

오픈소스 기반 해양환경 모니터링 시스템

(Marine Environment Monitoring System based Open Source)

박선*, 차병래**, 김종원***

(Sun Park, ByungRae Cha, Jongwon Kim)

요약

최근 세계적으로 바다가 자원의 보고로 주목 받으면서 해양관련 기술에 대한 연구가 활발히 진행 되고 있다. 특히 해양 환경을 분석하고 이해하기 위해서는 지속적으로 해양환경 자료를 수집해야 하나 국내 해양환경 모니터링에 대한 연구는 미흡하다. 본 논문은 오픈소스 기반의 해양환경 감시 시스템을 제안한다. 제안 시스템은 하둡(Hadoop)기반의 시계열 데이터베이스를 이용하여 스케일 아웃(Scale out) 시스템으로 설계하여 수집되는 데이터가 늘어나더라도 컴퓨터 자원을 늘려서 쉽게 처리할 수 있다. 또한 수집되는 데이터를 시각화함으로써 해양 자료를 분석하는데 이용할 수 있다.

■ 중심어 : 해양환경 모니터링 ; 오픈 소스 ; 시각화 ; 스케일 아웃

Abstract

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 study of automatic monitoring of marine environment in Korea is not enough. In this paper, we proposed the marine environment monitoring system based on open source. The proposed system can be designed as a scale out system using Hadoop based time series database which it can easily process the increasing collection data by a scale out computer resources. It can also be used to analyze marine data by visualizing collected data.

■ keywords : Marine Environment Monitoring ; Open Source ; Visualization; Scale out

1. 서론

최근에 바다가 자원의 보고로 주목 받으면서 전 세계적으로 해양환경에 대한 연구가 각광을 받고 있다. 해양환경을 분석하고 이해하기 위해서는 지속적으로 해양환경에 대한 정보의 수집이 필요하기 때문에 해양 모니터링 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 국내는 삼면이 바다로 이루어져 있기 때문에 어업을 비롯한 다양한 종류의 양식 산업이 서해 및 남해 지역에 잘 형성 되어있다. 국내의 수산업은 해양환경이나 기상 환경에 따라서 많은 영향을 받으며, 기상이변 등 다양한 해양환경 변화의 증가로 매년 수산업에 대한 피해가 증가하는 추세에 있다. 세부 수산업에 대한 피해내용으로는 대량의 해양 원유유출과 같은 인공적 피해, 해양오염에 의한 대량의 적조발생, 태풍과 같은 자연 재해로 인하여서 대량의 경제적 손실을 동반한 수산업의 피해가 날로 증가하고 있다.

이러한 해양 재해에 의한 수산업의 피해는 해양환경에 대한 정보 수집과 분석을 통하여 피해를 최소화 할 수 있다. 그러나 국내의 해양환경 정보의 수집을 위한 모니터링 시스템 및 이를 분석하는 연구는 극히 제한적으로 이루어지고 있다. 국내에서 연구되고 있는 해양환경 모니터링 연구로는 해양관측용 부이, 기상 레이더 및 마이크로파 라디오피더, 해양환경 모니터링 시스템, 수중 환경 모니터링 시스템 등이 있다[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

본 논문은 국내 해양환경 모니터링 시스템에 대한 제한적인 연구를 향상시키기 위하여 오픈소스 기반의 해양환경 모니터링 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 국내의 해양환경 정보를 수집 및 감시할 수 있는 모니터링 기능과 수집된 정보를 분석하는데 이용할 수 있다.

제안 시스템의 장점은 다음과 같다. 첫째, 제안한 시스템은 LoRa (Long Range)를 이용하여 통신 모듈로 구성하여 저 전력으로 해양환경 정보를 수집할 수 있으며, 태양광 패널과 보조

*, ** 정회원, *** 교신저자, 광주과학기술원 전기전자컴퓨터공학부, 이 논문은 2016년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (2016R1D1A1B03934823). 이 논문은 2017년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.R7117-16-0218, 이중 다수 클라우드의 자동화된 SaaS 호환성 지원 기술 개발)

접수일자 : 2017년 09월 04일

수정일자 : 2017년 09월 19일

게재확정일 : 2017년 09월 27일

교신저자 : 김종원 e-mail : jongwon@gist.ac.kr

배터리를 이용 시 급격한 해양환경변화에서도 지속적으로 작동할 수 있다. 둘째, 하둡(Hadoop)기반의 시계열 데이터베이스를 이용하여 스케일 아웃(Scale out) 시스템으로 설계되어 수집되는 데이터가 늘어나더라도 컴퓨터 자원을 늘려서 쉽게 처리할 수 있다. 마지막으로 수집된 해양환경 자료를 시각화하여 보여줌으로써 해양환경 정보 분석에 이용할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련연구로 해양환경 모니터링 시스템과 오픈소스 프레임워크에 대하여 알아보고, 3장에서는 제안 시스템을, 4장에서는 제안 시스템의 테스트를 보인다. 마지막 5장에서는 결론 및 향후 연구 방향을 제시한다.

II. 관련연구

1. 해양환경 모니터링 연구

Tateson 등은 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 게이트웨이와 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[3]. 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[4]. 이운현외의 연구에서 서로 다른 프로토콜을 사용하는 센서들의 데이터를 통합시켜 육상으로 전송할 수 있는 게이트웨이를 설계하고 프로토타입을 구현하였다[5]. 국립수산물안전연구소는 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]. 박선외의 연구에서 해양환경정보를 자동으로 수집하여 해양환경을 지능적으로 감시하며 수집된 해양자료를 분석할 수 있는 해양환경 감시 및 분석 시스템의 모델을 제시하였다[7]. 박선외의 연구에서 새로운 패러다임 변화에 부합하는 융합형 해양장치에 대한 요구분석을 통하여 새로운 소프트웨어 중심의 융합형 해양 장치의 개념을 설계하고 제시하였다[8].

2. 오픈소스 프레임워크

가. LoRa

LoRa는 Long Range의 약어로서 대규모 저 전력 장거리 무선 통신 기술로 대기전력이 적고 모듈 가격이 저렴하다. LoRa는 별도의 기지국이나 중계 장비 없이 기기에 칩셋을 올려 저 전력으로 소규모 데이터를 주고받을 수 있다. LoRa의 통신 속도는 0.3 ~ 5 kbps이며, 가시거리가 확보된 환경에서 최대 21km까지 전파가 도달하는 등 통신 거리가 넓고, 전력 소모가 적어 단말 배터리 수명이 수년간 유지되는 장점을 가지고 있다. 또한, 많은 AP(access point)와 중계기가 필요 없이 인프라 구축비용을 낮출 수 있으며, 3/4G 셀룰라 네트워크에 비해 비용 효율성과 높은 확장 가능성을 제공한다. 국내에서는 SK가 LoRa망을 전국적으로 설치하여 IoT 서비스를 제공하고 있다. LoRa 한국 주파수는 920.9 ~ 923.3 MHz로 2016년 10월에 LoRaWAN 1.0.2와 함께 공표되었다[9].

나. Hadoop

Hadoop (High-Availability Distributed Object-Oriented Platform)은 아파치 오픈소스 프로젝트로 대량의 자료를 처리할 수 있도록 컴퓨팅 자원을 클러스터링 하여 분산 응용 프로그램이 클러스터에서 동작할 수 있도록 지원하는 소프트웨어 프레임워크이다. Hadoop은 분산 파일 시스템인 HDFS (Hadoop Distributed File System)에 데이터를 저장하고, 분산처리 시스템이 맵리듀스 (MapReduce)를 이용하여 대용량의 자료를 처리할 수 있다. [10].

다. Zookeeper

Zookeeper는 아파치 오픈소스 프로젝트로 야후 개발팀의 주도로 개발되었으며, 자바를 기반으로 동작하는 분산 클러스터 코디네이터로 복수개의 노드로 구성되는 응용프로그램을 관리 및 조율해주는 역할을 담당한다. 즉, 클러스터 노드에서 특정 데이터를 동기화한다든지, 어떤 노드가 죽었는지 등을 관리한다. Zookeeper는 메모리에 데이터를 저장하며 스토리에 스냅샷을 저장하는 인메모리 기반이기 때문에 응답속도(latency)가 낮고 처리량(throughput)이 높다[11].

라. Hbase

HBase는 Hadoop 플랫폼 기반으로 운영되는 공개 비관계형 분산 데이터 베이스 시스템이다. 아파치 소프트웨어 재단의

Hadoop 프로젝트 일부로서 개발되었으며 Hadoop의 분산 파일 시스템인 HDFS위에서 동작을 한다. 대량의 흩어져 있는 데이터 저장을 위한 무정지 방법을 제공하는 구글의 빅테이블과 비슷한 기능을 제공한다. HBase는 압축 및 인메모리 처리와 초기 빅테이블에 제시되어 있는 Bloom 필터 기능을 제공한다. HBase에 있는 테이블들은 Hadoop에서 동작하는 맵리듀스 작업을 위한 입출력을 제공하며 자바 API나 REST, Avro 또는 Thrift 게이트웨이를 통하여 접근할 수 있다[12].

마. OpenTSDB

OpenTSDB는 Hbase기반의 확장형 시계열 데이터베이스 (scalable time series database)이다. OpenTSDB는 시계열 데몬 (TSD; Time Series Daemon)들로 구성되며, OpenTSDB 상호작용은 TSD 하나 혹은 그 이상이 작동하면서 이루어진다. 각각의 TSD는 독립적이며 상태공유 없이 처리되기 때문에 여러 가지 일들을 하기위해서 여러 TSD들에게 일거리를 할당하여 처리할 수 있다. 각각의 TSD는 HBase를 사용하며 시계열 데이터를 가져와서 저장한다. HBase 스키마는 저장 공간을 줄이기 위해 비슷한 시계열 데이터를 빠르게 집약하는 것에 대해서 최적화 되어있다. TSD사용자는 텔넷 프로토콜, HTTP API, 빌트인 GUI 등을 이용하여 TSD와 통신 할 수 있다[13].

바. Grafana

Grafana는 시계열 데이터나 측정 정보를 보여주기 위한 대시 보드로 Gpaphite, Elasticsearch, OpenTSDB, Prometheus, InfluxDB, Cloudwatch 등의 다양한 데이터소스에 저장된 시계열 데이터를 시각화하여서 분석할 수 있도록 지원한다[14].

III. 해양환경 모니터링 시스템

1. 해양환경 모니터링 시스템 개념

본 논문은 해양환경 데이터 수집 및 수집 자료의 시각화를 통한 해양환경 정보를 분석할 수 있도록 지원하는 해양환경 모니터링 시스템을 제안한다. 그림 1은 제안 시스템의 개념도로 그림1(1)의 Marine μ Boxes와 그림1(2)의 Marine IoT-Cloud Hub로 구성된다. Marine μ Box는 해양환경 자료를 지속적으로 수집하고, 수집된 자료를 Marine IoT-Cloud Hub에 보내주는 역할을 한다. Marine IoT-Cloud Hub는 수집된 해양환경 자

료를 시계열 데이터로 저장하고 시각화하여 자료를 분석할 수 있도록 한다.

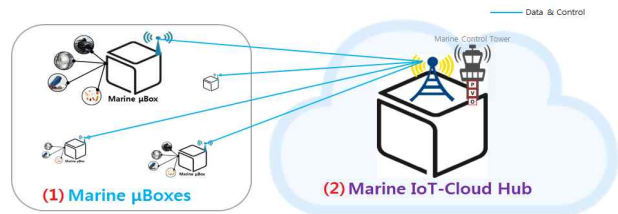


그림 1. M- μ Boxes와 Marine IoT-Cloud Hub로 구성된 해양환경 모니터링 시스템

2. Marine μ Box

Marine μ Box는 센서로부터 수집되는 해양환경 데이터를 Marine IoT-Cloud Hub에 보내주는 역할을 한다. 이를 위해서 본 절에서는 Marine μ Box의 하드웨어와 소프트웨어 모듈들을 설계 및 구현하였다.

(1) Marine μ Box 구성 하드웨어

그림2는 Marine μ Box의 하드웨어 구성을 보여준다. 그림 2(1)은 LoRa 통신모듈인 Dragino사의 LoRa Arduino Shield[15]로 수집된 센서 데이터를 LoRa 게이트웨이에 전달 하는데 이용된다. 본 논문에서 그림2(1)의 LoRa 주파수는 국내에 할당된 주파수대역중 920.9MHz로 설정하였다.

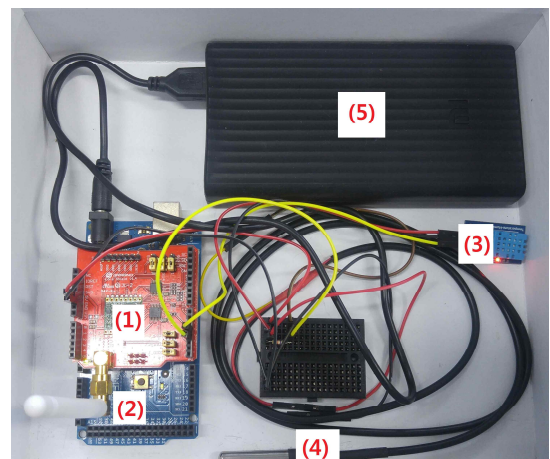


그림 2. Marine μ Box 구성 하드웨어

그림2(2)는 Arduino Mega 2560[16]으로 센서를 이용하여 데이터를 수집하고, 수집된 데이터를 LoRa 통신모듈을 통하여 전송하는데 이용된다. 그림2(3)은 온습도센서인 DHT11[17]로

온도 및 습도 값을 디지털 데이터 값으로 측정하여 Arduino에 전달한다. 그림2(4)는 수온센서인 DS18B20[18]으로 수온 값을 디지털 데이터 값으로 측정하여 Arduino에 전달한다. 그림2(5)는 샤오미 20000mAh 보조배터리인 YDDYP01[19]로 Marine μ Box에 전원을 공급하며, 그림2와 같은 하드웨어 구성 시 5일간 동작한다. 표1은 그림2의 Marine μ Box의 구성 하드웨어에 대한 세부 명세서를 나타낸다.

표 1. Marine μ Boxes 하드웨어 명세서

구분	구성내용
Arduino Mega 2560 [16]	• Microcontroller: ATmega2560, 16MHz • digital I/O Pins: 54 • Analog Input Pins: 16 • Flash: 256 KB • SRAM: 8KB / EEPROM 4KB
Dragino LoRa Shield [15]	• 168 dB maximum link budget • +20 dBm ~ 100 mW constant RF output vs +14 dBm high efficiency PA • Programmable bit rate up to 300 kbps
온습도센서 (DHT11) [17]	• Range: 0 ~ 50C • Humidity Accuracy: $\pm 5\%$RH • Temperature Accuracy: ± 2C
수온센서 (DS18B20) [18]	• Range: -55C ~ + 125C • Accuracy: ± 0.5C
Mi Powerbank 20000 보조배터리 (YDDYP01) [19]	• Type: Li-ion Battery • Power: 3.6V / 20,000 mAh • Operation temperature: 0C ~ 45C

(2) Marine μ Box 소프트웨어 모듈

Marine μ Box 소프트웨어 모듈은 그림3(1)의 Sensing Marine Data Module과 그림3(2)의 RoLa Communication Module로 구성되며, Arduino Mega 2560 상에서 실행된다. Sensing Marine Data Module은 해양 센서들로부터 해양환경 데이터를 수집한다. LoRa Communication Module은 수집된 해양환경 데이터를 Marine IoT-Cloud Hub의 LoRa 게이트웨이로 전송하며, 데이터 전송 이상 유무를 처리한다. Marine μ Box 소프트웨어 모듈은 C 언어를 이용하여 구현하였다.

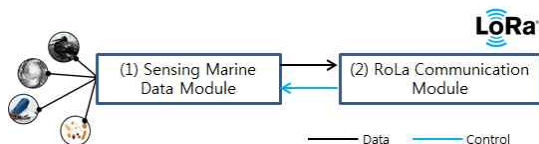


그림 3. Marine μ Box 소프트웨어 모듈

3. Marine IoT-Cloud Hub

Marine IoT-Cloud Hub는 Marine μ Box들로부터 수집된 해양환경 자료를 전달받아서 시계열 데이터로 저장하고 시각화한다. 이를 위해서 본 절에서는 Marine IoT-Cloud Hub의 하드웨어와 오픈소스 기반의 소프트웨어 모듈을 설계 및 구현하였다.

가. Marine IoT-Cloud Hub 구성 하드웨어

Marine IoT-Cloud Hub의 하드웨어는 시계열 데이터를 저장하고 저장된 데이터를 시각화하는 그림4(1)의 cluster node와 수집된 데이터를 수신하는 그림4(2)의 LoRa 게이트웨이로 구성된다. cluster node는 인텔 i3 CPU기반 PC (Personal Computer) 4대로 구성되며, 각 cluster node의 세부 하드웨어 명세서는 표2와 같다. LoRa 게이트웨이는 Dragino사의 LG01-P[20]를 사용하였으며, 하드웨어 세부 명세서는 표3과 같다.



그림 4. Marine IoT-Cloud Hub 구성 하드웨어

표 2. Marine IoT-Cloud Hub: cluster node 하드웨어 명세서

구분	cluster node 1	cluster node 2, 3, 4
CPU	i3-7100 (3.9GHZ)	i3-2120 (3.3GHz)
RAM	16GB	16GB
SSD	240GB	240GB, 120GB
HDD	1TB	1TB
NIC	1G * 4	1G * 4

표 3. Marine IoT-Cloud Hub: Dragino LoRa 게이트웨이 (LG01-P) 하드웨어 명세서 [20]

구분	구성내용
Linux Side	- Processor: 400MHz, 24K MIPS - Flash: 16MB ; RAM: 64MB
MCU/LoRa Side	- MCU: ATmega328P - Flash:32KB, RAM:2KB - LoRa Chip: SX2176/78
Interfaces	10M/100M RJ45 Ports x 2 - WiFi : 802.11 b/g/n - LoRa Wireless - Power Input: 12V DC - USB 2.0 host connector x 1 - USB 2.0 host internal interface x 1

나. Marine IoT-Cloud Hub 구성 소프트웨어

Marine IoT-Cloud Hub의 소프트웨어는 그림5의 cluster node 소프트웨어 모듈과 그림6의 LoRa 게이트웨이 소프트웨어 모듈로 구성된다.

(1) cluster node 구성 소프트웨어 모듈

cluster node의 소프트웨어 모듈은 컴퓨팅 자원이 필요시 cluster node만 추가하여 쉽게 확장할 수 있는 scale out 방식을 지원할 수 있도록 hadoop 기반으로 설계되었다. 그림 5(1)의 모든 cluster node에는 리눅스 운영체제인 ubuntu 16.04를 설치하였다. 그림5(2)와 같이 Hadoop 2.7.3[10]을 4개의 cluster node에 설치하여 클러스터링된 컴퓨팅 자원을 사용할 수 있도록 하였다. cluster node 2 (active)와 node 3 (standby)의 2개 node에 NameNode를 설치하여 고가용성(HA; high availability)을 지원하도록 하였다. NameNode는 분산된 데이터 블록들을 하나로 통합된 논리적 디스크 볼륨으로 볼 수 있도록 한다. 모든 노드에 data node를 설치하여서 데이터 블록들을 읽고 쓸 수 있다.

Hadoop의 분산 파일 시스템인 HDFS에 그림4(3)의 Hbase 1.2.6[12]을 설치하여 비관계형 (NoSQL) 분산 데이터베이스를 사용할 수 있다. HBase는 마스터-슬레이브 구조를 가지고 있으며 마스터는 HMaster, 슬레이브는 HRegionServer로 구성된다. cluster node 2에 설치된 HMaster Server는 단순히 HBase에 대한 설정파일들과 HRegionServer에 대한 정보만을 가지고 있다. cluster node 1, node 3, node 4에는 HRegionServer들을 설치하였다. HRegionServer는 HRegion이라 불리는 블록을 가지고 있으며, 이 블록에는 테이블의 행(row)에 대한 정보가 저장된다.

cluster node 2, node 3, node 4에는 그림5(4)와 같이

Zookeeper 3.4.6[11]을 설치하여 Zookeeper Ensemble을 구성하였다. Zookeeper는 네임서비스를 통해 하나의 서버만 서비스를 수행하지 않고 알맞게 분산해 각각의 클라이언트들이 동시 작업할 수 있도록 지원하여 부하를 분산시킨다. 또한 락(lock)을 통해 하나의 서버에서 처리된 결과가 또 다른 서버들과 동기화할 수 있도록 한다. 본 논문에서 Zookeeper Ensemble은 그림5(3)의 Hbase cluster와 그림5(5)의 OpenTSDB에 대한 분산 클러스터 코디네이터 역할을 수행한다.

그림5(5)와 같이 OpenTSDB 2.3.0[13]을 cluster node 1에 설치하였다. OpenTSDB의 시계열 데몬(TSD; Time Series Daemon)을 이용하여서 수집된 해양환경 데이터를 HBase에 시계열 데이터로 저장한다.

Grafana 4.4.3[14]을 cluster node 1에 설치하여 그림5(6)과 같이 Grafana Server를 구성하여, 그림5(5)의 OpenTSDB에 저장된 해양환경 시계열 데이터를 시각화하여 그래프로 보여준다.

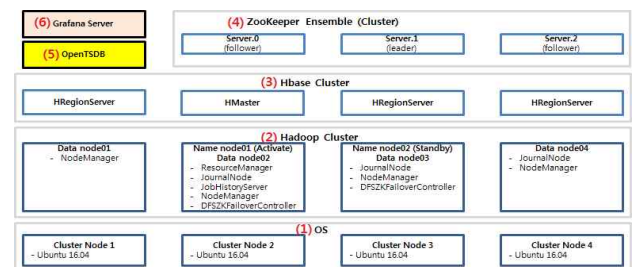


그림 5. Marine IoT-Cloud Hub: cluster node 구성 소프트웨어 모듈

(2) LoRa 게이트웨이 소프트웨어 모듈

LoRa 게이트웨이 소프트웨어 모듈은 그림6(1)의 RoLa Communication Module, 그림6(2) Buffering Marine Data Module, 그림6(3)의 Storing Marine Data Module로 구성되며, LoRa 게이트웨이인 LG01-P에서 실행된다. LoRa Communication Module은 Marine µBox 소프트웨어 모듈로부터 해양환경 데이터를 전송받거나, 전송요류 발생시 데이터의 재전송을 요청하도록 설계하였다. LoRa 게이트웨이의 RoLa Communication Module은 C 언어를 이용하여 구현하였다. Buffering Marine Data Module은 전송받은 해양환경 데이터를 cluster node 전송하기 위하여 임시로 저장하는 모듈이다. RoLa 게이트웨이의 Arduino 모듈과 RoLa 게이트웨이의 OpenWRT 모듈 간에 브리지를 연결하여 OpenWRT의 메모리에 해양환경 데이터를 임시로 저장하도록 설계하였다. Buffering Marine Data Module은 lua 스크립트를 이용하여 구현하였다. Storing Marine Data Module에서는 OpenWR에

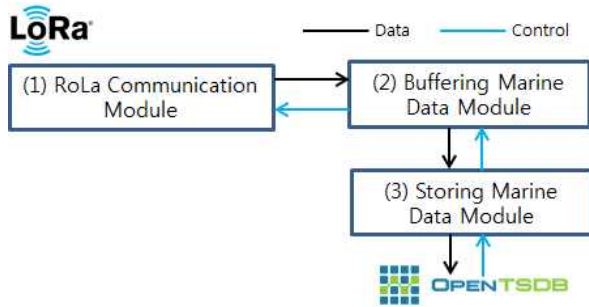


그림 6. Marine IoT-Cloud Hub: LoRa 게이트웨이 소프트웨어 모듈

임시로 저장된 해양환경 데이터를 cluster node의 OpenTSDB에 전송하여 시계열 데이터로 저장하도록 설계하였다. Storing Marine Data Module은 bash 셸 스크립트로 구현하였다.

IV. 해양환경 모니터링 시스템 테스트

1. 제안 시스템의 테스트 환경

제안된 해양환경 모니터링 시스템의 운영 테스트를 위하여 그림7과 같이 구성하였다. 그림7(1)과 같이 2개의 Marine μ Box로 구성하였으며, 각각의 Marine μ Box는 2개의 센서를 통하여 온도, 습도, 수온 데이터를 수집한다. 수집된 데이터는 그림7(2)의 Marine IoT-Cloud Hub에 OpenTSDB의 시계열 데이터로 저장되고, Grafan를 통하여 시각화하여 그래프로 보여준다.

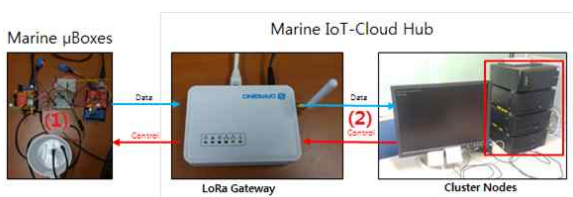


그림 7. 제안 시스템의 테스트 구성도

제안 시스템의 운영 테스트는 Marine μ Box의 수집된 데이터의 시각화 부분과 Marine IoT-Cloud Hub의 각 cluster node들의 cpu의 사용량에 대하여 1분 및 5분 단위로 측정하여 시각화에 대하여 테스트 한다. 표4는 Marine μ Box와 Marine IoT-Cloud Hub의 cluster node에 대한 OpenTSDB의 스키마 생성명령어를 보여준다. 첫 번째 Marine μ Box (node 1)는 Marine IoT-Cloud Hub에서 2m 떨어진 같은 연구실에 위치하며 두 번째 Marine μ Box (node 4)는 Marine IoT-Cloud Hub부터 30m 떨어진 다른 연구실에 위치한 실내 환경 정보를

측정하였다. Marine μ Box (node 1)는 실내에 오픈되어 있으며, Marine μ Box (node 4)는 이동을 고려하여 종이박스에 패키징되어 있다.

표 4. OpenTSDB 시계열 스키마 및 생성명령어

구분	시계열 스키마
Marine μ Box	tsdb mkmetric monitoring.humidity monitoring.temperature.air monitorying.temperature.water
Marine IoT-Cloud Hub: cluster node	tsdb mkmetric proc.loadavg.1m proc.loadavg.5m

2. 제안 시스템 테스트 결과

다음 그림8은 2017년 7월 12일부터 2017년 8월 10일 한 달 동안 2개의 Marine μ Box로부터 수집된 데이터를 시각화 하여 그래프로 보여주는 결과이며, 그림9는 최근 12시간 동안 수집된 데이터의 시각화 결과이다. 그림8(1)과 그림9(1)은 두 Marine μ Box에서 수집된 온도 데이터이며, 그림8(2)와 그림9(2)는 습도데이터, 그림8(3)과 그림9(3)은 수온 데이터이다. 그림8 및 그림9에서 녹색 그래프는 Marine μ Box (node 1)를 나타내며, 노란색은 Marine μ Box (node 4)를 나타낸다.



그림 8. Marine μ Box의 한 달간 수집 데이터 시각화 결과



그림 9. Marine μ Box의 12시간 수집 데이터 시각화 결과

그림10은 2017년 7월 12일부터 2017년 8월 10일 한 달 동안 Marine IoT-Cloud Hub의 4개 cluster node에서 수집된 CPU 사용부하 데이터를 시각화 하여 보여주는 결과이며, 그림

11은 최근 3시간 동안 수집된 CPU 사용부하 데이터의 시각화 결과이다. 그림10(1)과 그림11(1)은 Marine IoT-Cloud Hub의 4개 cluster node로부터 1분간 수집된 CPU 사용 부하 데이터이며, 그림10(2)과 그림11(2)은 5분간의 CPU 사용 부하 데이터이다. 그림10과 그림11에서 녹색은 cluster node 1을, 노란색은 cluster node 2를, 파란색은 cluster node 3을, 오렌지색은 cluster node 4를 나타낸다.

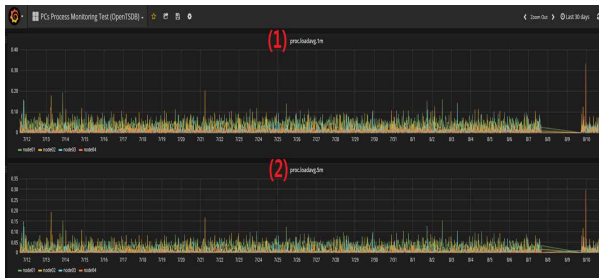


그림 10. 한 달간 수집된 Marine IoT-Cloud Hub cluster node의 CPU 부하 데이터 시각화 결과



그림 11. 3시간 수집된 Marine IoT-Cloud Hub cluster node의 CPU 부하 데이터 시각화 결과

V. 결 론

본 논문은 오픈소스 기반의 해양환경 모니터링 시스템을 제안하였다. 제안 시스템은 LoRa를 이용하여 저 전력으로 해양환경 정보 수집이 가능하며, 하둡(Hadoop)기반의 시계열 데이터베이스를 이용하여 스케일 아웃(Scale out) 시스템으로 설계되어 컴퓨팅 노드의 추가가 용이하고, 수집된 해양환경 자료를 시각화 하여서 해양환경 정보를 분석할 수 있다. 본 논문에서는 설계된 해양환경 모니터링 시스템의 테스트를 위하여 단지 2개의 센서로부터 수집되는 3개의 센싱 데이터만을 다루고 있다. 추후에는 제안된 모니터링 시스템의 실험환경 테스트를 위한 다양한 센서의 추가와 패키징에 대한 연구를 진행할 예정이며, 실시간으로 수집되는 자료를 분석할 수 있는 패스트 데이터 처리에 대한 연구를 진행할 예정이다.

REFERENCES

- [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. 122-132쪽, Jan. 2010.
- [3] 윤강호, "우리나라의 해양 기상/환경 모니터링 분야 기술현황 및 전망", *대한환경공학학회지* 제30권, 제2호, 128-135쪽, 2008.
- [4] 유영호, 강용수, 이원부, "해양환경모니터링을 위한 표류부이 개발", *한국마린엔지니어링학회지* 제33권 제5호, 705-712쪽, 2009.
- [5] 이운현, 김시문, 권혁진, 김정창, "해양관측 부이시스템을 위한 게이트웨이 설계", *한국통신학회 2016년도 동계종합학술발표회*, 199-200쪽, 2016.
- [6] 국립수환과학원, "<http://www.nifs.go.kr>", 2017.
- [7] 박선, 김철원, 이성로, "해양환경 모니터링 및 분석 시스템의 모델", *한국정보통신학회논문지*, 제16권 제10호, 2113-2120쪽, 2012.
- [8] 박선, 차병래, 김중원, "소프트웨어 중심 융합형 해양장치에 대한 요구 분석 및 개념 설계", 2017년도 *한국통신학회 동계종합학술발표회 논문집*, 133-133쪽, 2017.
- [9] LoRa, <https://en.wikipedia.org/wiki/LPWAN>, 2017.
- [10] Apache Hadoop, <https://hadoop.apache.org/>, 2017.
- [11] Apache Zookeeper, <https://zookeeper.apache.org/>, 2017.
- [12] Apache Hbase, <http://hbase.apache.org/>, 2017.
- [13] OpenTSDB, <http://opentsdb.net/>, 2017.
- [14] Grafana, <http://docs.grafana.org/>, 2017.
- [15] Arduino Mega 2560, <https://store.arduino.cc/usa/arduino-mega-2560-rev3>, 2017.
- [16] LoRa Shield, <http://www.dragino.com/products/lora/item/108-lora-gps-shield.html>, 2017.
- [17] DHT11 Sensor, <http://www.micropik.com/PDF/dht11.pdf>, 2017.
- [18] DS18B20 Sensor, <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>, 2017.
- [19] Mi Powerbank 20000, http://files.xiaomi-mi.com/files/power_bank_20000/powerbank20000-en.pdf, 2017.

- [20] LG01-P LoRa Gateway,
<http://www.dragino.com/products/lora/item/117-lg01-p.html>, 2017.

저 자 소 개



박 선

2007년 인하대학교 컴퓨터정보공학과
공학박사
2008년 호남대학교 컴퓨터공학과 전임
강사
2010년 전북대학교 인력양성사업단 박
사후 과정

2010년 목포대학교 정보산업연구소 연구전임교수

2013년 ~ 현재 광주과학기술원 연구조교수

<주관심분야 : 정보검색, 데이터마이닝, 해양IT정보융
합, 클라우드 컴퓨팅, IoT, 스토리지 시스템>



차병래

2004년 목포대학교 대학원 컴퓨터공학
과 졸업(공학박사)
2005년 호남대학교 컴퓨터공학과 전임
강사
2009년 ~ 현재 광주과학기술원 정보통
신공학부 연구조교수
2012년 ~ 현재 제노테크(주) 대표

<주관심분야 : 정보보안, IDS, Neural Network, Cloud
Computing, VoIP, NFC 등>



김종원

1997년 University of Southern
California 연구 조교수
1999년 Technology Consultant for
VProtect Systems Inc.
2000년 Technology Consultant for
Southern California Division

of InterVideo Inc.

2001년 광주과학기술원 정보기전공학부 부교수

2008년 ~ 현재 광주과학기술원 정보통신공학부 교수

<주관심분야 : Future Internet, SDN & NFV, SDI>