 휴면 상태로 들어가 전력소모를 줄인다. 내부적으로 TinyOS 응용 프로그램은 <그림 3-5>와 같이 커맨드와 이벤트를 계층적으로 스케줄 하는 저전력 스케줄러와 컴포넌트의 상태 천이 그래프로 구성이 된다.



<그림 3-5> 컴포넌트 기반 TinyOS 응용 예

<그림 3-6>의 메시징 컴포넌트 내부 구성 예에서 나타난 바와 같이 각 컴포넌트의 인터페이스는 입력 커맨드와 출력 커맨드, 입력 이벤트와 출력 이벤트 4가지로 구성된다. 입력 커맨드는 자신의 컴포넌트에서 서비스하는 함수로 상위 컴포넌트가 해당 컴포넌트의 기능이 필요할 때 호출하는 것이며, 출력 커맨드는 하위 컴포넌트의 서비스를 호출할 때 사용한다. 입력 이벤트는 해당 컴포넌트의 이벤트 핸들러에 의해 처리되며, 하위의 컴포넌트가 해당 컴포넌트에 신호를 넘겨주기 위하여 사용되는 것이며, 출력 이벤트는 해당 컴포넌트가 상위의 컴포넌트에 신호를 전달하기 위해 사용된다.



<그림 3-6> TinyOS의 메시징 컴포넌트

## (2) ETRI Nano-Qplus

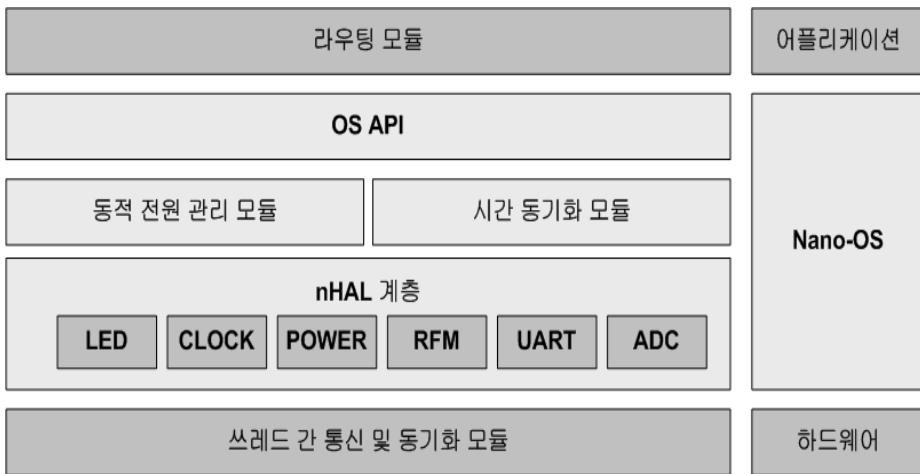
Nano-Qplus 운영체제는 ETRI에서 개발 중인 운영체제로 다음의 특징을 가진다.

첫째, 에너지 소모를 최소화하기 위하여 네트워크를 구성하는 노드들 간에 동기화된 시간을 기반으로 주기적으로 휴면(Sleep)과 활성(Active) 모드를 반복하면서 메시지를 효율적으로 처리한다. 둘째, 제한된 메모리의 사용을 최소화하기 위해 멀티쓰레드(Multi-thread) 간 스택(Stack) 공유한다. 셋째, 멀티 쓰레드 스케줄러(FIFO 방식, 시간 기반 라운드 로빈 방식, 우선순위에 따른 쓰레드 선점 방식)로 다양한 무선 통신 방식(433RF, ZigBee)을 지원한다. 넷째, 표준형 및 마이크로 임베디드 운영체제의 응용프로그램 인터페이스(API; Application Program Interface) 세트를 지원하여 기존 시스템 프로

그럼 개발자에게 친밀감을 제공한다.

Nano-Qplus는 <그림 3-7>과 같은 구조를 가지고 있으며, nHAL (nano Hardware Abstract Layer) 계층에서는 센서 노드의 하드웨어 (LED, CLOCK, POWER, RFM, UART, ADC 등)를 컴포넌트별로 추상화시켜 상위 기능 모듈들에게 하드웨어 컴포넌트 제어를 용이하도록 하며, 운영체제(OS; Operating System)의 주요 기능을 모듈 단위로 구현하여 전체 시스템을 구성하는 단계에서 추가/삭제가 가능하도록 한다. 또한 각각의 운영체제 모듈에서 상위 응용에게 API를 제공하도록 한다.

각 모듈의 기능을 보면 동적 전원 관리 모듈은 시스템이 동작하는 과정에서 처리할 태스크가 없는 경우에 전원 소비가 낮은 실행 모드로 전환하여 배터리 에너지를 절약하도록 하여 노드뿐만 아니라 네트워크 전체의 생존 시간을 늘리는 역할을 수행한다. 시간 동기화 모듈은 센서 노드들이 시간에 대한 동기를 유지하는 기능을 제공하는 모듈이며, 각 센서 노드들의 동기화 모듈간의 협력 작업을 통해 전체 센서 네트워크의 동기화를 실현할 수 있다.



<그림 3-7> Nano-Qplus 구조

라우팅 모듈은 외부의 어떤 중재나 개입이 없이 센서 노드들 스스로가 네트워크를 형성하여 메시지를 교환할 수 있도록 하는 모듈로써 초기에 네트워크가 형성된 후, 새로운 노드가 추가되더라도 네트워크가 동적 재구성이 가능하도록 하는 역할을 수행한다.

쓰레드 간 통신 및 동기화 모듈은 나노 OS의 다중 쓰레드 기반 운영체제로써 쓰레드들 간 협업을 위해 메시지 교환이 가능하도록 하며, 또한 여러 쓰레드들이 공유하는 자원 접근 시 충돌을 막기 위해 동기화를 맞추어 주는 역할을 수행한다[12]~[17].

### 3.2.3 무선 센서 네트워크의 소프트웨어

무선 센서 네트워크 소프트웨어 개발을 위하여 사용되는 프로그래밍 언어는 NesC이다. 이 언어는 TinyOS의 구조적인 개념들과 실행 모델들을 구현하기 위해 사용되었다. 이는 어플리케이션 개발자들에게 센서 네트워크와 같은 임베디드 네트워크 시스템들의 구현을 지원하기 위한 새로운 프로그래밍 영역을 제공해 주고자 개발된 프로그래밍 언어이다.

이러한 센서 네트워크는 초소형, 초저전력의 특징을 갖는 모트들로 구성이 되며, 이들 모트는 동시에 동작이 되어야하고, 작은 메모리와 적은 파워 소비라는 제한된 한계를 가지고 동작해야한다.

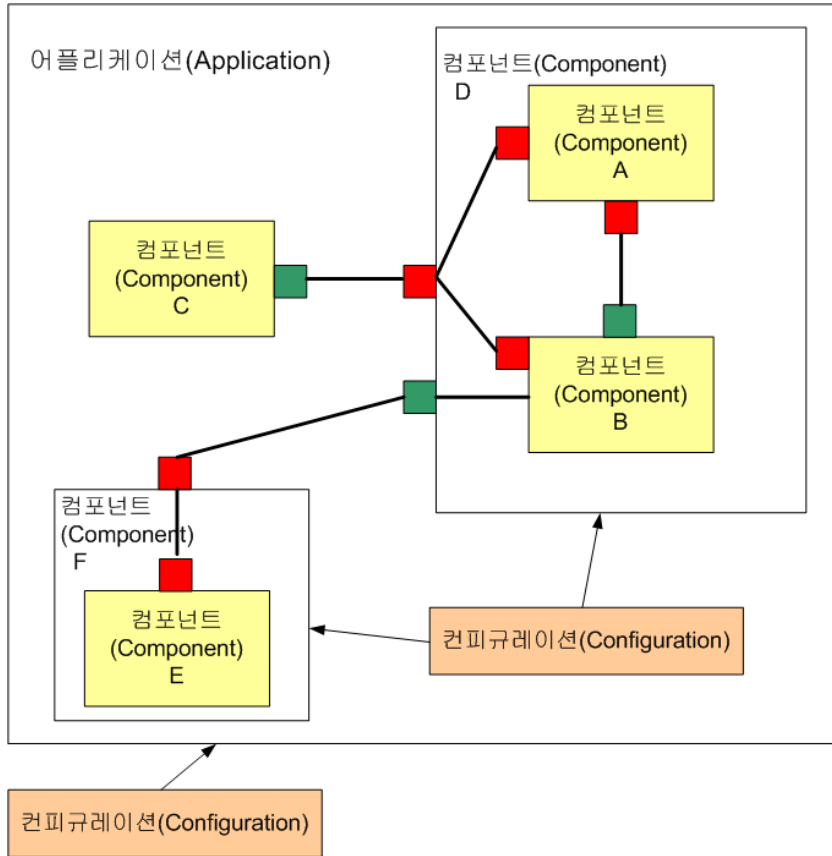
위에서 언급되어진 TinyOS는 모트와 같은 작은 메모리들, 작은 외형 사이즈, 제한적인 파워 소비 등의 한정적인 자원을 갖고서 운용되는 센서 노드들을 위해 디자인된 이벤트 기반의 운영 체제를 의미한다.

NesC와 TinyOS는 현재 전 세계의 100여개 이상의 네트워크 연구

그룹들에 의해서 채택되어 활발히 사용되어지고 있다. 이와 같이 NesC 프로그래밍 언어가 센서 네트워크와 같은 여러 중요한 센서 어플리케이션 분야에 널리 사용될 수 있는 이유는, 새로운 분야인 임베디드 네트워크 시스템들에 의해서 요구 되는 복잡성과 동시성을 충분히 지원해 줄 수 있는 프로그래밍 언어이기 때문이다.

NesC는 TinyOS의 특성들을 지원하기 위해 고안된 프로그래밍 언어이다. 즉, NesC 어플리케이션들은 컴포넌트와 양방향의 인터페이스들로 구성되고, 태스크와 이벤트들에 기반된 동시성 모델을 제공한다. NesC는 커다란 관점에서 보면, C 언어의 확장 정도로 볼 수 있다. 이처럼 C 언어에 근거를 둔 이유는, C 언어가 마이크로 컨트롤러들을 위한 효율적인 코드 생성이 가능하고, 하드웨어에 액세스하기 위해 필요한 기본적인 특성들의 지원이 가능하며, 기존의 C 코드와 상호작용이 단순하다는 장점 때문이다. 물론 기존의 많은 프로그래머들이 C 언어에 익숙해져 있다는 점도 NesC가 C 언어에 근거를 둔 큰 이유이다. 하지만, 위에서 언급한 C 언어의 장점만으로는 NesC의 초소형, 초저전력, 컴포넌트 기반의 구조라는 특성을 만족시키는 데에는 부족함이 있다. 즉, C 언어는 안전한 코드를 만든다는 점에서는 커다란 도움이 되지 못하며, “어플리케이션들을 구조화해야 한다.”라는 부분에서도 만족스럽지 못하다. 결국 NesC는 컴포넌트라는 개념에 기반 하여 TinyOS 이벤트 기반의 동시성을 지원하고, 공유된 데이터의 동시 액세스가 가능하게 되었다.

NesC에서의 특징들을 살펴보면, <그림 3-8>과 같이 NesC는 컴포넌트로 구성되는데 이러한 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. 컴포넌트들은 인터페이스들을 제공하거나 사용한다.



<그림 3-8> NesC의 구조

즉, 이러한 인터페이스들이 컴포넌트에 액세스하는 유일한 통로를 제공하는 것이다. 특히, 인터페이스는 양방향이라는 특성을 갖는데, 이는 커맨드와 이벤트를 포함하므로써 가능하다.

예를 들면, 제공자는 인터페이스가 커맨드를 구현하는 반면에 사용자는 이벤트를 구현하는 것이다. NesC의 또 다른 큰 특징은 동시성이다. 이러한 동시성을 확보하기 위해서 두 가지의 방법을 사용한다. 즉, 태스크(Task)와 아토믹(Atomic) 구문이다.

태스크의 경우에는 동시성 위반 예상 코드 부분을 태스크로 따로 설정한 후 포스트(Post)를 이용하여 연기함으로 동시성을 보장할 수 있고, 아토믹의 경우에는 동시성 위반 예상 부분을 아토믹 구문

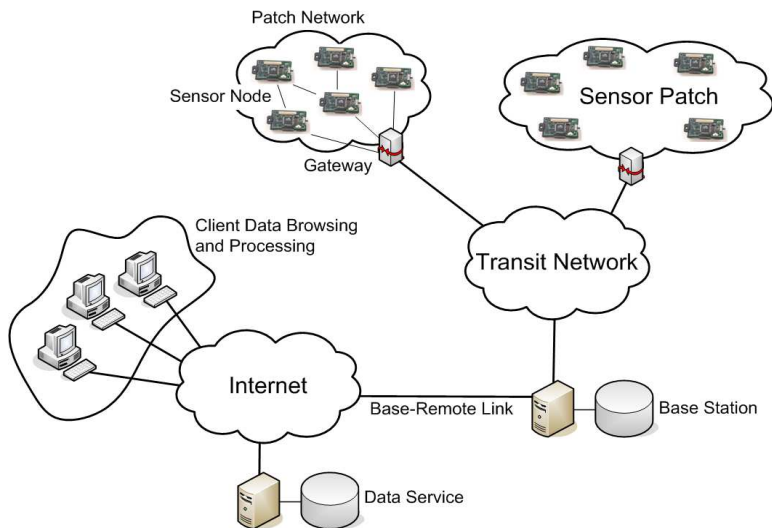
내로 삽입하여 사용하면 NesC에서 동시성을 보장받을 수 있다.

센서 네트워크 어플리케이션 개발을 위한 NesC는 TinyOS에서 요구하는 기능인 환경반응성, 동시성, 통신 등을 포함한 기능들을 제공할 수 있으며, 전체 프로그램 최적화와 컴파일 타임 데이터 검출을 수행하여 센서 네트워크의 어플리케이션 개발이 용이하고, 또한 코드 사이즈를 줄일 수 있으며, 발생 가능한 많은 버그들을 제거할 수 있게 해준다[18],[19].

### 3.3 무선 센서 네트워크에 관한 연구현황

#### 3.3.1 바다제비 서식지 모니터링 시스템

무선 센서 네트워크를 이용한 서식지 모니터링 시스템은 무인도에서 바다제비 서식지에 관한 주변 정보 데이터를 측정하기 위하여 4개월 동안 온도, 습도, 기압 등의 정보를 수집한 것이다.



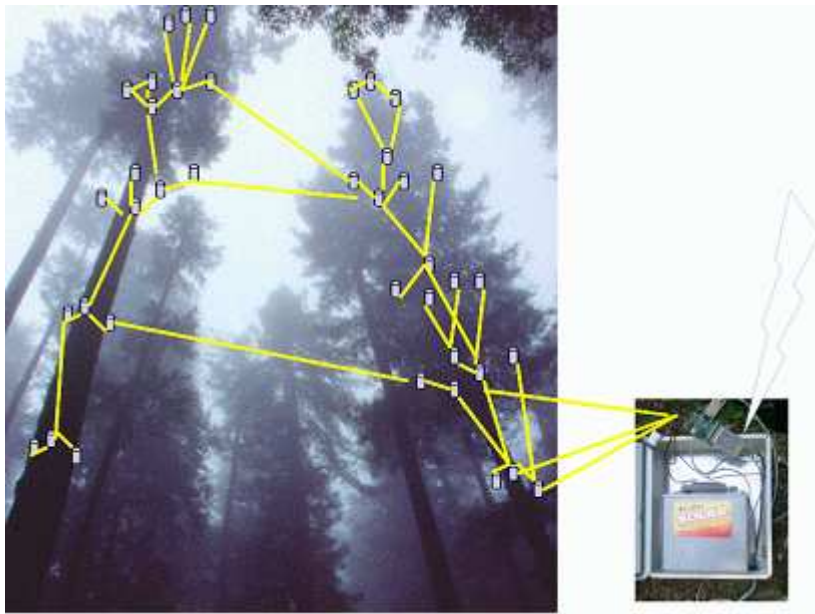
<그림 3-9> 서식지 모니터링 구성도



바다제비의 서식지 모니터링을 위하여 광 검출, 온도, 습도, 기압, 적외선 검출 센서를 사용하였다. 센서들은 모트에 부착되어 있고, 게이트웨이를 통해서 서버로 데이터를 전송하게 되어 있다. 그리고 서버에서는 인터넷과 연결되어 있어 자료를 웹에서 볼 수 있게 하였다. <그림 3-9>의 서식지 모니터링 구성도를 보면 작은 네트워크가 구성되어 있고 데이터 전송은 게이트웨이를 통해서 서버로 통신하게끔 구성되어 있는 것을 알 수 있다[22].

### 3.3.2 미국 삼나무 숲 모니터링 시스템

미국 삼나무의 생활을 무선 센서 네트워크로 모니터링 하였다. 이 지역의 삼나무 숲은 일정한 온도를 항상 유지하는데 생물학자들은 원인 규명을 제대로 하지 못하였다.

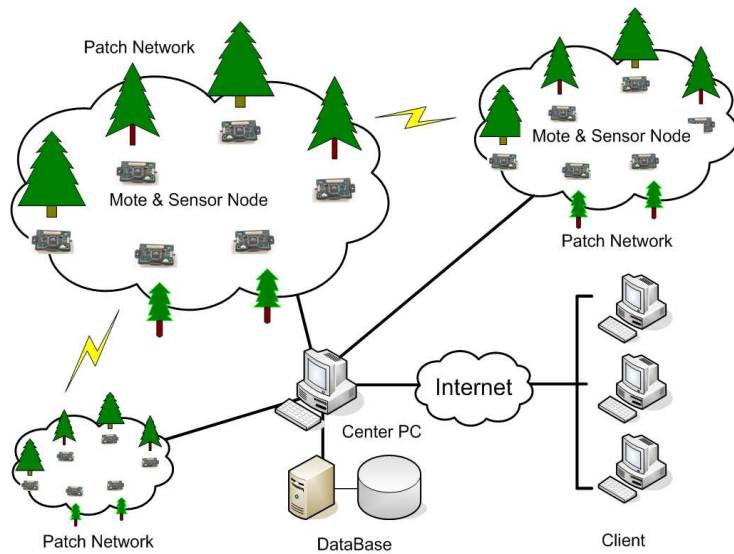


<그림 3-10> 삼나무 숲의 무선 센서 네트워크

그래서 <그림 3-10>과 같이 무선 센서 네트워크를 설치하여 원인 규명을 위해 자료를 수집하였다. 삼나무는 대략 70미터 정도의 길이를 가지고 있다. 여기에 높이 2미터 마다 노드를 설치하였고, 매 5분마다 44일 동안 온도, 습도, 빛을 측정하여 생물학자에게 데이터를 제공하였다. 생물학자들은 이 데이터를 보고 이 지역의 삼나무 숲의 특성을 파악하게 되었다. 이것은 무선 센서 네트워크의 노드로부터 새로운 데이터를 획득하였으며 중요한 자료로 사용할 수 있다는 것을 보여주고 있다[21].

### 3.3.3 수목 관리 시스템

국내의 도시는 회색도시에서 녹색도시로 바꾸기 위하여 많은 노력을 기울이고 있다. 예를 들면, 부산시에서 주요 정책 중 하나로 진행 중인 ‘녹색도시 부산21’을 들 수 있다.



<그림 3-11> 수목 관리 시스템

부산시에서는 많은 비용을 거리 공간의 녹지화를 위해 투자하고 있다. 여기서 조정하는 수목은 적어도 한 그루당 수백에서 수천만원까지의 가격을 형성하고 있다.

지금의 수목 관리정책으로는 관리 업체가 맡고 있거나 시에서 직접 관리하고 있다. 이것은 일정에 따른 수동적 관리이므로 많은 문제점을 가지고 있다. 그러나 무선 센서 네트워크를 이용하면 기지국의 단말기를 통해 효과적으로 수목을 관리 할 수 있다. 이 시스템을 수목 관리 시스템이라고 한다.

<그림 3-11>과 같이 수목 관리 시스템은 무선 네트워크상에서 각 수목에 부착되어있는 노드를 통해서 전송된 수목의 정보를 서버에서 실시간으로 모니터링 하여 무선 네트워크를 통해 기지국으로 수목 정보를 전송한다. 전송 된 데이터를 이용하여 일/월/년 간 관리 계획 및 수목의 현황, 상태 파악을 실시간으로 할 수 있다. 그리고 도심의 수목 연구를 위한 기초정보를 제공할 수도 있다. 따라서 수목 관리를 신속히, 능동적으로 할 수 있다[22].

## 제 4 장 적조 모니터링 시스템의 설계

### 4.1 적조 모니터링 시스템의 하드웨어 설계

적조 모니터링 시스템은 무선 센서 네트워크에서 수온, 용존 산소량, 탁도, 조도, 위성 위치 확인 시스템(GPS; Global Positioning System)으로 정보를 수집하여 무선인터넷, 위성통신, 부호 분할 다중 접속(CDMA; Code Division Multiple Access)의 통신수단을 통하여 기지국의 적조 데이터베이스에 저장한다. 적조 데이터베이스는 이전의 기온, 강수량, 일조시수, 일사량, 바람 등의 기상인자를 포함하고 있어 전송된 정보와 비교하여 유해적조 유무를 판별하게 된다. 그리고 무수히 많은 노드로 구성된 무선네트워크상에서 수집된 수온, 용존산소량, 탁도 정보는 상호 이웃하는 노드 정보 값을 비교할 수 있다. 이 비교치 값을 이용하여 더 정확한 유해적조 판별을 가능하게 할 수 있다.

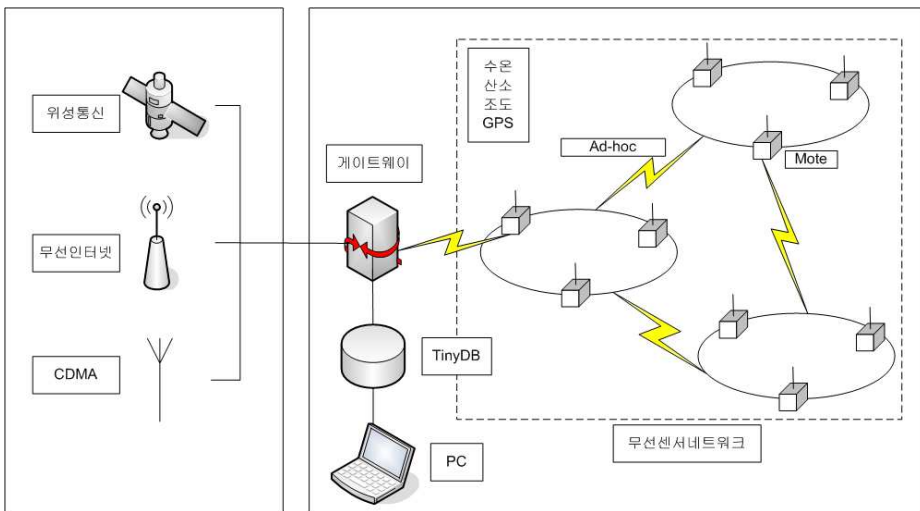
이에 각 영역을 무선 센서 네트워크로 구성하여 센서값을 측정하는 부분을 측정부라 하고, 수집된 데이터를 기지국으로 전송하는 부분을 통신부라 하고, 전송된 데이터를 적조 데이터베이스에 저장하고 적조 모니터링 소프트웨어로 처리하는 부분을 처리부라고 정의한다.

#### 4.1.1 측정부

적조 모니터링 시스템에서 측정부는 무선 센서 모듈들로 <그림 4-1>과 같이 무선 네트워크로 구성되어 있다. 모듈은 수온, 탁도, 용존산소량, 조도, GPS를 가지고 있다. 그리고 각 모듈들은 일정 반

경으로 구성된 노드(Node)로 구분되어 진다. 노드는 Ad-hoc 네트워크로 구성되어 수집된 정보를 정해진 시간에 측정하여 게이트웨이로 전송한다.

따라서 모트들은 많은 제약사항을 극복해야 한다. 첫째, 저전력으로 동작되어야 한다. 수많은 모트들의 전원을 고려하지 않는다면 배터리를 교체하기 위해 많은 인력, 시간, 비용이 들어 갈 것이다. 둘째, 무선통신을 가능한 먼 거리를 지원 할 수 있어야 한다. 왜냐하면 해양환경과 육상환경은 많이 다르다. 육상에서는 모트들은 일정 간격에 따라 부착하면 되지만 해상에서는 모트를 설치 시 많은 애로사항이 따르기 때문이다. 셋째, 가장 중요한 요소로써 해양환경에 특성이 강한 하드웨어를 개발해야 한다. 해상에 사용될 하드웨어는 염분, 바람 등의 자연환경요소를 극복해야 하기 때문이다. 그러나 본 논문에서는 위와 같은 요소를 극복할 수 있는 하드웨어를 개발하는 것 보다는 적조 데이터베이스 구축과 데이터 처리를 중점적으로 다루기 때문에 모트는 일반 시중에서 구매할 수 있는 것으로 사용하였다.



<그림 4-1> 측정부



<그림 4-2> TIP30CM 보드와 TIP51CM 보드

<표 4-2> TIP 51/30CM 보드사양

Item	TIP51CM	TIP30CM
Processor	MSP430 F149	8bit RISC, 8MHz
Memory	256KB Program Flash	128KB Program Flash
OS	TinyOS	TinyOS
Multi-channel Radio	2.4 / 2.4835 GHz	868/916MHz
Data Rate	250Kbyte	38Kbaud
Sensor	Light, Temperature, Humidity	Light, Temperature, Humidity
Network	Multi-hop and Ad hoc	Multi-hop and Ad hoc
Interface	USB(UART)	Serial (UART)
Power	3.0~3.3V	3.0~3.3V
Range	70m in lab	20m in lab

본 논문에서 사용된 모트는 (주)맥스포사에서 개발한 TIP시리즈를 사용하였다. <그림 4-2>는 TIP30CM 보드와 TIP51CM 보드를 나타낸다. TIP30CM 보드는 습도, 온도, 조도 센서가 부착되어 있고, 외부에서 GPS를 연결할 수 있다. 그리고 TIP51CM 보드는 조도센서가 부착되어 있고 통신거리가 70m 정도까지 가능하다.

각 모트에서 수집된 정보는 먼저 게이트웨이에 모두 취합된다. 게이트웨이의 역할은 첫째, 원격지 데이터베이스 관리를 한다. 게이트

웨이는 저사양에서 동작되는 임베디드 보드를 사용하기 때문에 데이터베이스의 공간은 매우 작다. 그래서 TinyOS의 TinyDB 데이터베이스를 제공하는데 이것은 무선 센서 네트워크의 수집된 데이터를 효율적으로 관리할 수 있다. 둘째, 전송 제어를 담당한다. 적절한 전송상황을 판별하며 데이터를 기지국으로 전송한다.

#### 4.1.2 통신부

통신부는 <그림 4-1>의 측정부에서 수집된 데이터를 기지국으로 전송한다. 이 때 전송방법은 위성통신, 무선인터넷, CDMA로 크게 나눌 수 있는데, 통신 상황에 따라 적용할 수 있다. 위성통신은 원거리에서 측정할 때, CDMA는 이동통신이 가능한 곳에서 그리고 육상근처에서는 무선인터넷을 사용하여 수집된 데이터를 전송할 수 있다.

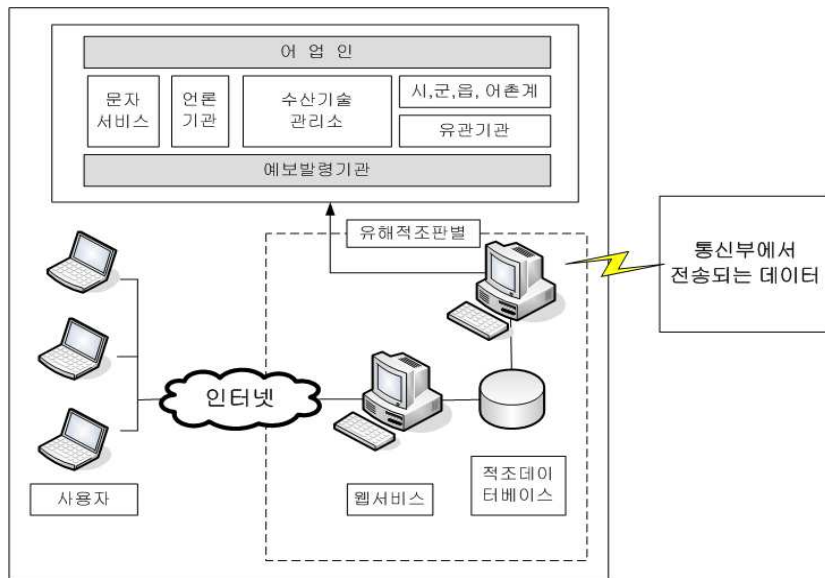
#### 4.1.3 처리부

처리부는 <그림 4-3>과 같이 통신부에서 전송된 데이터를 저장, 관리하는 적조 데이터베이스가 있다. 그리고 적조 데이터베이스를 이용하여 유해적조를 판별하고 예보발령기관으로 통보하는 적조 모니터링 소프트웨어와 사용자에게 데이터를 제공하는 웹서비스로 구성되어 있다.

##### (1) 적조 데이터베이스

처리부에는 통신부에서 전송된 데이터를 저장, 관리하는 적조 데이터베이스가 있다. 적조 데이터베이스는 적조생물정보, 발생정보,

노드정보로 구성되어 데이터를 저장하고 관리한다. 적조데이터베이스는 유해 적조 판별시 매우 중요한 자료로 사용된다. 왜냐하면 기상인자를 활용한 연안 적조예측기술에서 기온, 수온, 강수량, 일사량, 바람, 용존 산소량 등의 여러 가지 인자들의 결합으로 적조발생의 확률 지수를 산출하여 적조를 예측할 수 있기 때문이다.



<그림 4-3> 처리부 구성

(2) 웹서비스

적조 데이터베이스가 웹서비스와 연결되어 실시간 정보를 사용자에게 제공한다. 사용자가 인터넷으로 웹페이지에 접속하면 적조상황 및 적조에 관한 상세한 정보를 제공해 준다. 그리고 사용자 등록시 많은 정보를 이용할 수 있도록 한다.

(3) 적조 모니터링 소프트웨어

적조 데이터베이스와 연동하여 적조 생물 정보를 관리할 수 있고, 이전의 적조 발생 정보를 전자해도 상에서 사용자의 검색 조건에

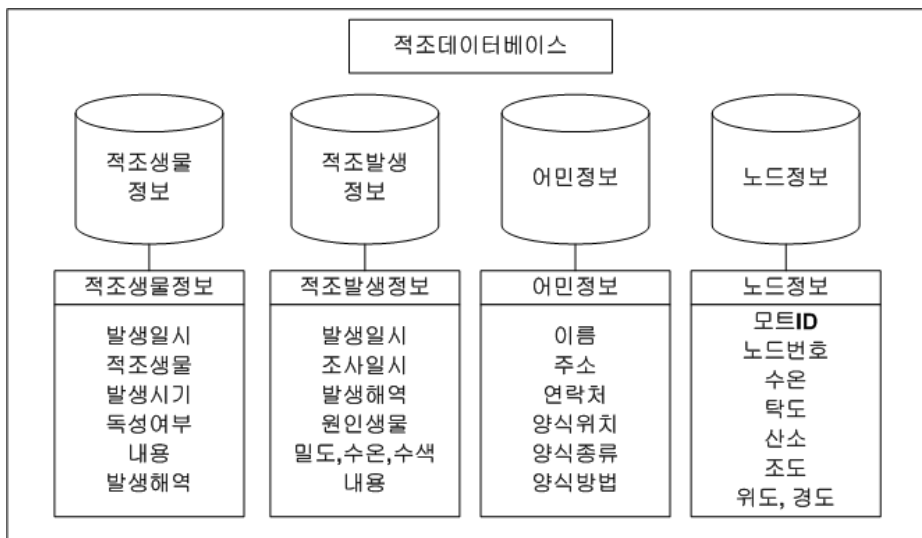


따라 볼 수 있다. 그리고 모트로 구성된 노드정보와 노드의 이상 유무를 파악 할 수 있으며, 유해적조 판별 시 예보발령기관으로 적조 정보를 전송한다.

#### (4) 적조예보 발령

유해적조 판단과 동시에 예보발령기관으로 정보를 전송하는데 여기서는 어업인들에게 신속, 정확하게 경보방송을 하기 위한 시스템이 구축되어 있다. 예보발령기관이 적조가 발생했다고 판단하면 가입된 어업인들에게 문자서비스로 통보하며, TV, 라디오의 언론매체, 수산기술관리소를 통한 무선방송 그리고 시, 군, 읍·면, 어촌계를 포함하는 유관기관에게 알려 어업인들이 빠른 대처를 할 수 있도록 한다.

## 4.2 적조 데이터베이스의 설계



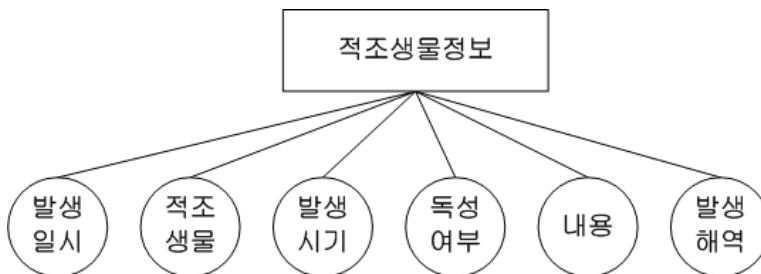
<그림 4-4> 적조 데이터베이스의 구성

적조 데이터베이스는 측정부에서 수집된 정보를 효율적으로 저장하고, 이 정보로 유해적조 판별을 하게 된다. 그리고 신속히 어민에게 상황을 방송한다. 이 모든 것이 적조 데이터베이스에 의해 관리된다.

적조 데이터베이스의 설계를 위해서 몇 가지 고려사항이 있다. 첫째, 적조 데이터베이스는 적조 모니터링 시스템을 위한 기반 자료이다. 둘째, 생물학자들에게 데이터를 제공해야 한다. 셋째, 웹서비스를 제공해야 한다. 넷째, 유해적조 판별시 어민들에게 신속히 방송해야 한다. 따라서 <그림 4-4>와 같이 적조 데이터베이스를 설계하였다. 적조 데이터베이스는 적조생물정보, 적보발생정보, 어민정보, 노드정보 테이블로 구성되어 있다. 그리고 각 필드로 구성되어 데이터가 저장된다.

#### 4.2.1 적조생물정보

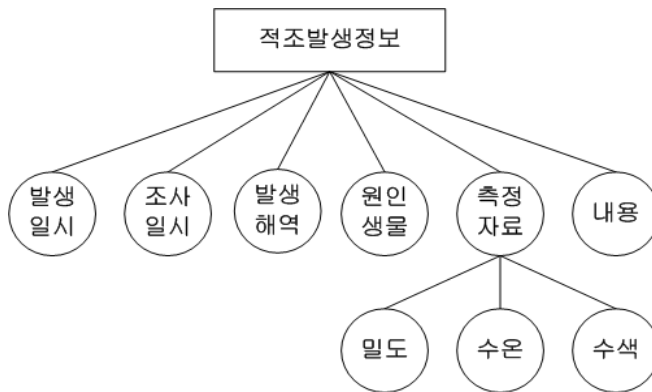
적조생물정보는 기본 적조생물 정보와 우리나라에서 과거에 발생된 정보를 포함하고 있어야 한다. <그림 4-5>와 같이 발생일시, 적조생물, 발생시기, 독성여부, 내용, 발생해역으로 나눌 수 있다.



<그림 4-5> 적조생물정보의 개념화

## 4.2.2 적조발생정보

국립수산과학원에서 적조발생정보를 <그림 4-7>과 같이 속보로 전하는데 이와 같은 정보를 모두 포함해야 한다. 첫째, 날짜는 발생일과 조사일로 구분하고 있다. 둘째, 발생해역이다. 셋째, 원인생물, 밀도, 수온, 수색으로 측정 및 분석한 자료이다. 넷째, 진행상황과 앞으로의 전망이다. 그리고 마지막으로 수산피해를 나타낸다. 따라서 <그림 4-6>과 같이 적조발생정보를 개념화 할 수 있다.



<그림 4-6> 적조발생정보의 개념화

## 4.2.3 어민정보

적조발생시 신속한 정보를 어민들에게 알리기 위하여 어민정보를 필요로 한다. 이것은 적조발생해역에 가까운 어장의 어민들에게 정보발령을 하기위해 이다. 이를 위해 어민의 긴급연락처 및 주소를 포함하고 있어야 한다. 따라서 <그림 4-8>과 같이 어민정보는 이름, 주소, 전화번호, 면허번호, 그리고 면허기간으로, 어장정보는 양식어업의 종류, 양식방법, 어업위치로 나눌 수 있다.

적조발생 상황보고 (2005. 11. 30)

1. 조 사 일 시 : 2005. 11. 30.
2. 발 생 해 역 : 완도군 신지면 ~ 금일읍

발생해역	원인 생물	밀도 (cells/ml)	수온 (℃)	수색	발생일 (조사일)
금일읍 월송리 해역	Heterocapsa sp.	4,000~9,000	13.5	열은 황녹색	11.28(11.30)

3. 적조원인 생물 및 밀도

※ 본 *Gymnodinium* sp.를 정밀 분석한 결과 *Heterocapsa* sp.로 동정됨/무해성 적조로써 우리나라에서 수산피해 사례는 없음

4. 진행 상황

- 주 발생해역인 금일읍 월송리 해역은 현재 내만 해역의 적조 띠가 넓게 퍼져 있음

5. 금후전망

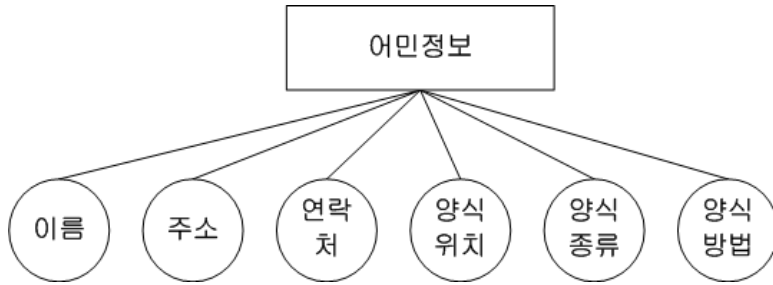
- 서서히 소멸하고 있는 단계임

6. 수산 피해 : 없음

무해성 적조발생 해역도



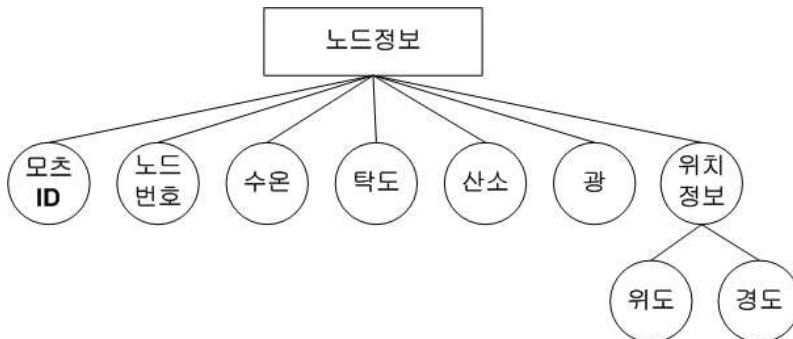
<그림 4-7> 국립수산과학원 적조 발생 속보의 예



<그림 4-8> 어민정보의 개념화

#### 4.2.4 노드정보

무선 센서 노드들은 수백개 이상 뿌려져 있기 때문에 한 번에 저장되는 데이터는 엄청나다. 그래서 무선 센서 노드에서 수집된 정보를 효율적으로 저장하도록 해야 한다. 그리고 검색, 분류, 비교가 편하도록 구성되어야 한다. 따라서 <그림 4-9>와 같이 각 노드별로 수온, 탁도, 용존산소량, 조도 센서 그리고 GPS 정보를 표시하도록 구성하였다.



<그림 4-9> 노드정보의 개념화

## 제 5 장 적조 모니터링 시스템의 구현

### 5.1 적조 모니터링 시스템의 하드웨어 구현

적조 모니터링 시스템의 구현은 측정부, 통신부, 처리부로 나눌 수 있다. 측정부에서는 센서노드가 데이터 값을 수집하여 게이트웨이로 보낸다. 게이트웨이는 수집된 데이터 값을 한 곳에 통합하여 통신부를 통해서 기지국에 있는 처리부로 데이터 값을 전송한다. 이 데이터 값을 처리부에서는 처리하여 적조 유무를 판별, 데이터를 저장하게 된다. 위와 같이 정상적으로 시스템을 구현하기 위해서는 많은 비용과 연구단체들의 협력을 필요로 한다. 따라서 본 논문에서는 완성에 가까운 시스템 보다는 프로토타입 시스템을 구현하여 유동적으로 활용할 수 있도록 하였다.

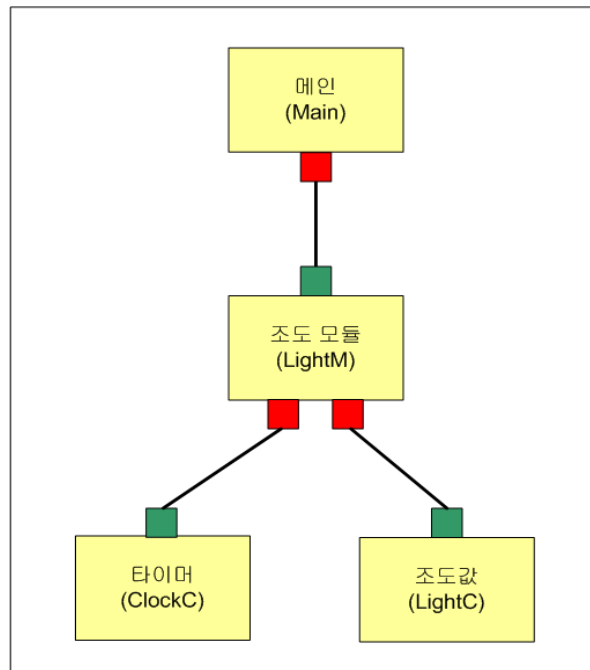
측정부에서는 적조판별의 기상인자 중 하나인 조도를 측정하고, 이 데이터를 게이트웨이가 수집한다. 그리고 무선인터넷을 통하여 기지국으로 전송한다. 기지국에서 이 값을 적조 데이터베이스에 저장하고 적조 모니터링 소프트웨어를 이용하여 관리자가 볼 수 있게 한다. 마지막으로 웹서비스를 제공하기 위한 방법을 제시한다.

측정부의 무선센서 노드에서 조도를 측정하기 위해서 보드는 TIP51CM을 사용하였고, 게이트웨어도 같은 보드를 사용하였다. 그리고 통신부에서는 무선인터넷을 이용하여 데이터를 전송하도록 하였다. 처리부에서 적조 모니터링 소프트웨어는 알맵사에서 제공하는 소프트웨어 개발 도구(SDK; Software Developer's Kit)를 사용하였고, 적조 데이터베이스와 웹서비스를 위해서 마이크로소프트사의 액세스(Access) 2003과 MS-SQL(Microsoft Structured Query Language)을 사용하였다.

### 5.1.1 측정부

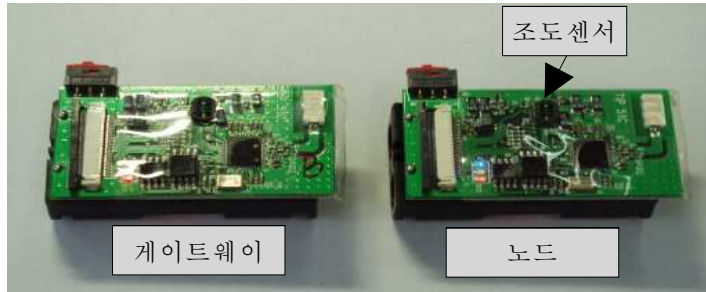
#### (1) 무선노드

무선 센서 네트워크의 노드는 TIP51CM 보드를 사용하였다. 내부 프로그램은 NesC로 작성하였고, 동작은 조도센서에 의한 데이터 수집을 주기적으로 하였다. 수집된 데이터는 게이트웨이로 전송된다.



<그림 5-1> NesC 조도센서 구성

<그림 5-1>은 조도 모듈을 나타내고, 타이머 구성과 조도 구성을 사용하고 있다. 이렇게 작성된 NesC를 컴파일하면 \*.ihex 파일이 생기는데 이것을 TIP51CM 보드로 다운로드 한다. <그림 5-2>의 무선노드 동작모습을 보면 파란색, 빨간색 LED가 켜져 있는 것을 볼 수 있는데, 파란색은 센서가 이상 없이 데이터를 측정하고 있고, 빨간색은 데이터를 게이트웨이로 전송하고 있다는 것을 나타낸다.



<그림 5-2> 무선노드 동작모습

## (2) 게이트웨이

게이트웨이를 동작시키기 위해서는 게이트웨이 역할을 하는 노드를 만들어야 하며 이것은 주로 임베디드 보드를 사용한다. 그러나 본 논문에서는 TIP51CM 보드를 게이트웨이로 대체 사용하였다.

게이트웨이 역할은 노드에서 수집한 정보를 분석하고 통신부에 데이터를 전송하는데 있다. 이와 같이 동작하는 프로그램을 TOSBase 라고 한다. 그리고 컴파일 후 만들어진 파일은 <그림 5-3>와 같이 main.ihex 파일을 TIP51CM 보드로 다운로드 할 수 있다. 그리고 직렬 포트(Serial Port)를 열어야 데이터를 수신 받을 수 있는데, SerialForwarder 프로그램으로 가능하다.

```

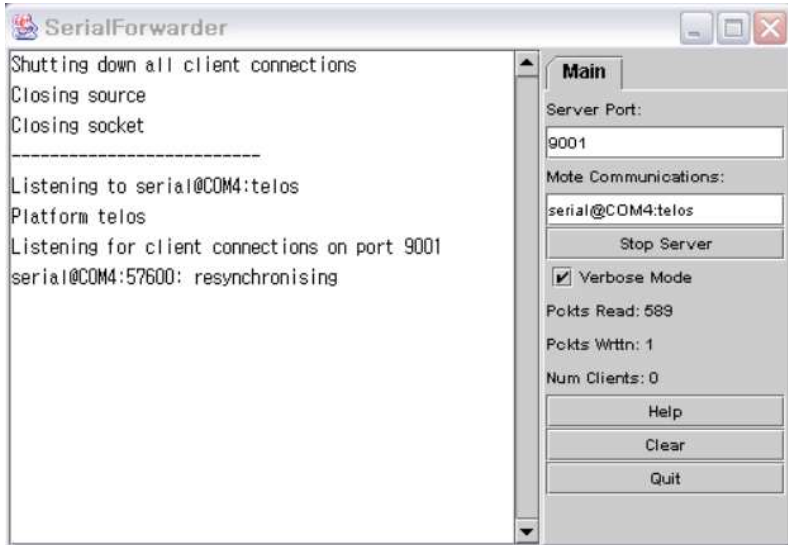
C:\opt\tinyos-1.x\apps\TOSBase
B.Skill@DSkill-ME11 ~
$ cd /opt/tinyos-1.x/apps/TOSBase/

B.Skill@DSkill-ME11 /opt/tinyos-1.x/apps/TOSBase
$ make install telosa
mkdir -p build/telos
  compiling TOSBase to a telos binary
nec -o build/telos/main.exe -Os -mdisable-hwmul -I/opt/tinyos-1.x/tos/lib/CC2420Radio -I/opt/tinyos-1.x/tos/lib/Flash -fnesc-target=msp430 -gcc=msp430-gcc -mcpu=msp430x149 -Wall -Wshadow -DDEF_IOS_AM_GROUP=0x7d -Wnesc-all -target=telos -fnesc-cfile=build/telos/app.c -board= -DIDENT_PROGRAM_NAME="TOSBase" -DIDENT_PROGRAM_NAME_BYTES="84,79,83,66,97,115,101,0" -DIDENT_USER_HASH=0x94a9c44aL -DIDENT_UNIX_TIME=0x4242636eL TOSBase.nc -ln
C:/Develop/TinyOS/cygwin/opt/tinyos-1.x/tos/lib/CC2420Radio/CC2420RadioM.nc:115: warning: 'send.sendDone' called asynchronously from 'sendFailed'
  compiled TOSBase to build/telos/main.exe
10460 bytes in ROM
1403 bytes in RAM
msp430-objcopy --output-target=ihex build/telos/main.exe build/telos/main.ihex
cp build/telos/main.ihex build/telos/main.ihex.out
$

```

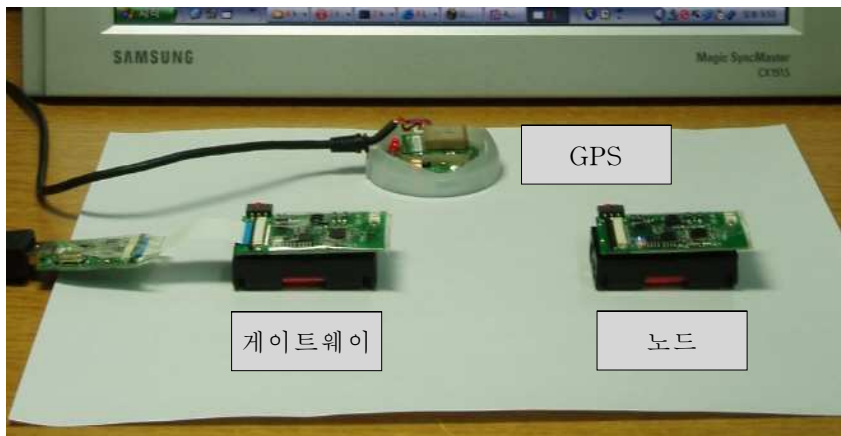
<그림 5-3> ihex 파일 다운로드 과정





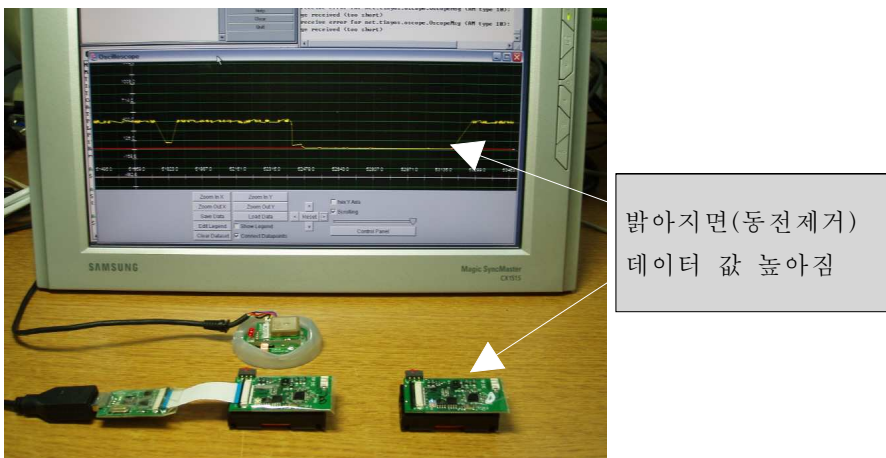
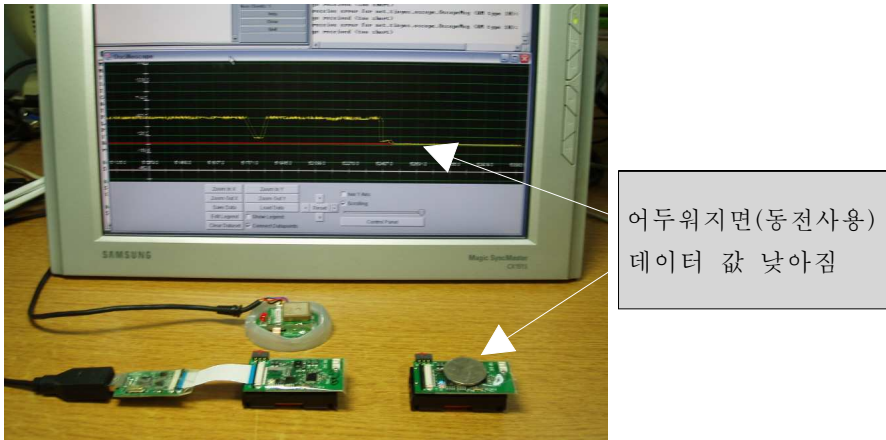
<그림 5-4> SerialForwarder 실행

이와 같이 NesC로 작성된 실행파일을 TIP51CM보드에 다운로드 하면 <그림 5-5>와 같이 LED가 점멸하면서 실행되며 통신 상태를 확인 할 수 있다. 데이터를 송시하면 빨간색과 파란색 LED가 점멸하며, 수신하면 빨간색 LED가 점멸한다.



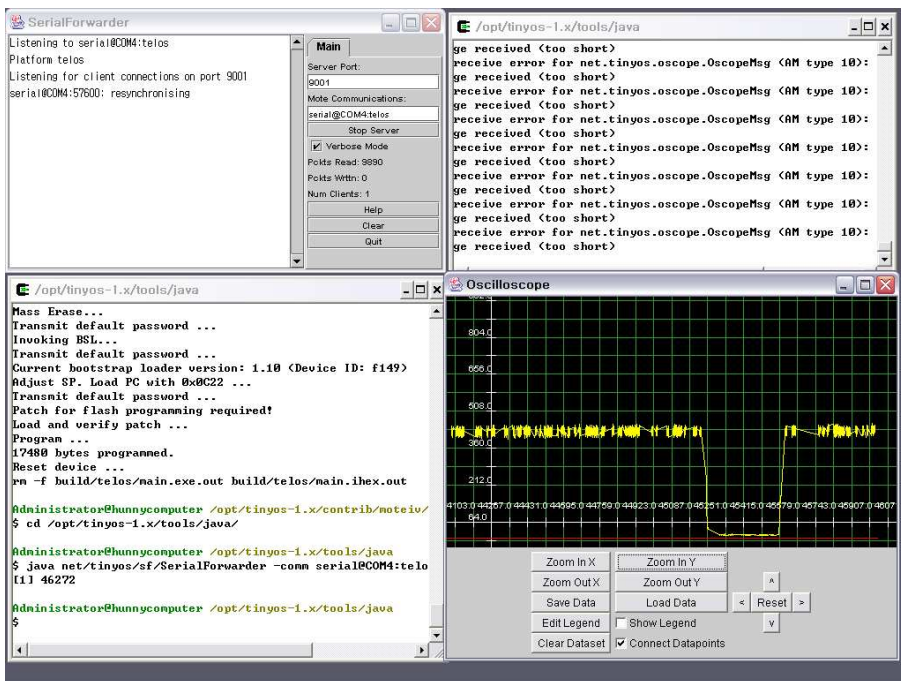
<그림 5-5> TIP51CM 동작

무선노드는 조도센서가 측정한 데이터를 게이트웨이로 전송한다. 전송된 데이터가 정확한지 판별하기 위하여 <그림 5-6>과 같이 조도센서에 동전을 올려놓았을 때와 제거했을 때, 두 가지 상태로 나누어 데이터를 측정해 보았다. <그림 5-6>에서 위쪽 그림의 그래프는 조도 데이터 값이 직선을 유지하다가 낮아지는 것을 확인할 수 있다. 이것은 동전에 의해 조도센서가 영향을 받고 있다는 것이다. 그리고 아래쪽 그림은 동전을 제거하면 조도센서가 영향을 받지 않아 그래프가 다시 높아지는 것을 확인할 수 있다.

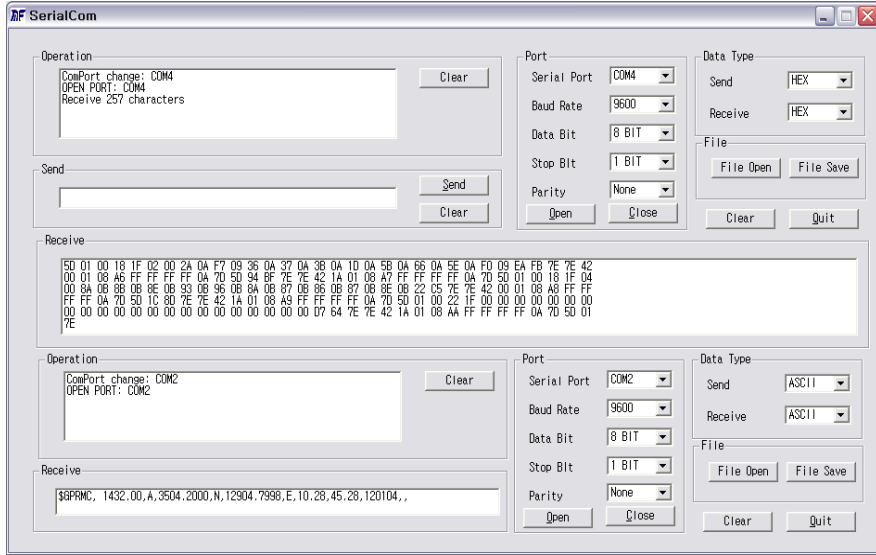


<그림 5-6> 조도센서 값 측정

게이트웨이의 전체 동작모습은 <그림 5-7>과 같다. 직렬 포트를 열고, 통신 속도와 포트 번호를 확인한 후, 데이터수신 확인을 위하여 오실로스코프 그래프 프로그램을 실행시킨다. 오실로스코프 그래프에서는 무선노드가 데이터를 이상 없이 전송하는지 그래프의 상태와 데이터 값을 보면서 확인 할 수 있다. 데이터 값은 일정한 값이 들어오는 것이 아니라 조도 센서의 특성상 일정범위의 값이 들어온다. 그 값을 스펙에 따라 계산하면 정확한 값을 얻을 수 있다. 그리고 그래프를 통해서 밝거나 어두운 상태는 계산 없이도 판별 가능하다. 또, 게이트웨이는 자신의 위치정보를 서버로 전송해야 하는데, 이것은 GPS로 위치정보를 측정하여 기지국으로 전송할 수 있다. <그림 5-8>에서 직렬 포트 4로 들어오는 데이터 값은 조도 데이터를 나타내며, 직렬 포트 2로 들어오는 데이터 값은 GPS 위치 값을 나타낸다.



<그림 5-7> 게이트웨이의 동작모습



<그림 5-8> 조도와 GPS 데이터

## 5.1.2 통신부

게이트웨이에서 수집된 데이터를 효과적으로 기지국으로 전송하기 위해서 위성통신, 무선인터넷, CDMA를 이용할 수 있다. 본 논문은 연구실 내부에서 실험하기 때문에 저렴하고 속도가 빠른 무선 인터넷을 사용하여 구현하였다. <그림 5-9>는 기지국용 AP(Access Point)로 사용되어지며, <표 5-1>에 그 사양을 나타내었다.



<그림 5-9> 기지국용 AP

<표 5-1> 기지국용 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,

### 5.1.3 적조 모니터링 소프트웨어

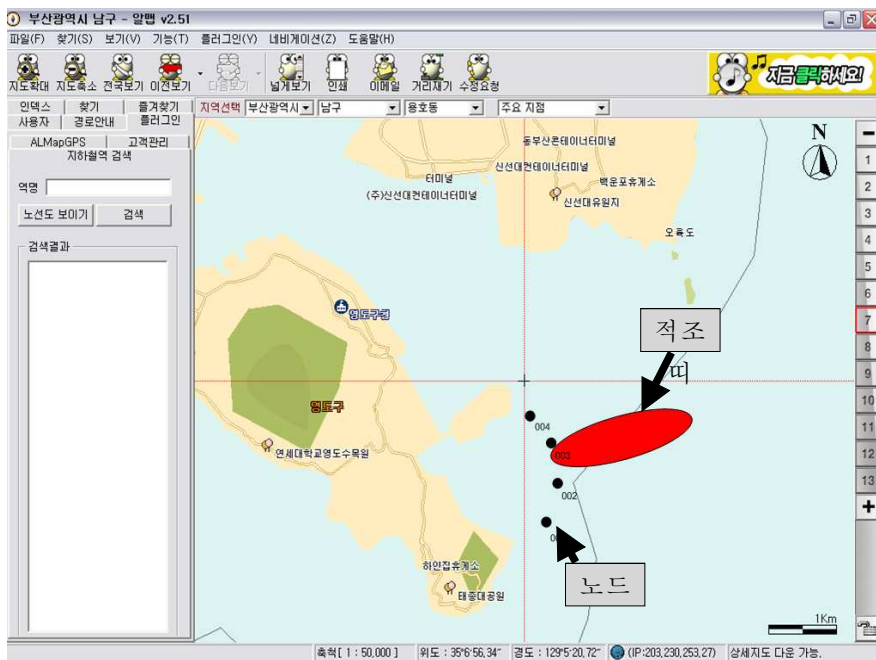
적조 모니터링 시스템은 어업별 양식어장의 속성정보나 위치검색이 가능하고, 매년 적조발생으로 인한 적조 발생 지역의 공간분석을 통해 양식어업의 피해를 산정할 수 있다. 그리고 무선노드의 정보를 실시간으로 파악할 수 있어 현재 해상 상황을 파악할 수 있다. 본 논문에서는 알맵에서 무료로 제공하는 SDK를 사용하여 전자지도에 메인화면을 구성하였다.

적조 모니터링 시스템은 <그림 5-10>과 같이 전자지도가 메인 화면에 나타나고 상단의 메뉴 및 좌측 바를 통해 손쉽게 운용이 가능하다. 속성정보의 검색은 양식어장이나 적조발생 지역의 위치 정확성을 검증하여 나타낼 수 있도록 하였다. 그리고 무선노드의 정보를 전자지도상에 표시하여 각 노드의 상태 및 정보를 볼 수 있다.

또한 적조 발생해역에 따른 피해 범위의 추정은 적조가 분포하는 양식어장의 범위를 파악함으로써 가능하다. 이것은 양식어장의 종류별, 위치 검색 및 양식어업의 속성자료 검색을 나타낸 것으로, 양식어업별 주소검색으로 세부적인 속성정보와 해당어업별 자료를 볼 수 있으며, 적조 발생 생물 및 적조 생물의 발생지역은 공간적으로 연계하여 확인할 수 있게 구성되었다.

적조생물의 생물정보는 적조가 발생한 시기별, 발생지역의 폴리곤을 적조생물정보와 연계하였고, 적조생물의 발생일자와 생물 종의 정보를 제공하고 있다.

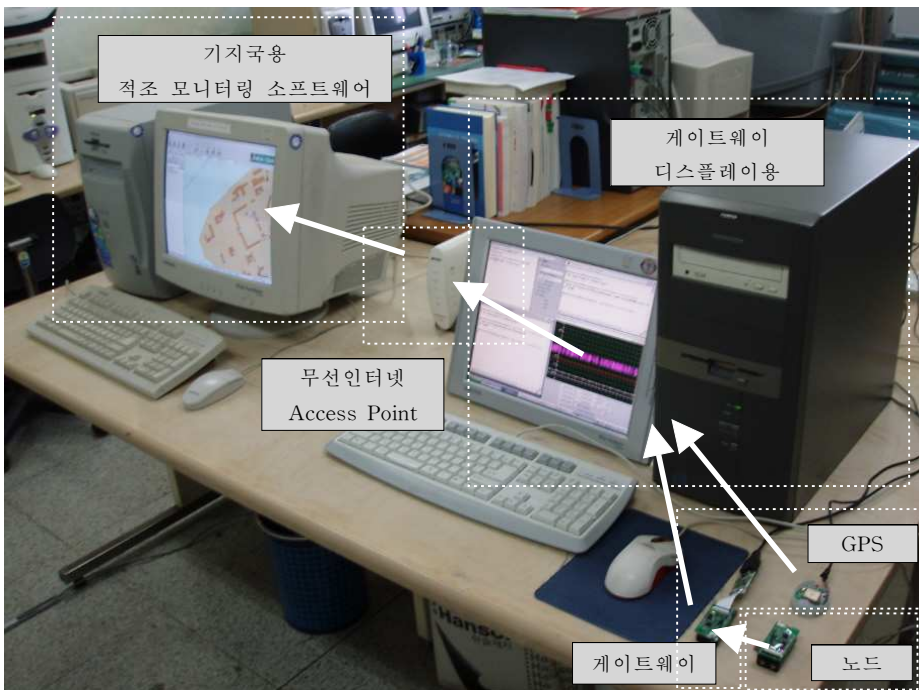
특히, 적조생물 상세보기의 위치보기를 검색하면 발생한 적조생물의 공간적 위치를 동시에 제공해주게 되어 적조 생물별 발생지역을 분석 할 수 있다.



<그림 5-10> 적조 모니터링 시스템의 메인화면

#### 5.1.4 전체적인 적조 모니터링 프로토타입 시스템

적조 모니터링 시스템을 제작, 테스트하기 위해서는 실제로 연안 해역에 노드, 게이트웨이를 설치하고 육상 기지국에 적조 데이터베이스를 구축하여 실 데이터를 분석, 확인하여야 하나 본 논문에서는 가상으로 연구실 내부에서 프로토타입 시스템을 제작하여 테스트하였다. <그림 5-11>에서 노드는 조도 데이터를 측정하여 게이트웨이로 전송한다. 그리고 게이트웨이는 노드에서 전송된 데이터를 수집하여 GPS 위치정보와 함께 무선 인터넷을 통하여 기지국으로 데이터를 전송한다. 그리고 기지국에서는 적조 데이터베이스에 전송된 데이터를 저장하고, 적조 모니터링 소프트웨어를 이용하여 각 노드와 게이트웨이 상태를 알 수 있으며, 유해적조를 판별하게 된다.

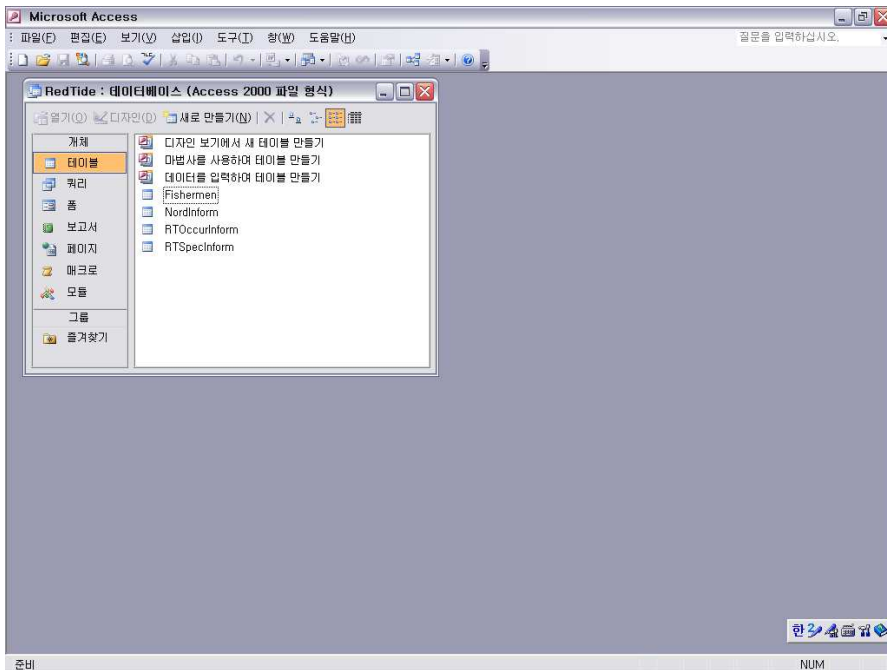


<그림 5-11> 적조 모니터링 프로토타입 시스템

## 5.2 처리부의 적조 데이터베이스의 구현

적조 데이터베이스는 마이크로소프트의 액세스 2003의 MDB (Microsoft access DataBase) 데이터베이스를 사용하여 구축하였다. 액세스는 데이터베이스를 구성하는 복잡한 과정을 윈도우 환경에서 다른 어떤 데이터베이스 시스템 보다 더 단순하게 구성할 수 있도록 도와주며, 통합된 인터페이스 내에서 테이블 구성, 쿼리를 작성할 수 있을 뿐만 아니라 데이터베이스를 검색하고 보고서 인쇄, 페이지 개체를 이용하여 인터넷/인트라넷도 더 빠른 속도로 구축할 수 있다.

엑세스를 실행시키면 <그림 5-12>와 같은 창이 나타난다. 적조 데이터베이스는 적조생물정보, 적조발생정보, 어민정보, 노드정보로 구성되어 있다.



<그림 5-12> 적조 데이터베이스의 테이블



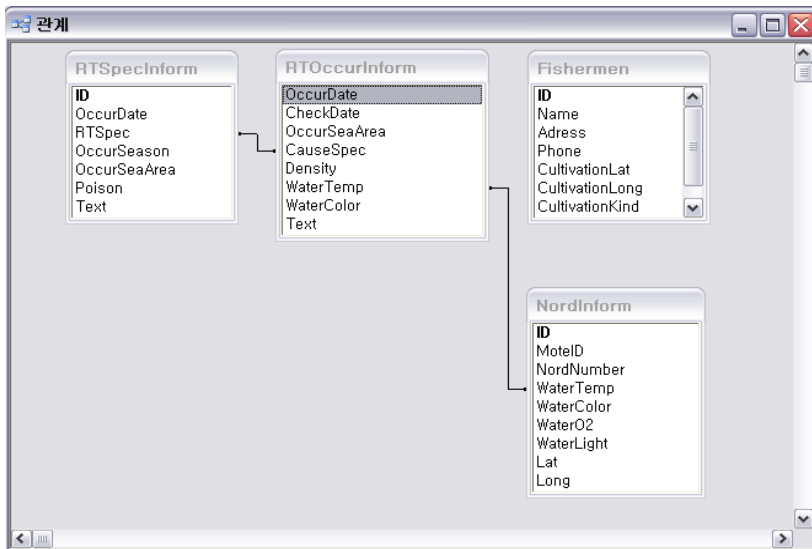
## 5.2.1 적조 데이터베이스의 구현

적조 데이터베이스는 <표 5-2>와 같이 적조생물정보, 적조발생정보, 어민정보, 노드정보로 크게 4가지 테이블로 구성되어 있다.

<표 5-2> 테이블명

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

적조 테이블의 관계형성을 보면 적조생물정보(RTSpecInform)는 적조발생정보(RTOccurInform)와 관계가 있으며, 적조발생정보(RTOccurInform)는 노드정보(NodeInform)와 관계가 형성된다. 어민정보(Fishermen)는 어민에 관한 정보를 포함하고 있다.



<그림 5-13> 적조 데이터베이스의 관계

(1) 적조생물정보 테이블

적조생물정보(RTSpecInform) 테이블은 적조생물정보에 관한 일반적인 사항을 포함하고 있다. 적조생물의 발생한 일시, 어떤 생물종인지, 주로 발생하는 시기는 언제인지, 자주 발생하는 해역은 어디인지, 그리고 독성여부는 어떻게 되는지를 포함한다. 그리고 내용에서는 현재까지의 정확 파악 내용을 서술한다. <표 5-3> 적조생물 필드명은 개념명과 필드명으로 구분하여 정의하고 있다.

<표 5-3> 적조생물 필드명

개 념 명	필 드 명
발생일시	OccurDate
적조생물	RTSpec
발생시기	OccurSeason
발생해역	OccurSeaArea
독성여부	Poison
내 용	Text

<그림 5-14>에 보면 적조생물정보 테이블의 데이터 값을 나타내고 있다. 데이터정보는 적조 데이터베이스를 설계 및 구현에 중점을 두었기 때문에 가상으로 작성하였다.

ID	OccurDate	RTSpec	OccurSeason	OccurSeaArea	Poison	Text
1		남조류	여름	남해안일대	<input checked="" type="checkbox"/>	유해성 적조생물
2		크리프토조강	여름-가을	남해안일대	<input checked="" type="checkbox"/>	유해성 적조생물
3		와편모조류	여름-가을	남해안일대	<input checked="" type="checkbox"/>	유해성 적조생물
4		규조류	여름-가을	남해안일대	<input checked="" type="checkbox"/>	유해성 적조생물
5		녹색편모조류	여름-가을	남해안일대	<input type="checkbox"/>	유해성 적조생물
6		뉴글레나조류	여름-가을	남해안일대	<input checked="" type="checkbox"/>	유해성 적조생물
7		원석조류	여름-가을	남해안일대	<input checked="" type="checkbox"/>	유해성 적조생물
8		황금색편모조류	여름-가을	남해안일대	<input checked="" type="checkbox"/>	유해성 적조생물
* (일련 번호)					<input type="checkbox"/>	

<그림 5-14> 적조생물정보 테이블

(2) 적조발생정보 테이블

적조발생정보(RTOccurInform) 테이블은 적조발생정보에 관한 일반적인 사항을 포함하고 있다. 적조가 발생한 일시, 적조가 발생하고 직접 확인하는 조사일시, 발생한 해역은 어디인지, 적조의 원인생물은 무엇인지 그리고 적조가 발생한 지역의 밀도, 수온, 탁도를 포함한다. 그리고 내용에는 앞으로 경로 및 상황을 서술한다. <표 5-4> 적조발생정보 필드명은 개념명과 필드명으로 구분하여 정의하고 있다.

<표 5-4> 적조발생정보 필드명

개 념 명	필 드 명
발생일시	OccurDate
조사일시	CheckDate
발생해역	OccurSeaArea
원인생물	CauseSpec
밀 도	Density
수 온	WaterTemp
탁 도	WaterColor
내 용	Text

<그림 5-15>에 보면 적조발생정보 테이블의 데이터 값을 나타내고 있다. 데이터정보는 국립수산과학원의 적조속보에 기본 정보를 바탕으로 작성되었다.

OccurDate	CheckDate	OccurSeaArea	CauseSpec	Density	WaterTemp	WaterColor	Text
2002.8.18	2002.8.19	부산 기장군연안	Cochlodinium polykrioides	90-100	22.5-23.6	0.785	무해성 적조로 서서히 소멸하.
2002.8.18	2002.8.19	경남 거제시	Cochlodinium polykrioides	150-4200	23.5-25.0	0.999	무해성 적조로 서서히 소멸하.
2002.8.18	2002.8.19	경남 거제시	Cochlodinium polykrioides	200-800	23.5-25.0	0.854	무해성 적조로 서서히 소멸하.
2002.8.18	2002.8.19	부산 기장군	Cochlodinium polykrioides	200-800	23.5-25.0	0.452	무해성 적조로 서서히 소멸하.
2002.8.18	2002.8.19	부산 영도구	Cochlodinium polykrioides	150-4200	23.5-25.0	0.777	무해성 적조로 서서히 소멸하.

<그림 5-15> 적조발생정보 테이블

(3) 어민정보 테이블

어민정보(Fishermen) 테이블은 어민정보에 관한 일반적인 사항을 포함하고 있다. 어민의 이름, 주소, 전화번호 그리고 어장의 위치 값을 가진다. 이 값으로 적조 발생 시 근처 양식 업자에 신속히 알릴 수 있다. 그리고 어장의 속성에서 어장의 종류가 무엇인지, 어장방법은 육상양식인지, 가두리 양식인지를 나타낸다. <표 5-5> 어민정보 필드명은 개념명과 필드명으로 구분하여 정의하고 있다.

<표 5-5> 어민정보 필드명

개 념 명	필 드 명
이 름	Name
주 소	Address
전 화 번 호	Phone
어 장 위 치(위도)	CultivationLat
어 장 위 치(경도)	CultivationLong
어 장 종 류	CultivationKind
어 장 방 법	CultivationHow

<그림 5-16>에 보면 어민정보 테이블의 데이터 값을 나타내고 있다. 데이터정보는 적조 데이터베이스를 설계 및 구현에 중점을 두었기 때문에 가상으로 작성하였다.

ID	Name	Address	Phone	CultivationLat	CultivationLong	CultivationKind	CultivationHow
1	김동수	부산시 기장군 연안	010-484-3578	35 2,2236	129 3,818	머류	가두리
2	홍길동	부산 영도구	016-568-8975	35 1,796	129 1,415	조개류	가두리
3	안철호	부산 영도구	011-523-5868	35 0,518	128 52,478	머류	가두리
4	나일영	부산 영도구	010-2578-5562	35 1,366	129 0,120	머류	가두리
5	이대호	부산 영도구	010-660-9854	35 0,516	128 58,253	머류	가두리
6	최순호	부산 영도구	019-789-3256	34 59,230	129 0,265	머류	가두리
7	박지성	부산 영도구	010-4568-5512	34 2,230	129 1,32	머류	가두리
8	노두현	부산 영도구	017-878-6586	35 1,516	129 1,93	조개류	가두리
9	박시형	부산시 기장군	010-567-5542	35 2,32	129 3,92	조개류	가두리

<그림 5-16> 어민정보 테이블

(4) 노드정보 테이블

노드정보(NodeInform) 테이블은 각 노드에 관한 일반적인 사항을 포함하고 있다. 노드의 MoteID, 노드ID 값을 가지며, 각 노드에 부착된 수온, 탁도, 용존산소량, 조도 값을 가진다. 그리고 노드 현재 위치를 알 수 있는 위도, 경도 값을 가진다. <표 5-6> 노드정보 필드명은 개념명과 필드명으로 구분하여 정의하고 있다.

<표 5-6> 노드정보 필드명

개 념 명	필 드 명
MoteID	MoteID
노드ID	NodeNumber
수 온	WaterTemp
탁 도	WaterColor
용존산소량	WaterO2
조도	WaterLight
위 도	Lat
경 도	Long

<그림 5-17>에 보면 노드정보테이블의 데이터 값을 나타내고 있다. 데이터정보는 적조 데이터베이스를 설계 및 구현에 중점을 두었기 때문에 가상으로 작성하였다.

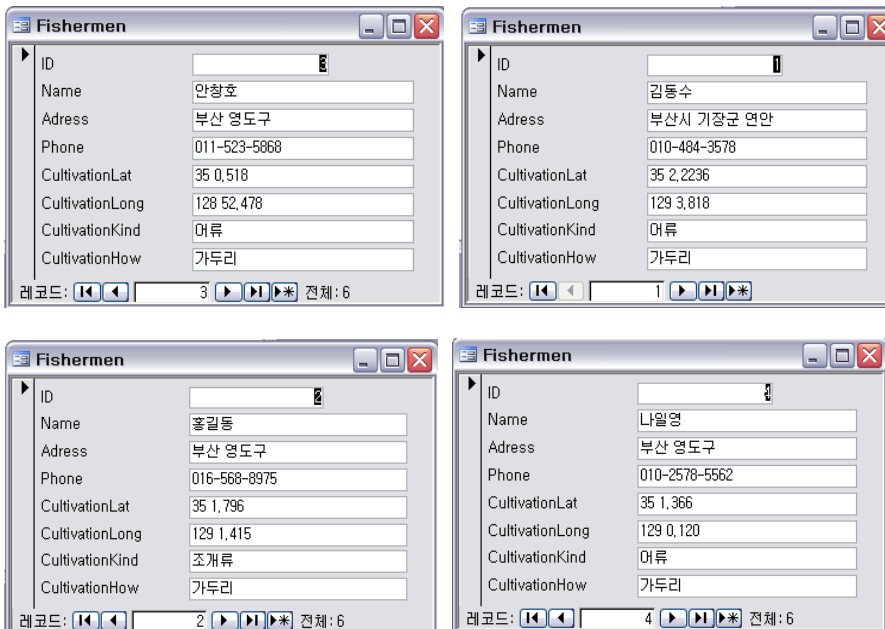
ID	MoteID	NodeNumber	WaterTemp	WaterColor	WaterO2	WaterLight	Lat	Long
1 001	001	12	0.222	9.23	120	35.2,236	129.3,818	
2 002	001	13	0.458	10.22	200	35.2,236	129.4,218	
3 003	001	11	0.354	8.13	220	35.2,236	129.6,518	
4 004	001	12	0.452	9.25	220	35.2,236	129.7,128	
5 005	002	15	0.450	8.25	200	35.2,536	129.6,328	
6 006	002	13	0.458	7.26	210	35.2,536	129.6,928	
7 007	002	14	0.459	8.88	230	35.2,536	129.7,854	
8 008	002	11	0.472	7.99	210	35.2536	129.8,544	

<그림 5-17> 노드정보 테이블

## 5.2.2 적조 데이터베이스의 사용

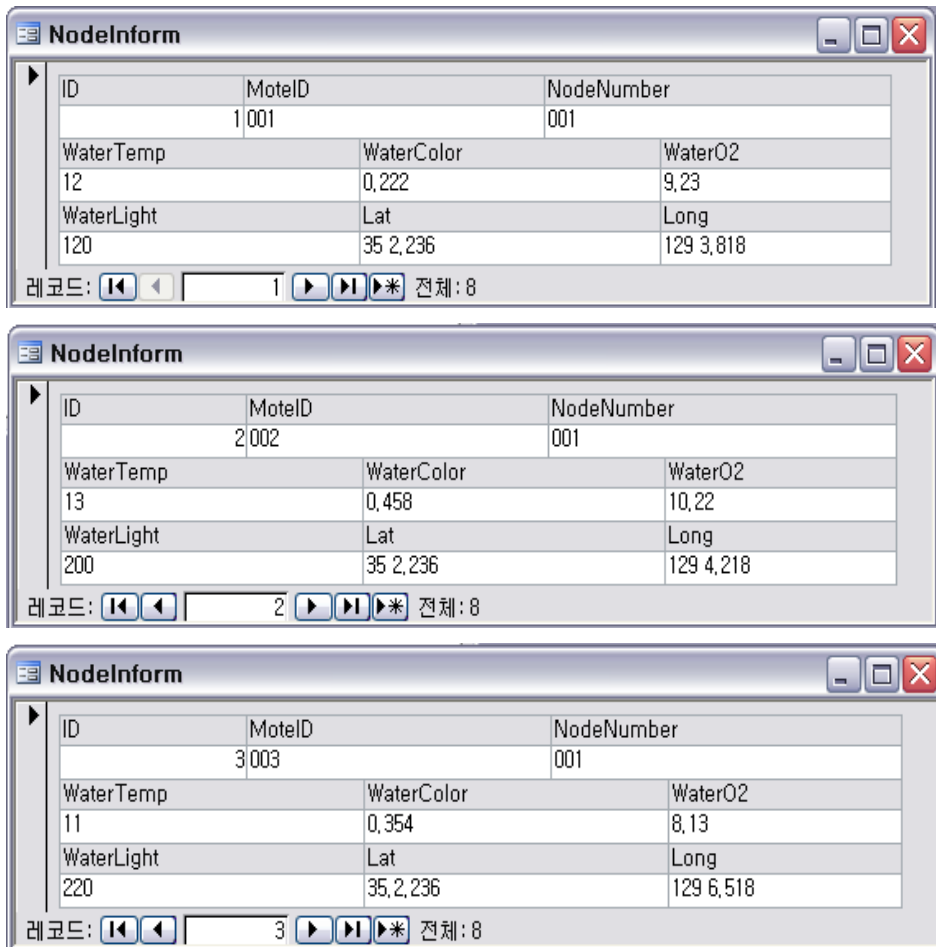
모든 데이터베이스는 데이터베이스의 구조와 데이터를 처음 만든 그대로 사용하지 않고, 유동적 환경에 적용이 편리하도록 만든다. 이것은 데이터베이스가 계속적으로 데이터를 추가, 삭제, 수정이 이루어진다는 뜻이다. 따라서 데이터베이스는 데이터의 효율적인 관리와 데이터의 이동이 자유롭고 활동적이게 하기 위하여 처음의 기본틀은 유지하되 항상 변형과 데이터의 추가, 삭제, 수정이 요구되도록 설계해야 한다. 그러므로 데이터베이스는 이것을 고려하기 위한 기능을 가지고 있어야 한다.

적조 데이터베이스도 이와 같은 기능을 포함하기 위해 <그림 5-18>과 같은 추가, 수정, 삭제 기능을 가진다. 이것으로 적조 데이터베이스에서 테이블 정보를 쉽게 추가, 삭제 할 수 있다. <그림 5-18>에서 보면 어떤 정보를 쉽게 검색하고, 수정 및 삭제를 할 수 있게 되어 있다.



<그림 5-18> 어떤 정보 검색

그리고 적조 데이터베이스에서 노드정보를 가지고 있는 테이블은 본 논문에서 가장 중요한 부분이다. 각 노드는 모트를 수백개까지 포함하고 있다. 따라서 노드별로 모트를 구분 가능해야 한다. 그리고 노드의 숫자는 중복이 불가능하나 MoteID는 겹쳐도 상관없다. 이와 같은 사항을 고려하여 노드정보(NodeInform) 테이블을 관리해야 한다. <그림 5-19>는 노드ID와 MoteID에 따라 분류해 놓았고, 노드ID 1번, MoteID 1, 2, 3 모트에서 수집한 수온, 탁도, 산소, 조도 그리고 위치 값을 볼 수 있다.

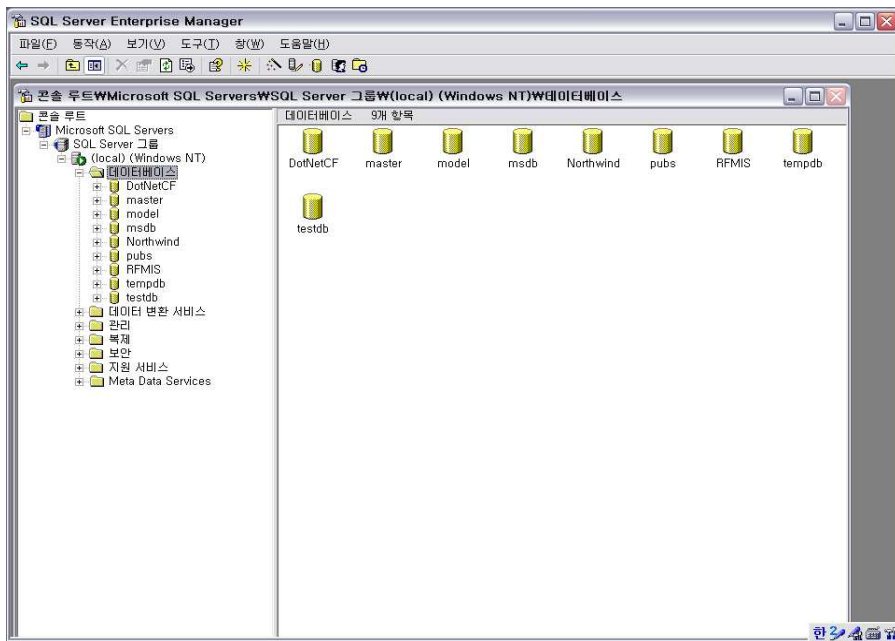


<그림 5-19> 모트 검색

### 5.2.3 MS-SQL

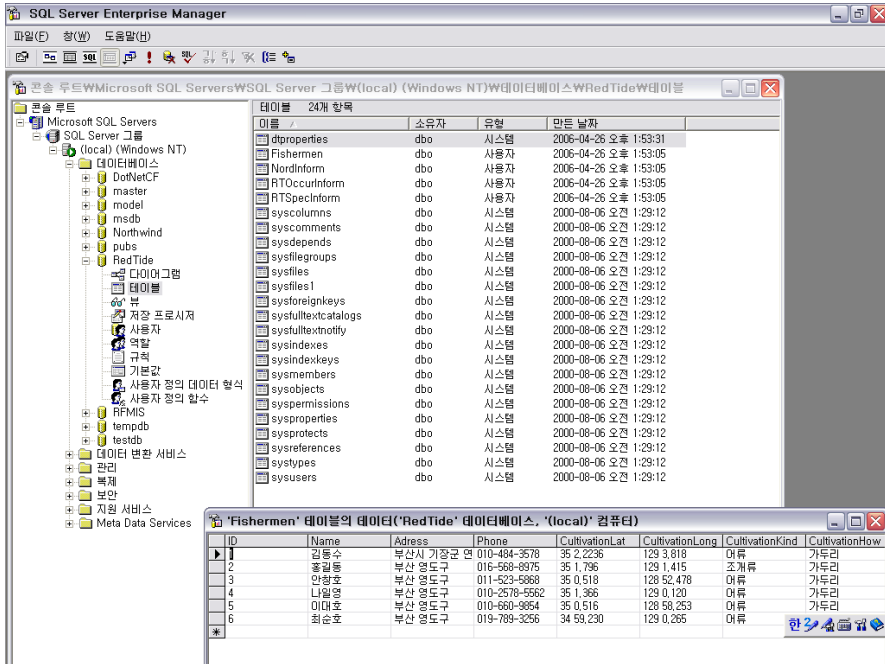
서버는 액세스 데이터베이스와 연동하기 위하여 MS-SQL 서버를 사용하였다. 그리고 웹서비스를 지원한다. 액세스 데이터베이스는 적조 데이터베이스를 저장, 관리 하는 곳이며, 데이터가 액세스로 접근하기 위한 통로를 제공하는 역할을 담당하는 것이 MS-SQL 서버이다.

<그림 5-20>은 MS-SQL을 실행한 모습이다. 콘솔루트를 보면 Microsoft SQL Servers, SQL Server, local Windows NT가 있다. 바로 밑에 데이터베이스가 있는데 이곳에서 데이터베이스를 관리하게 된다. 적조 데이터베이스는 “RedTide.mdb”로 저장된다. 이것을 MS-SQL과 연결시키면 <그림 5-21>과 같이 데이터베이스가 추가된 것을 확인 할 수 있다. <그림 5-22>는 MS-SQL 서버에서 적조 발생정보 테이블을 볼 수 있다.

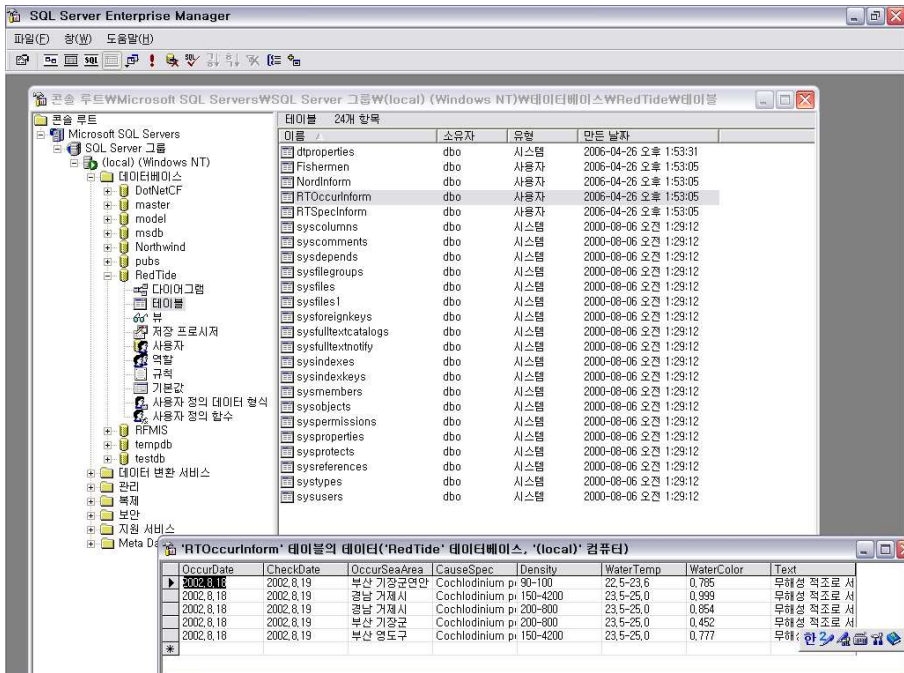


<그림 5-20> MS-SQL 서버





<그림 5-21> MS-SQL 서버와 어민정보 테이블



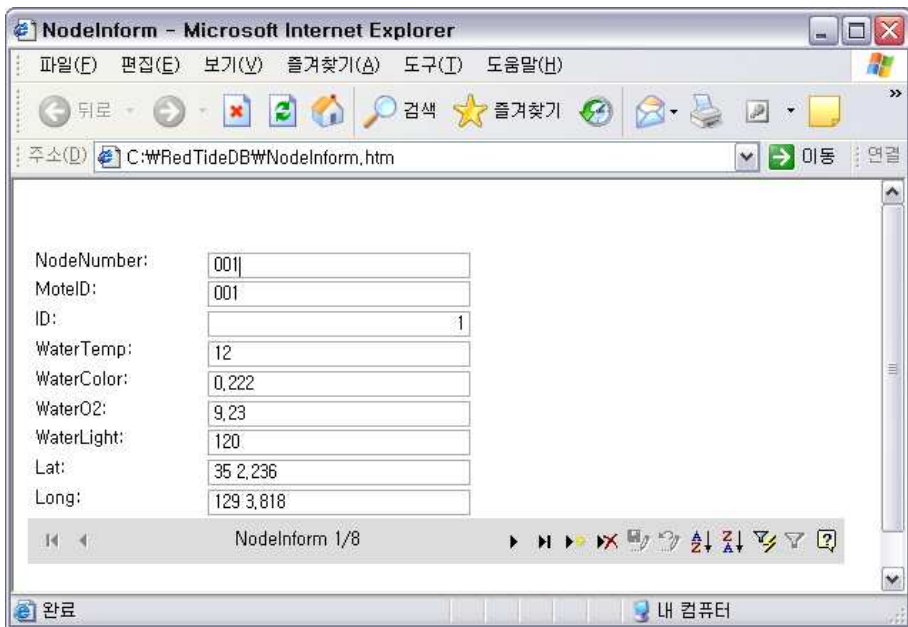
<그림 5-22> MS-SQL 서버와 적조발생정보 테이블

## 5.2.4 웹서비스

본 논문에서 웹서비스(Web Service)는 SOAP, DCOM, COBRA, XML(HTTP기반) 등의 프로토콜을 이용해서 분산된 네트워크 환경을 이용하는 서비스를 말하는 것은 아니고, 인터넷을 통해 사용자들에게 정보 등의 콘텐츠(Contents)를 제공하는 서비스라고 정의한다.

웹서비스를 위하여 적조 데이터베이스는 MS-SQL 데이터베이스 서버를 사용한다. 사용자는 웹으로 MS-SQL 서버를 통하여 적조 데이터베이스로 접근가능하며, 접근 권한에 따라 수정, 삭제, 저장 등을 할 수 있다.

<그림 5-23>은 MS-SQL과 액세스 2003으로 만든 적조 데이터베이스 내부의 노드정보테이블과 연동하는 것을 보여주고 있다. 노드수(NodeNumber)와 모트아이디(MoteID)는 1번을 나타낸다.



<그림 5-23> MS-SQL 서버와 적조발생정보 테이블

## 제 6 장 결 론

현재 네트워크 기술은 유비쿼터스 컴퓨팅 환경으로 진화하고 있으며, 센서를 포함한 네트워크 기술을 필요로 하게 되었다. 이와 같은 기능을 만족하기 위해 탄생된 것이 무선 센서 네트워크이다. 무선 센서 네트워크는 네트워크 요소에 센서를 결합시킨 것이다. 즉, 무수히 많은 노드들을 센서와 함께 필드에 설치하고, 데이터를 각 노드가 수집하며, 최종단에서는 노드가 수집한 정보를 분석, 관리 한다. 이 뜻은 섬세하고 예측 불가능한 자연환경을 면밀히 측정할 수 있고, 자연 환경 변화를 정확히 가늠할 수 있다는 것이다.

적조는 양식업자나 그 외적으로 매년 수많은 피해를 입히고 있다. 그리고 최근 적조는 무분별한 개발로 인한 환경파괴로 인해 과거보다 자주 발생되고 있다. 이를 위해 많은 정부 및 사설 연구단체에서 적조예측, 적조경보, 적조정보를 위해 연구하고 있다.

본 논문은 무선 센서 네트워크를 이용한 적조 모니터링 시스템을 제안하였다. 모트를 연안 해역에 일정해역으로 나누어 설치하고, 탁도, 조도, 수온 센서로 데이터를 수집한다. 수집 된 데이터는 게이트웨이로 전송되며, 게이트웨이는 무선인터넷을 통하여 기지국으로 수집된 데이터를 전송한다. 기지국에서는 적조 데이터베이스가 데이터를 저장, 관리하고, 적조 모니터링 소프트웨어는 적조 데이터베이스를 이용하여 적조판별, 어민정보관리, 모트 상태 등을 관리하게 된다.

본 논문에서는 적조 모니터링 시스템의 전체 구조를 설계 및 구현하였고, 프로토타입 시스템을 개발하여 게이트웨이에서 노드의 데이터 값이 수집되고, 기지국으로 데이터가 전송되고, 기지국의 적조 데이터베이스와 적조 모니터링 소프트웨어가 이상 없이 동작되는지

확인하였다. 그러므로 적조 모니터링 시스템은 적조의 예측과 예보를 위한 기반 시스템으로 활용가능하다는 것을 판별하였다.

향후 연구 계획으로는 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.

## 참 고 문 헌

- [1] 김학균, 해양적조, 다솜출판사, pp.365-366, 2005.
- [2] 이창규, 이옥희, 이삼근, “한국연안에서 분리한 적조형성 미세조류 10종의 성장에 미치는 온도, 염분, 광도의 영향”, 한국해양학회지, 제10권 제1호, p.70, 2005.
- [3] 김학균, 적조피해대책연구, 적조피해대책연구과제 최종보고서, pp.3-4, 1999.
- [4] 안유환, 해양환경 관측 및 개선을 위한 기반기술연구(III), 해양환경 관측 및 개선을 위한 기반기술연구(III) 최종보고서, p.3, 2003.
- [5] 정종철, “적조정보시스템의 GIS데이터베이스화 연구”, 한국GIS학회지, 제12권 제3호, pp.36-48, 2004.
- [6] 윤홍주, “적조기상정보: 기상인자를 활용한 연안 적조예측기술 개발”, 제9권, 제4호, pp.844-853, 2005.
- [7] Ian F.Akyildiz, Weilian Su, Yogesh Sankarasubramaniam, and Erdal Cayirci, *“A Survey on Sensor Networks”*, Computer Networks, 2002.
- [8] 김학규 외, “1999년도 한국연안의 적조발생상황”, 국립수산진흥원, p.206, 2000.
- [9] 국립수산과학원, <http://www.nfrda.re.kr>
- [10] 고철환 외, “1997. 해양생물학”, 서울대학교출판부, pp.83-120.
- [11] 서영상 외, “NOAA 위성자료에 의한 해수표면 수온분포와 *Cochlodinium polykrikodes* 적조발생의 상관성”, 한국환경과학회지, 제9권, 제3호, pp.215-221, 2000.
- [12] 김대영 외, “무선 센서 네트워크를 위한 임베디드 소프트웨어

- 기술”, 전자공학회지, 2004.
- [13] 김대영 외, 나노 OS의 저전력 통신을 위한 협업 메시지 엔진 개발, 한국전자통신연구원 최종보고서, 2004.
- [14] Berkeley Sensor and Actuator Center, <http://www-bsac.eec.berkeley.edu/>
- [15] Berkeley TinyOS 프로젝트, <http://today.cs.berkeley.edu/~warneke/SmartDust/index.html>
- [16] Nano-24 옥타컴 센서 노드, <http://www.octacomm.co.kr>
- [17] Joseph Polastre, Robert Szewczyk, Cory Sharp, David Culler, “*The Mote Revolution : Low Power Wireless Sensor Network Devices*”, in Proceedings of Hot Chips 16:A Symposium on High Performance Chips. 2004.
- [18] 이민구, 강정훈, 유준제, “센서 네트워크 어플리케이션 개발을 위한 NesC”, 프로그래밍언어논문지, 제17권, 제3호, 2003.
- [19] David Gay, Philip Levis, David Culler, Eric Brewer, *NesC 1.1 Language Reference Manual*, 2003.
- [20] Robert Szewczyk, Joseph Polastre, Alan Mainwaring and David Culler, “*Lessons From A Sensor Network Expedition*”, pp.2-5, 2002.
- [21] Gilman Tolle, Joseph Polastre, Robert Szewczyk, Neil Turner, Kevin Tu, Phil Buonadonna, Stephen Burgess, David Gay, Wei Hong, Todd Dawson, David Culler, “A macroscope in the redwoods”, SenSys, pp.51-63, 2005.
- [22] 허민, 모수중, 김창수, 임재홍, “무선 네트워크 환경에서 저전력 임베디드 센서 보드를 이용한 트리 매니지먼트 시스템 설계”, 한국해양정보통신학회, 추계학술대회 발표집, Vol.9, No.2, pp.127-130, 2005.

[23] (주)맥스포, <http://www.maxfor.co.kr>

[24] 오지영, 유재욱, 액세스2000, 정보게이트, pp.16-53, 1999.

[25] 김연홍, 우성미, 문택근, 데이터베이스 모델링, 프리렉, pp.17-50,  
2002.