해양환경 모니터링 및 분석 시스템의 모델

박선* · 김철원** · 이성로***

Marine Environment Monitoring and Analysis System Model

Sun Park* · Chul Won Kim** · Seong Ro Lee***

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 대학중점연구소 지원사업으로 수행된 연구임(2011-0022980), 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음(NIPA-2012-H0301-12-2005)

요 약

국내 해양 환경에 대한 자동 감시 및 분석 연구는 미흡한 편에 있다. 최근 세계적으로 바다가 자원의 보고로 주목받으면서 해양 모니터링 기술에 대한 연구가 활발히 진행 되고 있다. 특히 해양 환경을 분석하고 이해하기 위해서는 지속적으로 해양 환경 자료를 수집해야 하나 아직 많은 부분에서 제약 사항으로 남아 있다. 자동화된 해양 환경 자료의 수집과 수집된 자료를 분석하여서 해양재해를 예측하면 기름 유출에 의한 해양오염의 피해, 적조에 의한 수산업의 피해, 해양환경 이변에 의한 수산업 및 재해 피해를 최소화하는데 기여할 수 있다. 본 논문은 해양환경 감시 및 분석 시스템의 모델을 제안한다. 제안 시스템은 해양환경 정보를 자동 수집하여 해양환경을 지능적으로 감시한다. 또한 수집된 해양 자료를 분석하여서 해양 재해를 예측한다.

ABSTRACT

The study of automatic monitoring and analysis of marine environment in Korea is not enough. Recently, the marine monitoring technology is actively being studied since the sea is a rich repository of natural resources that is taken notice in the world. In particular, the marine environment data should be collected continuously in order to understand and analyze the marine environment, however the marine environment monitoring is limited in many area yet. The prediction of marine disaster by automatic collecting marine environment data and analyzing the collected data can contribute to minimized the damages with respect to marine pollution of oil spill and fisheries damage by red tide blooms and marine environment upsets. In this paper, we proposed the marine environment monitoring and analysis system model. The proposed system automatically collects the marine environment information for monitoring the marine environment intelligently. Also it predicts the marine disaster by analyzing the collected ocean data.

키워드

해양환경 감시, 해양 재해 예측, 감시 및 분석 시스템, 예측 시스템

Key word

marine environment monitoring, marine disaster prediction, monitoring and analysis system, prediction system

* 정회원: 목포대학교 정보산업연구소 연구전임교수
** 종신회원: 호남대학교 컴퓨터공학과 교수(교신저자, cwkim@honam.ac.kr)
*** 정회원: 목포대학교 정보전자공학과 교수

접수일자 : 2012. 06. 07
심사완료일자 : 2012. 07. 14

Open Access http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2012.16.10.2113

ⓒThis is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/li-censes/by-nc/3.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Ⅰ. 서 론

국내는 삼면이 바다로 이루어져 있기 때문에 수산업이 많이 발달해 있으며 어업을 비롯한 다양한 종류의 양식업이 서해 및 남해야 잘 발달 되어있다. 국내의 수산업은 해양 환경이나 기상 환경에 따라서 많은 영향을 받는다. 특히 다양한 해양 환경 변화와 기상 이변의 증가로 수산업 피해 또한 증가하는 추세에 있다. 즉, 대량의 해양 원유유출과 같은 인공적 피해, 해양오염에 의한 대량의 적조발생, 태풍과 같은 자연 재해로 인하여서 대량의 경제적 손실을 동반한 수산업의 피해가 날로 증가하고 있다.

해양 재해에 의한 수산업의 피해는 해양환경 모니터링과 재해 예측방법들을 이용하여 대비함으로써 최소화 할 수 있다. 그러나 국내의 해양환경 모니터링 시스템에 대한 연구와 연구결과를 실제 해양환경에 적용하여서 해양 재해를 예측하는 연구는 극히 제한적으로 이루어지고 있다.

다음은 국내에서 연구되고 있는 해양환경 모니터링 및 해양 재해 예측 방법이다. 해양환경 모니터링 연구로는 해양관측용 부이[1-5], 기상 레이더 및 마이크로파 라디오피터[5], 국립수산원의 해양환경 모니터링 시스템[6], 수중 환경 모니터링 시스템[4] 등이 있다. 국내 수산업에 피해를 입히는 해양 재해는 적조발생, 원유 유출, 태풍과 같은 자연 재해가 있다.

해양관측용 부이[1-5]는 바다 표면의 환경변화를 수집에 주로 사용된다. 그러나 제작비용이 높고, 수집되는 환경자료가 극히 제한적이며 설치 장소 역시 제한이 있다. 국내에서는 해양기상관측부이 도입사업이 1995년부터 현재까지 추진되고 있으나 우리나라 해역에는 겨우 8개소만 설치 운용 중에 있다. 또한 해양기상관측부이는 선박이나 해상의 부유물체와 충돌사고가 자주 발생하고 있어서 지속적인 자료수집에 제한사항으로 작용하고 있다. 기상 레이더 및 마이크로파 라디오미터를 사용하여 해양 환경을 모니터링 하는 경우는 단순히 강우나 폭설의 여부만을 탐지 할 수 있는 등 극히 제한적인 탐색 영역을 갖고 있다. 현재, 국립수산과학원에서 운용중인 해양환경 모니터링 시스템의 경우, 각각의 해양 모니터링 목적에 따라서 분리 운영되기 때문에 통합운영에 대한 문제점을 가지고 있다. 또한, 모니터링 시기 또한 지속적으로 이루어지는 것이 아니라, 각기 운용목적에 맞추어 반기/분기/월별로 감시가 이루어지고 있다. 수중 환경 모니터링 시스템의 경우 제한 적인 통신범위 때문에 국내 원해의 해양환경 감시에는 제약 사항으로 작용하고 있다.

해양환경 재해에 대한 연구로 국내에서는 적조와 원유유출에 대한 연구가 진행되고 있다. 그러나 적조원인 생물의 생리적 특성 및 환경변화에 대한 생물의 반응이 주로 연구되고 있다. 이 때문에 국내의 해양 환경 및 수산업 환경에 맞는 적조 감시 및 예측 등의 다양한 자동화 방법에 대한 연구는 아직 미흡한 편이다[7-10]. 원유유출에 대한 국내연구로는 허베이 스프리트호의 원유유출 사고 시 유출유 확산예측시스템을 이용하여 원유의 이동방향 예측에 대한 연구가 진행되었다. 그러나 실제로는 단지 방향만 정확하게 예측하였으며 4시간 정도 시간 차이가 발생하였다. 이는 유출유의 확산 상태를 단지 인공위성과 항공기에 의존하기 때문에 정확한 확산분포 지역을 파악할 수 없는 문제가 있다. 정확한 유류확산 범위를 예측하기 위해서는 모든 국내 해역에 대한 정확한 환경 및 기상자료가 실시간 적으로 파악되어야 하며, 실시간 자료를 바탕으로 유류확산 예측을 할 수 있는 방법 및 분석 알고리즘이 필요하다[11-14].

해양 재해의 피해를 최소화시키기 위해서는 국내 전 해역의 정확한 해양환경 자료의 수집이 선행되어야 한다. 그러기 위해서는 국내의 원・근해의 모든 해역의 해양 환경을 모니터링 할 수 있는 해양 모니터링 시스템이 필요하다. 해양 모니터링 시스템의 요건으로는 전국 모든 해역에 쉽게 설치 할 수 있도록 소형으로 설계되어야 한다. 또한 고장이나 유실시 쉽게 재설치가 가능하도록 저렴해야 할 것 이다. 이후에는 수집된 해양환경 자료를 이용하여 해양재해를 분석하고 예측할 수 있는 방법이 필요하다.

본 논문은 국내 해양환경 모니터링 시스템과 해양 재해 예측 방법의 문제점을 해결하기 위해서 해양환경 모니터링 및 분석 시스템 모델을 제안한다. 제안된 시스템 모델은 국내의 원근해 해양환경을 지능적으로 수집 및 감시할 수 있는 모니터링 기능과 수집된 정보를 기반으로 해양 재해를 분석 및 예측할 수 있다.

제안 시스템의 장점은 다음과 같다. 첫째, 제안한 시스템은 위성과 CDMA(Code Division Multiple Access) 이중 통신 모듈로 구성하여 원해 및 근 해역을 지원하며, 부이를 지능화하여 해양환경을 효율적으로 모니터링

한다. 둘째, 부이의 전원 부를 태양 셀과 파랑 발전기로 이원화함으로써 급격한 해양환경변화에서도 지속적으로 작동할 수 있다. 셋째, 감시 부이의 크기를 소형화함으로써 저렴한 비용으로 국내의 전 해역에 설치가 가능하도록 하였다. 마지막으로 수집된 해양 환경 자료를 서버에서 분석하여서 해양 재해를 예측함으로써 수산업 및 재해의 피해를 최소화하는데 이용할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련연구로 해양환경 감시 시스템과 해양 재해 예측 및 분석 시스템에 대하여 알아보고, 3장에서는 제안 모델을, 4장에서는 결론 및 향후 연구 방향을 제시한다.

Ⅱ. 관련연구

현재 해양환경을 감시하는 시스템은 있으나, 본 논문에서 제안하는 것과 같이 해양환경을 모니터링 하여 분석할 수 있는 통합 환경에 대한 연구는 미흡한 편이다. 이 때문에 본 관련연구에서는 현재 각각 연구되고 있는 해양 환경 감시 시스템과 해양 재해 예측 및 분석에 대한 연구를 알아본다.

2.1. 해양환경 감시 시스템

Tateson등은 온도와 수압 측정 센서를 이용한 해양 모니터링 통신 모델을 연구하였다. 이들의 방법은 부표로 위치를 고정하여 송수신을 위한 안테나를 설치하였으며, 수중으로 유선으로 연결된 센서 패키지를 설치하였다[1]. 윤남열 등의 연구에서는 수질 환경 모니터링을 위한 해양 데이터 통신망을 구축하였다. 이들의 방법은 경포 호에 이더넷 및 CDMA를 이용할 수 있는 게이트웨어와 이더넷 기반의 웹 카메라, 온도, 염도, 용존산소량 등 수질 환경을 측정할 수 있는 9개의 센서로 구성되었다[2]. 이외에도 해양 기상 모니터링을 위해 레이더를 이용한 강우 및 폭설탐지와 마이크로파 라디오미터를 이용한 해수 온도변화 측정이 있다[4]. 유영호외의 연구에서는 해양환경 모니터링을 위한 표류부이를 연구하였다. 이들이 제안한 표류부이는 해상 풍, 해류 및 조류에 의해 유동할 수 있도록 설계되어 있으며, 위성 통신모델을 이용하여 측정된 수온과 염분 자료를 서버에 전송한다[5]. 국립수산과학원에서는 어족의 어장형성 해역에 대한 기초자료와 기후변동에 따른 향후 수산자원 변동 예측을 위한 기초자료로 활용하기 위해서 연안정지관측, 서해해양조사, 서해어장환경모니터링, 국가해양환경측정망, 유해적조모니터링, 한중황해환경모니터링조사, 해파리모니터링 등의 해양환경에 대한 다양한 감시시스템을 운영 중에 있다[6].

2.2. 해양 재해 예측 및 분석

우리나라 수산업에 피해를 주는 해양 재해로는 적조 발생, 기름유출, 태풍과 같은 자연재해 및 기타 재해 등이 있다. 자동화된 해양 재난 예측 및 분석에 대한 연구는 기름 유출에 의한 해양오염 피해나, 유해 적조발생에 의한 수산업의 피해, 해양환경 이변에 의한 피해를 신속히 대비하거나 예측 결과를 전파하여서 피해를 최소화하는데 기여할 수 있다.

2.2.1. 적조 발생 예측

국내의 적조에 의한 피해는 95년에는 역대 최대인 764억 원의 피해를 보였으며, 매년 여름 우리나라 남해안에서 발생하고 있으나 점차 동해안 및 서해안으로 영역이 증가하는 추세에 있다.

김진기 등[8]의 연구에서 원격탐측을 이용한 여수만 일대의 유해적조발생 예측기법을 제안하였다. 이들의 방법은 기존자료와 위성의 원격탐측 자료, 현장조사 등의 자료를 분석함으로써 기존 해류의 흐름과 이동경로를 기반으로 적조의 발생과 이동경로를 개략적으로 예측할 수 있다. Li와 Smayda[9]는 나라간트 만(Narragansett bay)의 38년 동안의 헤테로시그마 아카시오(Heterosigma akashiwo, 유해 적조생물) 자료를 분석하여 초기 적조 발생 주간과 최고 적조발생 기간의 두 분포간의 예측에 대하여 연구하였다. 참고문헌[8], [9]의 방법은 자동화된 예측방법이 아닌 사람이 직접 자료를 분석하여서 적조발생을 예측하는 방법이다. 송병호 등[10]은 사례기반 추론을 이용한 적조 예측 모니터링 시스템을 설계하였다. 이들의 제안방법은 기존의 적조발생 자료를 이용하여서 사례베이스를 생성하고, kNN(k Nearest Neighbor)알고리즘을 이용하여 가장 유사성이 높은 사례를 검색한다. 그러나 이들의 방법은 이전 적조 발생 자료와 비교하여서 유사도가 가장 높은 자료를 이용하여서 단순히 적조를 판별하였으며, 적조 생물의 증가 및 발생과 같은 수치형으로 처리하는 대에는 제한적이다.

2.2.2. 유출유 확산 예측

일반적으로 유출유의 모니터링은 항공기와 인공위성을 이용하고 있으며, 유출된 기름의 이동 경로를 예측하기 위해 수치모델을 이용한다. 2007년 12월에 발생한 허베이 스프리트 호의 1만 2547 *kl* 원유 유출사고로, 해양 생태계 피해액은 매년 약 1조 3000억에 달한다고 경기개발연구원에서 예측하였다. 이와 같은 사고는 한 번의 방재 작업으로 끝나는 것이 아니라 몇 십년동안 생태계에 피해를 입히며 경제적으로 많은 피해를 준다. 이러한 피해를 줄이기 위해서는 초기 방재작업이 중요하며, 초등 조치를 위해서는 정확한 유출유의 이동을 예측해야 한다[11].

박옥현 외 등은 랑그라지 동력학 이론을 적용한 해양에서의 기름확산 예측 방법을 연구하였다. 이들의 연구는 단지 이론적인 연구에 제한되었으며, 실제 해양환경에는 적용 하지 않았다[12]. 김혜진 등은 경기만과 여수 지역의 유출유 방제 업무 지원을 위한 환경민감도 정보를 GIS(Geographic Information System) 데이터베이스로 구축하고 GIS 프로그램을 개발하였다[13]. 양찬수 등은 인공위성 원격탐사 자료와 수치모델을 이용한 해상 유출유 예측의 향상에 대하여 연구하였다. 이들은 3차원 수치모델을 이용하여 2007년 12월 태안에서 발생한 허베이 스프리트 호의 유출유 이동을 예측하여 초기모델과 비교하여서 더 개선된 결과를 보였다[14].

Ⅲ. 제안 시스템

3.1. 시스템 전체의 구성도

본 논문은 해양 재해의 피해를 최소화 할 수 있도록 해양환경 감시 및 분석 시스템 모델을 제안한다. 제안 시스템 모델은 그림 1과같이 지능형 해양환경 감시 부이와 지능형 해양환경 예측/분석 서버로 구성된다. 지능형 해양환경 감시 부이는 해양환경 상황을 분석하고 지능적으로 자료를 수집하여 지속적으로 해양 정보를 기록/관리한다. 이렇게 수집된 정보를 이용하여서 지능형 해양환경 예측/분석 서버는 해양 재해를 분석하고 예측함으로써 해양재해의 피해를 최소화할 수 있다.

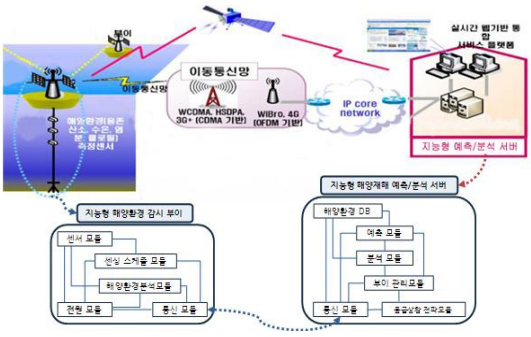

그림 1. 해양환경 감시 및 분석 시스템 모델
Fig. 1 Marine Environment Monitoring and Analysis System Model

3.2. 해양환경 모니터링 부이

해양환경 모니터링 부이는 그림 2와 같이 전원 모듈, 센서 모듈, 자동화 센싱 스케줄 모듈, 간이 해양 환경 분석 모듈, 통신모듈로 구성된다.

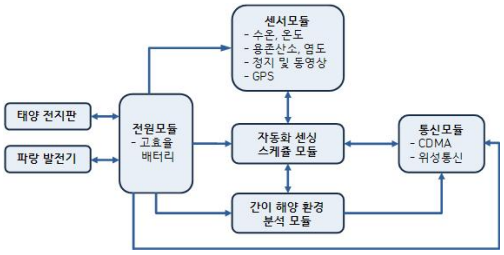

그림 2. 지능형 해양환경 모니터링 부이 시스템
Fig. 2 Smart marine environment monitoring buoy system

3.2.1. 전원 모듈

전원 모듈은 그림 3과 같이 부이를 위한 태양 전지판, 파도에 의한 저 전력 소형 발전기(파랑 발전기), 고효율 소형 배터리 등 3중의 전원 공급원이 구성된다. 이러한 전원공급원을 지능형 전원관리 모듈에서 각종 해상 상황에 맞도록 전원을 관리한다. 즉, 기상 악화 및 밤에도 지속적으로 전력을 공급하도록 전원을 관리한다.

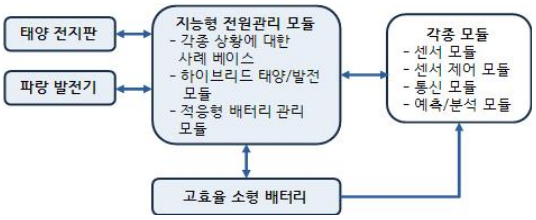

그림 3. 전원 모듈
Fig. 3 Power module

3.2.2. 센서 모듈

그림 4의 센서 모듈들은 해양환경 자료를 수집하기 위한 센서들로 구성되며, 초기 모형은 수온, 온도, 용존산소, 염도, 정지 및 동영상, GPS로 구성되며, 필요에 따라서 다양한 센서 모듈들이 추가된다.

3.2.3. 자동화 센싱 스케줄 모듈

지능형 자동화 센싱 스케줄 모듈은 그림 4와 같이 센서 모듈의 각 센서들의 해양환경 감시일정을 관리하는 모듈로 통신모듈을 통해 해행환경 모니터링 시스템 서버의 부이관리 모듈과 통신을 하며 각종 해양 상황에 맞추어 센서를 제어 및 관리한다.

그림 4. 센서 모듈 및 지능형 자동화 센싱 스케줄 모듈
Fig. 4 Sensor module and smart automatic sensing schedule module

3.2.4. 간이 해양환경 분석 모듈

간이 해양환경 분석 모듈은 부이의 센서에서 수집되는 해양 정보를 이용하여 1차로 해양환경 변화 예측 및 분석한다. 그림 5와 같이 간이 분석 모듈은 자동화 센싱 스케줄 모듈 및 통신 모듈과 연결되고, 통신 모듈을 통하여 간의 분석 및 예측 결과를 서버에 전달한다. 1차 분석 및 예측 결과는 서버의 예측 및 분석 모듈의 기본 자료로 활용된다. 즉, 부이의 센서 모듈에서 수집된 수온, 온도, 용존산소, 염도, GPS, 정지화상 및 동영상을 부이의 간이 해양환경 분석 모듈에서 해양 응급 상황 및 해양 재해 1차로 예측한다. 이렇게 예측된 결과를 유기관 긴급 상황 전파하고 서버의 2차 정밀 분석 및 예측의 기초 자료로 활용되어 정확한 해양환경 상황 판단 및 상황 관리를 할 수 있다.

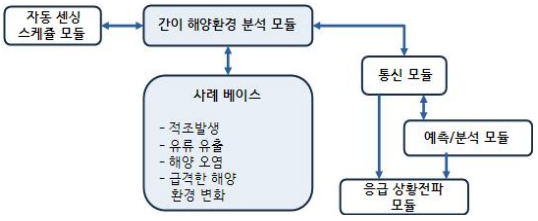

그림 5. 간이 해양환경 분석 모듈
Fig. 5 First marine environment analysis module

3.2.5. 통신 모듈

부이 통신모듈은 국내의 근해 및 원해에서 부이와 서버 간에 통신이 가능하도 CDMA와 위성통신 모듈의 이중 모듈로 구성된다. 즉, 근해는 무선 기지국을 이용하여 통신하여, 원해는 위성통신을 이용하여서 통신함으로써 감시 부이의 설치 지역의 제약 사항을 해결한다. 또한 통신모듈을 통하여 효율적인 해양환경 정보 및 자료 관리와 서버로부터 부이를 원격 제어한다.

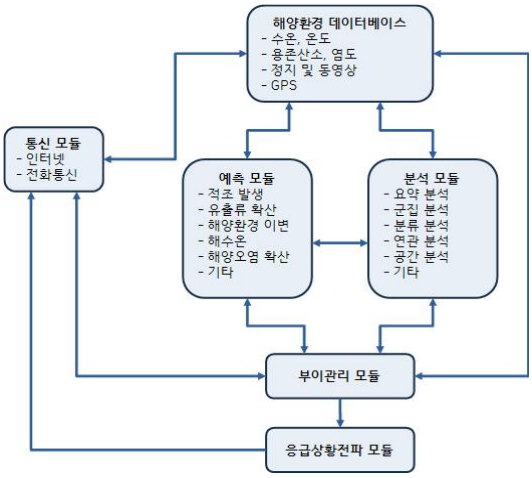

그림 6. 해양 재해 예측/분석 서버
Fig. 6 Marine disasters prediction/analysis server

3.3. 해양 재해 예측/분석 서버

해양 재해 예측/분석 서버는 그림 6과 같이, 통신 모듈, 해양환경 데이터베이스, 예측/분석 모듈, 부이관리 모듈, 응급상황전파 모듈로 구성된다.

3.3.1. 통신 모듈

서버의 통신 모듈은 인터넷과 전화통신망(2G/3G/LTE)으로 이원화하여서 구성되며, 전화망과 인터넷망을 이용하여 해양환경 감시 부이를 관리 및 통제한다. 또한 수집된 해양환경 정보를 수신하여서 해양환경 자원에 대한 실시간 웹기반 통합 서비스 플랫폼을 지원한다. 이외에도 해양 분석 및 재해의 예측 결과 자료를 사용자에게 송수신 하며, 응급상황 전파 시 전화통신을 이용하여 자동 메시지 및 음성 메시지를 전송한다.

3.3.2. 해양환경 데이터베이스

해양환경 정보는 자료 자체만으로 가치를 가지기 때문에 지속적인 기록유지와 관리가 매우 중요하다. 해양환경 데이터베이스는 통신 모듈을 통하여 부이로부터 해양환경 자료를 수신하여서 해양환경 데이터베이스를 구축한다.

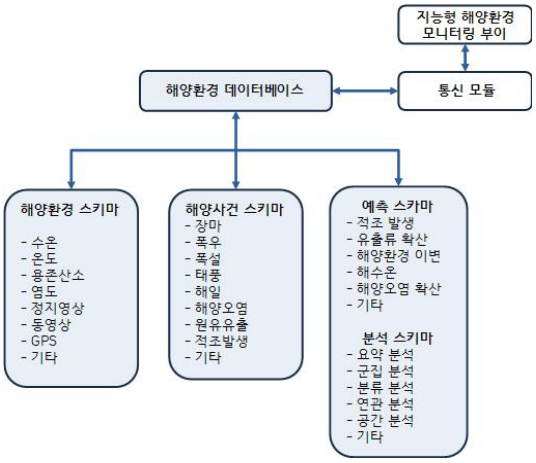

그림 7. 해양환경 데이터베이스의 자료 스키마
Fig. 7 Data schema of marine environment database

해양환경 데이터베이스는 국내 각 해역(서해/남해/동해)의 원해 및 근해 역의 각 지역별로 자료를 유지 관리할 수 있도록 그림 7과 같이 해양환경, 해양사건, 예측, 분석 등의 데이터베이스 스키마 구성된다. 해양환경 스키마는 각 해역별 수온, 온도, 용존산소, 염도, 정지 및 동영상, GPS 자료와 기타 추가 자료로 구성된다.

해양사건 스키마는 급격한 기상변화(장마/폭우/폭설/태풍/해일), 급격한 해양오염, 원유유출, 유해 적조 발생, 기타 해양 사고 정보로 구성된다. 예측/분석 스키마는 예측 및 분석 모듈의 결과로 구성된다. 이중 예측 스키마는 적조발생, 유출유 확산, 해양환경 이변, 해수온, 해양오염 확산 기타 예측 스키마로 구성되고, 분선 스키마는 요약, 군집, 분류, 연관, 공간, 기타 분석으로 구성된다.

3.3.3. 예측/분석 모듈

서버는 해양 재난 예측과 해양환경 분석을 위해서 그림 8과 같이 예측 모듈과 분석 모듈로 구성된다. 예측 모듈은 해양환경 데이터베이스의 자료를 이용하여서 적조 발생, 유출유 확산, 해양환경 이변, 해수온, 해양오염 확산, 기타 등을 예측할 수 있다. 분석 모듈은 해양 환경 자료를 이용하여서 요약, 군집, 분류, 연관, 공간, 기타 분석을 하고, 분석결과를 사용자에 서비스하거나 예측 모듈의 기초 자료로 활용한다. 이러한 예측/분석 모듈의 결과는 부이관리 모듈과 상호작용을 통하여 해양환경 데이터베이스 및 지능형 감시 부이와 피드백하며, 응급상황을 판단하여서 응급상황전파모듈에 상황을 전송한다.

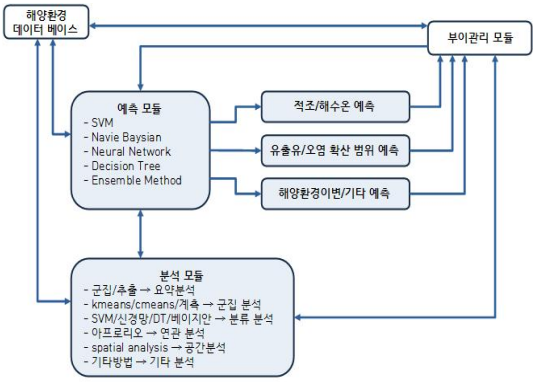

그림 8. 해양환경 모니터링 서버의 예측 및 분석 모듈
Fig. 8 Prediction/analysis module of marine environment monitoring server

3.3.4. 부이관리 모듈

서버의 부이관리 모듈은 통신 모듈을 이용하여서 해양환경 감시 부이를 관리 하고 통제한다. 또한 실시간으로 인터넷 상으로 관리/통제하기 위해서 웹기반 통합 서비스 플랫폼의 부이관리 모듈의 인터페이스를 제공한다.

3.3.5. 응급상황전파 모듈

응급상황전파 모듈은 해양 응급상황을 전파한다. 즉, 부이의 예측모듈이나 서버의 예측/분석 모듈의 예측 및 분석 결과 응급상황 발생하면 유기관이나 관련담당자에게 응급상황을 자동으로 전파한다. 또한 웹기반 통합 서비스 플랫폼에 실시간으로 상황을 공지한다.

Ⅳ. 결 론

본 논문은 국내의 원해 및 근해역의 해양환경을 지능적으로 수집 및 감시하고, 수집된 해양 환경자료를 분석하여서 해양 재해를 예측할 수 있는 시스템 모델을 제안하였다. 제안시스템은 지속적으로 해양환경을 모니터링 하여서 기록 유지할 수 있으며, 수집된 해양환경 정보를 분석해서 해양 재해를 예측하여서 해양재해의 피해를 최소화는 대에 활용 할 수 있다. 이후연구로는 제안 모델을 구현하고, 구현된 모델을 실제 해양환경에서의 실증 테스트에 대한 연구를 진행할 예정이다.

참고문헌

[1] J. Tateson, C. Roadknight, A. Gonzales, T. Khan, S. Fitz, I. Henning, N. Boyd, C. Vincent, and I. Marshall, "Real World Issues in Deploying a Wireless Sensor Network for Oceanography," In proceeding of REALWSN, Jun, 2005.

[2] 윤남열, 남궁정일, 박현문, 박수현, 김창화, "해양 적응형 무선센서네트워크 기반의 수중 환경 모니터링 시스템", Journal of Korea Multimedia Society, Vol. 13, No. 1. pp.122-132, Jan. 2010.

[3] 기상청, "http://www.kma.go.kr/index.jsp", 2011.

[4] 윤강호, "우리나라의 해양 기상/환경 모니터링 분야 기술현황 및 전망", 대한환경공학학회지 30권 2호, pp.128-135, 2008.

[5] 유영호, 강용수, 이원부, "해양환경모니터링을 위한 표류부이 개발", 한국마린엔지니어링학회지 제33권 제5호, pp.705-712, 2009.

[6] 해양수산연구정보포털, "http://portal.nfrdi.re.kr/page?id=pr_index", 2011.

[7] 국립수산과학원 적조정보 홈페이지 http://portal.nfrdi.re.kr/redtide/index.jsp

[8] 김진기, 윤홍주, "원격탐측을 이용한 여수만일대의 유해적조발생 예측기법", 한국GIS학회 춘계학술대회, pp.47-57, 2001.

[9] Y. Li and T. Smayda, "Heterosigma akashiwo (Raphidophyceae): On prediction of the week of bloom initiation and maximum during the initial pulse of its bimodal bloom cycle in Narragansett Bay", Plankto Biol. ecol. vol. 47 num. 2, pp. 80-84, 2000.

[10] 송병호, 정민아, 이성로, "사례 기반 추론을 이용한 적조 예측 모니터링 시스템 구현 및 설계", 한국통신학회논문지, 제35권 제12호, pp.1819~1826, 2010.

[11] 김상운, "허베이 스프리트호 원유유출사고와 방제시스템 개선 방법", 대한환경공학회지, Special Feature, pp.115-120, 2008

[12] 박옥현, 정산진, "해양에서의 기름확산 예측을 위한 Lagrangian 동력학 이론의 적용", 대한환경공학회지, 제7권 제1호, pp.1-11, 1985.

[13] 김혜진, 이한진, 이문진, "해양 유출유 사고 방제 지원 GIS 프로그램 개발", 한국지리정보학회지, 제9권 제3호, pp.58-66, 2006.

[14] 양찬수, 김도연, 오정환, "인공위성 원격탐사 데이터와 수치모델을 이용한 해상 유출유 예측 향상 연구: Hebei Spirit호 기름 유출 적용", Korea Journal of Sensing, Vol. 25, No. 5, pp.435-444, 2009.

저자소개

박선(Park Sun)

1996년 전주대학교(학사)
2001년 한남대학교(석사)
2007년 인하대학교(박사)
2008～2009년 호남대학교
컴퓨터공학과 전임강사
2010년 전북대학교 전기전자정보 인력양성사업단
박사후과정
2011년～현재 목포대학교 정보산업연구소
전임연교수
※관심분야 : 정보검색, 데이터마이닝, 데이터베이스,
해양생물 IT정보융합

김철원(Chul-won Kim)

1997년 광운대학교 (공학박사)
1988년~현재 호남대학교
컴퓨터공학과 교수
※관심분야 : XML 응용, 멀티미디어 정보검색,
멀티미디어 정보처리 및 응용

이성로(Lee Seong Ro)

1987년 고려대학교(학사)
1990년 한국과학기술원(석사)
1996년 한국과학기술원(박사)
1997년 9월～현재 목포대학교
정보전자공학과 교수
※관심분야 : 디지털통신시스템, 이동 및 위성통신
시스템, USN/텔레미틱스응용분야, 임베디드시스템