

무선센서네트워크를 이용한 적조모니터링 시스템 구축을 위한 연구

허민* · 모수종* · 임재홍** · 김기문**

*한국해양대학교 대학원 · **한국해양대학교 전파정보통신공학부 교수

A Study on Red Tide Monitoring system using Wireless Sensor Network

Heo Min* · Soo-Jong Mo* · Jae-Hong Yim** · Ki-Moon Kim**

Dept. of Electronics & Communication Engineering, Graduate School of National Korea Maritime University

**Division of Radio and Information Communication Engineering, National Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

E-mail : huhmin@hanafos.com

요 약

적조는 90년대 초반에 산발적으로 일어났으나 지구의 기상 온난화로 현재 전 해역을 거쳐 광범위하게 발생하고 있다. 이에 적조 예측 및 모니터링을 위하여 항공관측, 적조부이개발, 적조경보장치 등 많은 연구가 활발히 진행 중이다. 그러나 신속, 광범위하게 적조를 조기에 예측하고 경보발생을 위한 시스템의 연구는 미비한 실정이다. 본 논문은 적조경보시스템을 구축하기 위해 무선센서네트워크를 이용하여 적조데이터베이스를 설계 및 구현 하는데 있다. 각 노드는 GPS, 수온센서, 산소센서, 탁도센서가 부착되어 있다. 여기에서 측정된 값을 Ad-hoc 네트워크를 통해 데이터베이스에 저장된다. 이 데이터를 통합, 분석하여 적조를 예측하고 경보하게 된다. 그리고 이전에 발생한 적조 범위와 적조 생물, 환경요소 등을 포함하고 있어서 적조 예측을 위해 비교분석자료로 활용된다. 메인 화면은 수백 개의 노드에서 전송되는 데이터를 실시간으로 확인하기 위하여 전자지도에 노드의 위치와 측정된 값을 보여준다. 본 연구를 위해 더욱 더 많은 연구가 뒷받침되어야 하지만 적조예측 및 경보를 위한 데이터베이스 구축으로 적조자료를 분석하는데 도움이 되었으면 한다.

ABSTRACT

Red tide occurred sporadically in early 90s. But It is happening extensively by global warming. So, Airline observation, Red tide buoy development, and Red tide alarm system research is progressing for monitor ring. However, study to early forecast red tide and red tide alarm system did not exist hardly. This paper proposed development that design and implementation red tide database of using wireless sensor network. There are GPS, Water Temperature sensor, Oxygen sensor, and Turbidity sensor in each node. And data is stored to red tide database through Ad-hoc network. This data is integrated and analyzed. So, forecast red tide. And red tide database has red tide data that happen at past. This is utilized to comparative analysis data for red tide estimate. Main screen displays position of node and measured value in electron map. Much studies must be backed for this a study. But I think that contribute to analyze red tide data by red tide database construction.

키워드

적조, 적조경보시스템, 무선센서네트워크, 적조데이터베이스

1. 서 론

최근에 전 세계에서 발생하는 적조현상은 광역화, 상습화, 고밀도화, 유독화 및 장기화 되어가고 있으며 어떤 연안 해역에서는 새로운 종이 적조

현상을 일으키고 있다. 이와 같은 적조현상으로 인하여 수산생물이 대량으로 폐사할 뿐만 아니라 일부의 적조생물은 매우 낮은 생물 밀도에서도 어패류를 독화하여 식중독을 일으키고 있어 사회

경제적으로 문제를 일으키고 있다. 일반적으로 적조현상이 발생함으로써 유해하게 되는 원인은 수중의 산소 소비, 유기류와 점액질의 생성, 어패류 맛의 변화초래, 해로운 점액질의 대량생산, 과도한 표생 플랑크톤의 증식, 양식생산에 활용되어야 할 영양염류의 소비, 그리고 식물독소의 생성이므로 인해 발생하는 피해양상은 인체건강 위해, 해양생물 피해와 생산성 감소, 생태계 구조와 기능변형, 연안환경의 미적가치 손상, 식중독에 의한 인체 건강피해 등을 들 수 있으며 이와 같은 적조피해는 경제적 손실을 초래할 뿐만 아니라 인간의 해양활동을 위축시키고 있다[1].

원격 감지 기술로는 최근 무선통신과 마이크로 전자공학 기술의 발전으로 저가격, 극소형의 무선 센서 네트워크를 가능하게 만들었다. 무선센서 네트워크는 센싱 기능과 정보 처리 능력, 그리고 통신 능력을 가진 다수의 센서로 구성되며, 이러한 다수의 센서들이 주변의 환경변화를 탐지하여 사용자에게 전달하여 감시 및 제어를 할 수 있게 해 준다[2]. 이에 무선센서네트워크를 이용한 환경감시시스템은 신속한 환경 센싱과 대처능력의 향상으로 많은 분야에서 연구가 활발히 진행 중이다. 본 논문에서는 무선센서네트워크를 적조모니터링을 위한 시스템으로 적용시켰으며, 이것으로 수집된 데이터를 적조데이터베이스화하여 필요한 곳에 자료를 제공하기 위해 제안한다.

II. 관련연구

2.1 적조의 원인 및 종류

1. 적조의 원인

적조발생 요인을 보면 첫째, 지형적으로 내만형이고 외양파의 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 수피가 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 녹아 있어야 한다고 알려져 있다. 적조의 원인 중 가장 큰 원인은 부영양화인데 이것은 물속에 식물플랑크톤이 번식을 하기 위해 필요한 질소와 인 같은 영양염류가 풍부하게 들어 있는 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 증가

할 것이고 부영양화는 점점 더 심해질 것이다. 이렇듯 오염물질이 늘어나는 추세와 적조가 발생하는 것과는 밀접한 관계가 있다.

2. 적조의 종류

적조를 일으키는 원인생물로는 홍색유황세균이나 원생동물 외에도 남조류(Cyanophyceae), 크립토프토토강(Cryptophyceae), 와편모조류(Dinophyceae), 규조류(Bacillariophyceae), 녹색편모조류(Raphidophyceae), 황금색편모조류(Chrysophyceae), 원색조류(Haptophyceae), 뉴글레나조류(Euglenophyceae), 프라시노조류(Pra sinophyceae) 및 섬모충(Chlorophyceae)의 10분류군에 속하는 다양한 조류가 알려져 있다. 이러한 조류 중에서 남조와 규조를 제외한 조류는 편모를 가지고 활발히 운동할 수 있기 때문에, 편모충으로서 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[3].

2.2 적조 탐지에 관한 활동

1. 적조예찰

적조예찰이란 적조발생 상황을 사전에 파악하기 위한 일련의 조사 활동을 말한다. 법적근거를 보면 해양수산부 훈령 제53호에 '제1조(목적) 적조발생상황을 조기에 파악하여 이를 신속히 예보하고 적조 발생 시 수산 피해 방지를 위한 대책 수립에 필요한 사항을 정함으로써 적조 대책업무의 원활한 추진을 목적으로 한다.' 라고 명시되어 있다. 그래서 적조발생 우려가 있는 전국 70개 정점을 지정하고, 매년 3월부터 11월 사이에 적조발생 동태를 파악한다[4].

2. 원격탐사

원격탐사라는 용어는 1965년 무렵부터 미국 국립항공우주국을 중심으로 미국의 관계기관이 '인공위성을 이용하여 지구환경과 자원을 조사하는 기술'로서 사용하게 되었다. 현재 항공기나 인공위성을 이용한 관측과 기술에 널리 쓰이고 있다. 주로 전자기파를 이용하여 먼 곳의 대상물을 접촉하지 않고 조사하는 기술로서 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 리모트센싱(Remote Sensing)이라고 한다. 적조의 발생 범위와 적조 띠의 이동, 확산 경로 등을 지구관측위성의 가시영역 밴드와 적외선 밴드 감

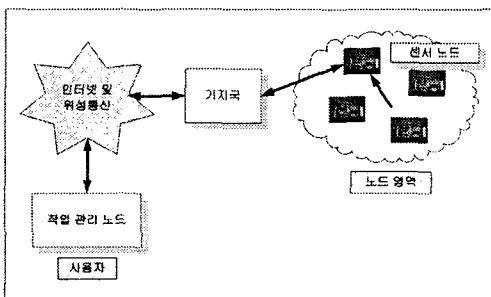
지기를 통해 실시간으로 파악함으로써 신속하고 광역적인 적조에 칼 및 예측을 위한 자료로 활용할 수 있다[5][6].

3. 적조 자동 정보 시스템

적조자동정보시스템은 적조가 양식장 인근 해역에 유입되었을 때 즉시 경보를 내릴 수 있도록 하여 양식어민에게 경광등, 무선표출 등을 통해 알림과 동시에 해수 유입을 차단할 수 있는 장치로 구성된 육상양식장의 적조경보장치 시스템으로 이루어져 있다. 적조경보장치는 적조센서로부터 측정된 적조농도가 전압으로 변환되어 적조경보시스템에 입력되며 이 입력된 전압이 미리 조사에 의해 밝혀진 설정농도에 해당하는 전압을 초과할 경우, 경보를 발하게 되어 있다[7].

2.3 무선센서네트워크

무선센서네트워크(WSN; Wireless Sensor Network)는 '아주 많은 센서들이 무선 방식을 통해 네트워크에 연결되어 있다.'라고 간단하게 정의 내릴 수 있다. 즉, 무선센서네트워크 기술은 컴퓨팅 능력과 무선통신 능력을 갖춘 센서 노드를 자연 환경이나 전장 등에 뿌려 자율적인 네트워크를 형성하고, 서로 간에 수집한 센싱 정보를 무선 네트워크로 송수신 하고, 네트워크를 통해 일격지에서 감시/제어 용도로 활용할 수 있는 기술을 말한다. 센서네트워크의 궁극적인 목적은 모든 사물에 컴퓨팅 능력 및 무선통신 능력을 부여하여 "언제", "어디서나" 사물들끼리의 통신이 가능한 유비쿼터스 환경을 구현하는 것이다. 무선센서네트워크의 기술은 무선 통신 모듈과 마이크로 컨트롤러 유닛(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 늘이기 위한 저전력 프로토콜이 요구되는데 한국정보통신연구원에서 개발한 플랫폼으로 이를 해결할 수 있다. 또한, 자율 형성 네트워크의 구성에 대한 연구와 저전력 프로토콜 연구가 가능하다. <그림 1>은 무선센서네트워크의 구성을 보여주고 있다.

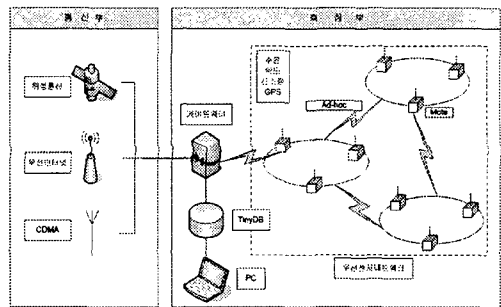


<그림 4> 무선센서네트워크의 구성

III. 시스템 설계

3.1 적조모니터링시스템의 설계

적조모니터링시스템은 측정부, 통신부, 처리부로 크게 나누어져 있다. 측정부에서는 무선센서네트워크에서 수온, 용존산소량, 탁도, 빛 그리고 GPS 정보를 수집하고, 통신부에서는 무선인터넷, 위성통신, CDMA의 통신수단으로 데이터를 전송한다. 처리부에서는 전송된 데이터가 기지국의 적조데이터베이스에 저장된다. 적조데이터베이스는 기존의 기온, 강수량, 일조시수, 일사량, 바람 등의 기상인자를 포함하여 전송된 정보를 이용하여 유해적조 유무를 판별하게 된다. 그리고 무수히 많은 노드로 구성된 무선네트워크상에서 수집된 수온, 용존산소량, 탁도 정보는 상호 이웃하는 노드 정보를 비교할 수 있다. 이 비교치 값을 이용하여 더 정확한 유해적조 판별을 가능하게 할 수 있다.

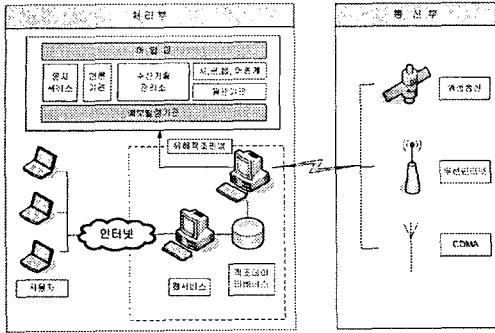


<그림 5> 측정부와 통신부

측정부에서는 무선센서 노드들로 구성되어 있는 무선센서네트워크로 <그림 2>과 같이 구성되어 있다. 무선센서네트워크에서 노드는 수온, 탁도, 용존산소량, 빛 그리고 GPS를 가지고 있다. 그리고 각 노드들은 Ad-hoc 네트워크로 구성되어 수집된 정보를 정해진 시간 내에 게이트웨이로 전송한다.

통신부에서는 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.

<그림 3>의 처리부에서는 통신부에서 전송된 데이터를 저장, 관리하는 적조데이터베이스가 있다. 이 적조데이터베이스는 적조생물정보, 발생정보, 노드정보로 구성되어 데이터를 저장하고 관리한다. 적조데이터베이스가 웹서비스와 연결되어 실시간 정보를 사용자에게 제공한다. 사용자가 인터넷으로 웹페이지에 접속하면 적조상황 및 적조

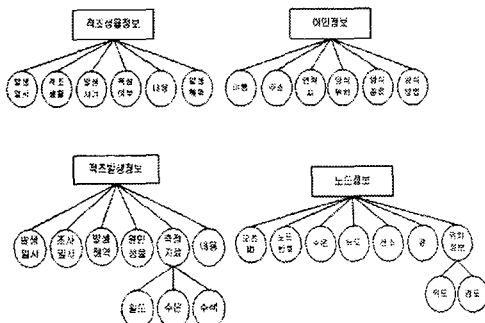


<그림 6> 처리부 구성

에 관한 상세한 정보를 제공해 준다. 그리고 사용자가 등록시 많은 정보를 이용할 수 있도록 한다. 적조데이터베이스와 연동하여 전자해도 상에 노드정보를 볼 수 있으며 노드의 이상 유무 파악과 유해적조 판별 시 예보발령기관으로 적조 정보를 전송하게 되어 있다. 적조 경보는 노드에서 수집된 정보를 상호 비교하여 적조주의보, 적조경보 등 규모와 적조생물밀도에 따라 발령하게 되어 있다.

3.2 적조데이터베이스의 설계

적조데이터베이스는 적조경보시스템을 위한 기반 자료이며 앞으로도 활용가치가 매우 높을 것이다. 그리고 생물학자들은 이 데이터베이스로부터 많은 정보를 획득할 수 있을 것이다. 따라서 적조데이터베이스의 설계는 매우 중요한 부분이며 웹서비스를 위한 기초자료로도 한다. 그러므로 적조데이터베이스의 구조는 유해적조 파악을 위해서 효율적으로 설계되어야 한다. 그리고 과거의 적조정보와 적조생물정보 데이터 그리고 어민들에게 신속히 연락할 수 있도록 어민정보가 있어야 한다. 또 무선노드의 정보를 번호에 따라 저장해야 한다. 적조데이터베이스는 <그림 4>와 같이 적조생물정보, 어민정보, 적조발생정보, 노드정보 테이블로 나누어져 있다.



<그림 7> 적조데이터베이스 구성

IV. 결 론

현재 과학 기술은 유비쿼터스 컴퓨팅 환경으로 진화하고 있고, 이제는 네트워크에 살아 숨 쉬는 기능이 포함되어야 한다. 이와 같은 기능을 위해 탄생된 것이 무선센서네트워크이다. 무선센서네트워크는 네트워크 요소에 센서를 결합시킨 것이다. 무수히 많은 노드들을 센서와 함께 필드에 뿌려 놓고 정보를 각 노드가 수집한다. 최종단에서는 노드에서 수집된 정보를 수집, 분석, 관리 한다. 이 뜻은 섬세하고 예측 불가능한 자연환경을 변밀히 측정할 수 있다는 말이다. 곧 자연 환경 변화를 정확히 가늠할 날이 다가올 것이다.

적조는 양식업자나 그 외적으로 매년 수많은 피해를 입히고 있다. 그리고 적조는 현대 사회의 개발로 인한 환경파괴로 인해 과거보다 자주 발생되고 있다. 이를 위해 많은 정부 및 사설 연구단체에서 적조예측, 적조경보, 적조모니터링을 위해 연구하고 있다. 본 논문은 무선센서네트워크를 이용한 적조데이터베이스를 연구하는 것이다. 적조데이터베이스는 앞으로 적조경보시스템의 기본 정보로서 중요한 역할을 할 것이며, 생태학자들에게 수집된 정보를 제공하여 적조의 정확한 예측을 위한 자료로 사용 될 것으로 생각된다. 그러므로 적조데이터베이스는 적조의 예측을 최종목표로 연구하고 있으며, 양식어민 및 그 외적으로 경제적 손실을 최소화해 노력을 기울이고 있다.

향후 연구 계획으로는 무선센서네트워크를 해양에서 사용하기 위한 연구, 노드에서 적조의 정확한 예측을 위한 센서 연구, 적조모니터링시스템 연구를 위한 더 많은 적조데이터베이스 구축 등 많은 해결문제를 가지고 있다. 이러한 문제점의 해결을 위해 더 많은 연구를 해야 할 것이다.

참고문헌

- [1] 김학균, "해양적조", 다솜출판사, pp 365-366, 2005.
- [2] Ian F.Akyildiz, Weilian Su, Yogesh Sankarasubramaniam, and Erdal Cayirci, "A Survey on Sensor Networks", Computer Networks, 2002.
- [3] 김학균 외, "1999년도 한국연안의 적조발생상황", 국립수산진흥원, pp206, 2000.
- [4] 국립수산과학원, <http://www.nfrda.re.kr>
- [5] 고철환 외, "1997. 해양생물학", 서울대학교출판부, pp83-120.
- [6] 서영상 외, "NOAA 위성자료에 의한 해수표면 수온분포와 *Cochlodinium polykrikodes* 적조발생의 상관성", 한국환경과학회지, 제9권, 제3호, pp215-221, 2000.
- [7] 김학균, "적조피해대책연구", 적조피해대책연구과제 최종보고서, pp3-4, 1999.