



The Simplified Ocean Wave Height Observation System Based on Location

Sanghyun Park^{1,2}, Yongpal Park¹, Dongjin Bae¹, Jinsul Kim², Jongsu Park^{*1}

¹*Oceaneng(Ltd.), 54-9, Oktogol-gil, Gwangju-si, Gyeonggi-do, Republic of Korea*

²*School of Electronics & Computer Engineering, Chonnam National University*

ABSTRACT

In this paper, we propose a location-based simplified oceanographic surveying system. The simplified oceanographic observation system consists of a device for observing the ocean wave and a monitoring server for storing information based location. The simplified type of ocean wave surveying equipment is a small type, and it can be easily installed and deployed on ships and light buoys. Ocean wave observation equipment consists of a data logger, acceleration sensor, GPS and WCDMA module. The oceanic wave observation equipment operates at low power and physically cuts off power by using RTC when not observing. The power supply uses an external power source and can be used by attaching it to a ship or light buoy which is capable of using power at sea. The simple marine digger uses GPS to provide the ability to notify the date, time, and location to registered contact when a ship or light buoy is missing. We can also use a smartphone-based application to map the location of simplified marine wave observation devices. Therefore, it is possible to visit the equipment more quickly when leaving. Generally, large equipment, such as coastal wave buoy and weather buoy is mainly used to measure the crest, but the simple type ocean wave height observation equipment developed by us is small and can be easily installed in desired places. It is the most important factor in oceanographic observation and is proved through experiments that it is possible to measure the accurate wave height with the small type observation equipment developed in this paper. In addition, we can collect location information, wave-height and weather information, and corresponding dates through location based monitoring server.

© 2018 KKITS All rights reserved

KEYWORDS: Ocean wave height, Simplified ocean buoy, Observation system, Location tracking, Data logger

ARTICLE INFO: Received 12 November 2018, Revised 29 November 2018, Accepted 7 December 2018.

*Corresponding author is with the Oceaneng(Co., Ltd.),
138-23, Gobul-ro, Gwangju-si, Gyeonggi-do, Republic of

Korea
E-mail address: oceaneng@hotmail.com

1. 서론

기상기후를 예측한다는 것은 매우 어려운 일이다[1]. 최근에는 이상기후가 발생하면서 농·어촌에 피해가 상당하였으며, 일반 시민들도 예측할 수 없는 이상기후[2]로 인하여 많은 피해를 본 사례들이 점차 늘어나고 있는 상황이다. 해마다 주기적으로 내리던 장마는 시기와 관계없이 폭우가 내리고 있는 상황이며, 태풍[3]이 발생하는 빈도도 점차 늘어나고 있는 실태이다. 내륙에는 고가의 장비와 많은 기상 업체들이 기상기후를 관측하고 예측하고 있다. 또한 휴대용 관측 장비들이 저렴해지면서 일반 사람들도 휴대하여 실시간으로 정보를 공유하고 있는 상황이다. 최근 언론에서는 태풍을 보도하기 위하여 비주얼 맵인 어스널스쿨(earth.nullschool.net)를[4] 활용하여 태풍의 경로를 보도하고 있다.

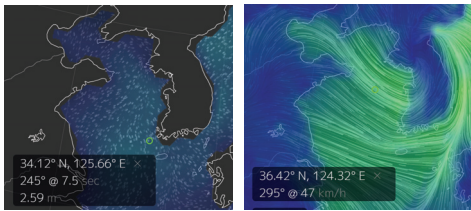


그림 1. 카메론 베카리오의 어스널스쿨
Figure 1. Earth Nullschool of Cameron Beccario

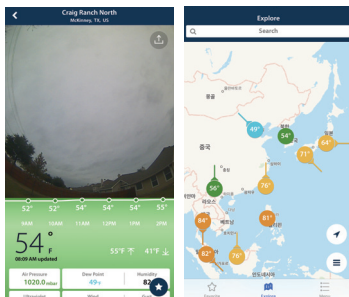


그림 2. Bloom Sky의 앱
Figure 2. App of Bloom Sky

어스널스쿨은 개발은 미국의 미술가 겸 엔지니어

출신으로 카메론 베카리오(Cameron Beccario)가 어스 프로젝트(Earth Project)란 이름으로 개발한 사이트이다. 현재는 일본 도쿄에서 활동하고 있으며, 일본의 기상정보를 토대로 비주얼 맵을 보여주고 있다. 실제 국내에 태풍이 북상하였을 때 이 사이트를 토대로 태풍의 예상경로와 해양의 파고를 예측할 수 있었으며 어느 정도 정확성을 가지고 있다. 전 세계적으로 15만대이상 설치되고 있는 Bloom Sky는[5] 미니 기상대라는 호칭을 받고 있으며, 개개인이 손쉽게 미니 기상대를 설치하고 있다. Bloom Sky는 일정시간마다 기상 사진촬영과 날씨(온도, 습도, 풍향, 풍속, 강수 등) 정보들을 Bloom Sky[6] 서버에 전송하고 이를 앱과 웹을 통하여 사용자들에게 보여주고 있다. Bloom Sky는 각 지역 날씨를 촬영한 사진을 시간대별로 볼 수 있으며 이전 날씨도 시간대별로 확인이 가능하다. IT 기술[7] 발전과 소셜 미디어가 발달함에 따라서 국가기관보다는 기업 및 개인의 정보들이 오히려 신뢰가 높은 사례가 나타나고 있는 상황이다. 대부분의 기상관측 장비들[8]은 내륙위주로 발전 및 개발되고 있다. 해양과 관련해서는 선진국 위주로 기업들의 지속적인 투자와 개발로 기술들이 점차 발전해가고 있다. 하지만 국내에서는 국가 및 기업들이 해양관련[9]해서는 투자와 개발이 소극적인 현실이다. 이는 설치에 있어 위험부담 및 각각에 기관들의 협조와 이해관계가 있기 때문에 개발이 쉽지 않은 환경이다.



(a) 기상부이 (b) 파고부이

그림 3. 기상청의 부이 설치 위치

Figure 3. Buoy Installation Location of Meteorological Agency

<그림 3>은 기상청[10]에서 설치 및 관리하고 있는 부이 설치 위치사진이다. (a)는 기상부이로써 풍향, 풍속, 기압, 습도, 기온, 수온, 파고[11], 파향[12][13]을 측정을 하는 대형 부이이며 해상에 17개가 설치되어 있다. (b)는 파고부이로써 중소형 타입에 파고와 수온을 관측하는 장비이다. 파고부이는 61개가 설치되어 운영되고 있다. 그 외에 등표는 9개가 설치되어 있으며, 풍향, 풍속, 기온, 기압을 관측한다. 총 86개의 기상청에서 설치한 기상장비는 날씨누리 웹사이트를 통하여 정보를 제공하고 있다. 많은 지역에 분포되어 있는 파고부이는 구형대로써 61여개가 분포되어 있으며 주로 파고와 파주기, 수온을 측정한다. 기상청에서 사용하는 파고관측 장비는 대체적으로 부피가 크기 때문에 파고 측정시 잔물결에 따른 노이즈가 대체적으로 상쇄가 된다. 하지만 부피가 큰 만큼 설치가 쉽지 않고 유지보수와 금액이 고가이기 때문에 더 많은 지역에 설치가 어렵다는 한계가 있다. 따라서 본 논문에서는 약 1730개소의 등부표와 선박에 쉽게 설치할 수 있는 간이형 파고관측 장비를 개발하고자 한다. 간이형 파고 관측 장비는 기상청에서 운영하는 파고관측 장비보다 크기가 작기 때문에 노이즈가 많이 발생한다. 따라서 <그림 4>와 같이 칼만 필터를 기반으로 하이패스 필터와 밴드 패스 필터를 추가적으로 적용하여 고주파와 저주파에 따른 노이즈 상쇄 및 잔물결로 인하여 발생하는 노이즈를 상쇄시켰다. 따라서 본 논문에서 연구한 알고리즘을 적용하여 기상청에서 사용하는 파고부이와 동일한 성능의 간이형 파고관측 장비를 비교 실험을 통하여 증명하였다.

비교실험은 1차적으로 내부에서 개발한 파고관측 장비와 비교실험을 진행하였으며 2차적으로 기상청의 날씨누리 웹사이트를 통하여 공표되고 있는 파고부이와 비교실험을 진행하였다.

해상의 파고는 태풍뿐만 아니라 쓰나미 등 해상

에서 가장 중요한 요소이다. 하지만 인근에 기상장치가 없는 지역에서는 멀리 있는 기상장비에 의존하여 출항을 하기 때문에 날씨가 좋아도 나가지 못하는 사례가 빈번하게 발생한다. 따라서 위와 같은 사례를 최소화하기 위하여 휴대가 가능한 간이형 파고관측 장비를 개발 및 보급하여 다양한 지역에 설치할 수 있도록 하는 것이 목적이다. 설치 위치는 2017년 통계청 자료에 집계된 약 1730개소 등부표와 이동하는 선박에 설치할 예정이며 위치별 수집한 해양 정보를 분석 및 분류하는 서버 프로그램을 개발하여 사용자에게 정보 제공과 선박 또는 등부표 이탈시 알려주는 알람 기능을 제공하고자 한다. 비교 실험시 기상청의 파고 데이터는 날씨누리 웹 사이트를 통하여 정보를 제공받고 본 논문에서 제안한 간이형 파고관측 데이터는 WCDMA(Wideband Code Division Multiple Access)[14]통신을 이용하여 데이터를 제공받아 비교분석한다.

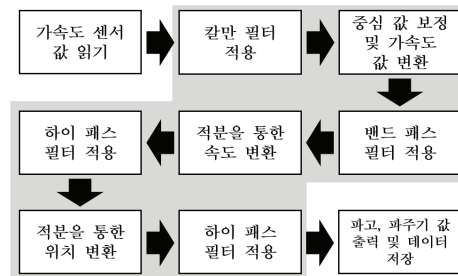


그림 4. 간이형 파고관측 알고리즘 순서도
Figure 4. Flow Chart of Simplified Ocean Wave Height Observation Algorithm

2. 관련연구

해상관측에 있어서 파고관측은 매우 중요한 정보의 요소로써 파고와 파주기 관측을 통하여 태풍 및 쓰나미[15] 등 다양한 해양 정보를 습득할 수 있으며, 예측이 가능하다. 파고 관측과 관련해서는

다양한 연구가 진행되었으며, 국내에서 관측한 파고 데이터는 아래 <표 1>을 토대로 사람의 육안으로 직접 관찰을 하였다.

표 1. 기상청의 풍랑 계급표
Table 1. Wind Wave Class Table of Meteorological Agency

풍랑계급	풍랑계급의 설명	파의 높이(m)
0	거울처럼 매끄러움	0
1	잔물결	0을 초과 0.1까지
2	매끄러움, 작은 물결	0.1을 초과 0.5까지
3	다소 파가 존재	0.5를 초과 1.25까지
4	상당히 파가 존재	1.25를 초과 2.5까지
5	파가 다소 높음	2.5를 초과 4까지
6	파가 상당히 높음	4를 초과 6까지
7	상당히 거칠어져 있음	6을 초과 9까지
8	매우 거칠어져 있음	9를 초과 14까지
9	비정상적인 상태	14를 초과

통상적으로는 숙련된 관측자가 해양의 파를 10~20개정도 관측을 한 후 파고와 파주기의 평균값들을 이용하여 유의 파고를 계산한다. 관측자는 계산한 파주기와 유의파고 정보를 기상청에 보고하는 방식으로 시간대 별로 진행을 한다. 현재는 다양한 시스템 개발로 인하여 주로 사용되지 않는 방법이다. 국내에서는 해양파고를 측정하기 위하여 <그림 5>와 같이 2가지 타입의 해양파고 측정 장치를 사용하고 있다.



(a)액체를 이용한 파고장치



(b)부이식 파고장치

그림 5. 국내에서 사용하고 있는 해양파고 측정 장치
Figure 5. Ocean Wave Measuring Instrument Device used in Korea

(a)는 네덜란드에 있는 Datawell회사의 Hippy-40으로써[16] 액체 기반의 중력센서를 이용한 파고 측정 장치이다. 해양의 파고와 파향이 측정이 되며 주로 기상부이에 설치가 된다. Hippy-40은[17] 내부에 액체가 있기 때문에 무게가 35kg이나 된다. (b)는 부이식 파고장치로써 국내에서 개발한 해양파고 측정 장치이며 주로 파고와 수온을 측정한다. 무게는 기상부이보다는 가볍고 설치하기가 용이하기 때문에 국내에서 60개소 설치하여 운행 중에 있다. 부이식 파고부이는 대체적으로 가속도 센서를 사용하여 파고를 측정한다. 태풍에 발생이 빈번한 일본에서는 다양한 파고측정 장치[18]가 개발되고 있으며, 연안에 설치하는 초음파식 파고계, 수압방식의 파고계 등 다양한 방식으로 해양의 파고를 측정을 하고 있다. 하지만 현재 개발되어진 파고 측정 장치는 혼자서 설치가 불가하며 별도의 장소를 섭외하거나 중장비를 이용하여 설치하여야 하는 번거로움이 있다. 또한 설치 중에 안전문제가 발생할 수 있는 여지를 가지고 있기 때문에 많은 기상사업자들이 기피하고 있는 상황이다. 따라서 본 논문에서는 이와 같은 문제를 해결하기 위하여 간이형 파고관측 시스템을 개발하였으며, 혼자서도 쉽게 설치가 가능하며 손쉽게 데이터를 제공받을 수 있는 시스템을 제안하고자 한다. 데이터는 스마트폰 기반의 앱을 통하여 날짜, 시간별로 자신의 해양관측 장비를 확인할 수 있도록 한다. 본 논문에서는 파고측정 장치를 검교정을 통하여 교정을 하고 기상청 파고 측정 장치와 비교실험을 통하여 파고측정값의 검증을 비교하고자 한다.

3. 전체 시스템 구조

3.1 파고관측 장비의 전체 기능구조

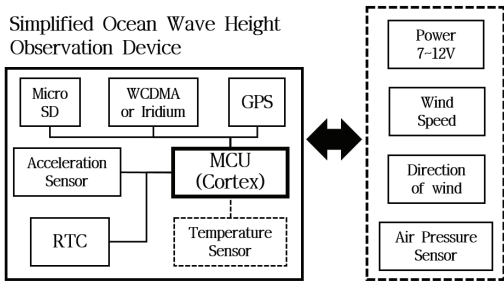


그림 6. 간이형 해양파고 측정 장비의 전체구조
Figure 6. Whole Structure of Simplified Ocean Wave Height Measurement Device

간이형 해양파고 관측 장비의 전체 기능구조는 <그림 6>과 같다. 전반적인 시스템의 제어는 MCU (Micro Controller Unit)가 담당을 하며, ARM Cortex 계열을 사용한다. MCU는 RTC를 이용한 전원관리 및 센서 제어, 관리를 담당을 하며 수집한 데이터를 기상청 서버에 전송하기 위한 전문을 작성을 한다. 작성한 전문은 WCDMA 및 위성통신을 이용하여 설정한 시간 주기별로 데이터를 전송한다. 파고를 측정하는 알고리즘은 MCU에 내장되어 있어 시간대별로 데이터를 수집하고 유의파고, 최대파고, 평균파고, 평균 파주기를 계산한다. 장치의 위치 및 날짜, 시간 정보는 GPS(Global Positioning System)를 통하여 정보를 수집한다. 수집한 데이터는 데이터를 서버에 전송할 때 전송한 시점의 날짜, 시간, 위치를 함께 전송한다. 해상에서는 데이터를 전송하는데 제약이 많이 따른다. 따라서 일반적으로 WCDMA 통신을 사용하며, WCDMA통신이 원활하지 않은 지역에서는 Iridium을 이용한 위성통신을 사용하여 데이터를 전송한다. 전력 소비 및 데이터 전송속도는 WCDMA가 우수하지만 통신이 원활하지 않는 곳에서는 위성통신이 필요하기 때문에 상황에 따라 선택하여 사용할 수 있도록 구성을 하였다. Micro SD는 시스템의 로그파일을 저장하는 공간으로써 32GB까지 지원을 한다. 파고 관측장비의 블랙박스 같은 역할을 하며, 시스템

내부의 동작되는 내용과 최종 데이터를 전송하였을 때의 정보를 실시간으로 저장을 하게 된다. 파고는 가속도 센서를 이용하여 측정을 하며, 10분 동안의 2200개의 파고 데이터를 수집을 하여 유의파고, 최대파고, 평균파고, 평균 파주기 데이터를 도출한다. 해양에서는 전력소비가 매우 중요한 부분이기 때문에 동작을 하지 않는 시간에는 대기모드가 아닌 전력을 원천적으로 차단 및 효율적으로 사용하기 위하여 RTC 기능을 사용한다. MCU가 일정시간에 RTC에 명령어를 보내면 전체적인 시스템의 전원을 물리적으로 차단한다. 또한, 측정이 필요한 시간이 되면 다시 전원이 공급되어 시스템이 동작을 하게 된다. 온도 센서는 옵션부분으로 기본 구성에는 포함되지는 않지만 상황에 따라서 온도 센서를 내부적으로 연결하여 사용할 수 있다. 온도 센서는 NTC(Negative Temperature Coefficient) 타입으로 USP(United States Pharmacopeia) 10981규격으로 제작된 센서를 사용한다. 온도 센서는 자체적으로 개발 및 검교정을 진행한 센서를 사용하며, 노이즈 제거를 위하여 이동평균 필터[19]를 적용하였다.



그림 7. 외부 커넥터 연결
Figure 7. External Connector Connection

간이형 파고관측 장비는 외부의 전원을 사용하기 때문에 별도의 배터리가 없으며 <그림 7>과 같이 커넥터에 연결하여 사용하게 된다. 커넥터는 IP67등급으로 항공에서 주로 사용하는 부품을 적용하였다. 간이형 파고관측 장비는 그림과 같이 커넥터를 이용하여 전원공급 뿐만 아니라 풍속, 풍향,

기압센서를 추가적으로 연결하여 사용할 수 있다. <그림 6>의 왼쪽 그림은 커넥터를 연결하지 전의 그림이고 오른쪽 그림은 커넥터를 연결하였을 때의 모습을 보여준다.

3.2 해양파고 장치의 외형

간이형 파고측정 장치의 외형디자인은 <그림 8>과 같다. 가운데 데이터 로거가 있으며, 뒷부분에는 WCDMA모듈이 위치해 있다. 안테나 아래에는 가속도 센서가 고정되어 있으며, 상단에는 GPS가 설치되어 있다. 마지막으로 아래에는 확장보드가 있어 외부커넥터 연결에 유용하게 구성되어 있다.

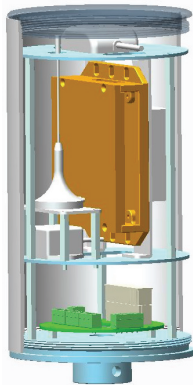


그림 8. 간이형 파고측정 장치 디자인

Figure 8. Design of Simplified Wave Height Measurement Device

<그림 9>는 실제 개발된 간이형 파고관측 장치로써 원통형은 통신 및 측정 센서의 자기장 영향을 주지 않기 위하여 <그림 9>의 (a)와 같이 알루미늄 재질로 제작을 하였다. 뒷부분은 WCDMA와 GPS통신을 위하여 (b)와 같이 PC재질로 제작을 하였다. (c), (d)는 내부 시스템으로써 (c)에는 상단부터 GPS, 데이터로거 WCDMA안테나 가속도 센서로 구성이 되어 있으며, (d)는 반대편으로써 WCDMA가 설치된 것을 확인할 수 있다. 크기는 높이

23cm, 원통 120(cm)로써 한손으로도 이동이 가능한 사이즈로써 원하는 위치에 쉽게 설치 할 수 있게 제작이 되어 있다.

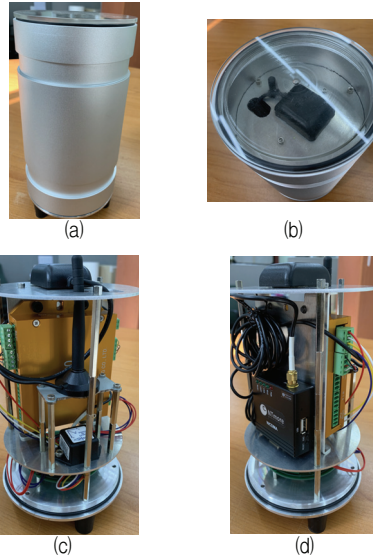


그림 9. 개발된 간이형 파고관측 장치

Figure 9. Developed Simplified Wave Height Measurement Device

4. 파고관측을 위한 알고리즘

알고리즘 1은 파고관측을 위한 알고리즘으로써 위 알고리즘을 통하여 도출된 데이터를 이용하여 유의파고[20], 최대파고, 평균파고, 평균 파주기를 계산한다.

S_t 는 데이터로거에 설정한 측정시간을 뜻하며, 본 논문에서는 10분 동안 2200개의 파고데이터를 수집하도록 하였다. ①은 초기화 스위치 같은 역할을 하며, 각각의 변수들이 초기화가 되면 더 이상 초기화를 하지 못하도록 변수의 값을 변경한다. ②는 오차 공분산에 칼만 필터를 적용하기 위한 초기 값을 나타낸다. ③은 가속도 센서를 통하여 수집되는 데이터 중 시스템 노이즈를 제거하기 위한 공분산 행렬[21] 초기 값이다. ④는 측정되는 노이

즈에 공분산을 적용한 행렬의 초기 값이다. ⑤는 가속도 센서 기반의 데이터를 연산한 이후 파고 데이터를 저장하기 위한 변수로써 초기화로 인한 오류를 방지하기 위하여 0으로 초기화를 한다. ⑥은 초기화가 끝나면 변경된 변수로 인하여 더 이상 초기화가 아닌 연산을 진행한다.

알고리즘 1. 파고관측 알고리즘
Algorithm 1. Wave Height Observation Algorithm

```

WHILE  $S_t$  Real Time Operation THEN
  IF (init = 0) THEN
    init = 1; //①
     $f_p = 1$ ; //②
     $f_q = 0.0001$ ; //③
     $f_r = 0.0001$ ; //④
     $f_x = 0.0$ ; //⑤
  END IF
  IF (init = 1) THEN //⑥
     $w_p = t_c$ ; //⑦
     $f_{x_n} = f_x$ ; //⑧
     $f_{p_n} = f_p + f_q$ ; //⑨
     $f_k = \frac{f_{p_n}}{(f_{p_n} + f_r)}$ ; //⑩
     $f_x = f_{x_n} + f_k \times (O_w - f_{x_n})$ ; //⑪
     $fp = (1 - f_k) \times f_{p_n}$ ; //⑫
  END IF
   $O_w = f_x$ ; //⑬
   $w_p = t_c - w_p$ ; //⑭
   $D_w$ .list.add( $O_w$ ,  $w_p$ ); //⑮
   $D_w$ .list.sort( ); //⑯
END WHILE
    
```

⑦의 w_p 는 파도의 주기를 저장하는 변수이며, 현재 시간 t_c 를 GPS로 부터 읽어 w_p 저장한다. ⑧과 ⑨의 f_{x_n} 과 f_{p_n} 은 <표 2>의 회귀분석 기반의 예측방정식을 사용하며 시스템 현재 상태를 1로써 LTI(Linear Time-Invariant)시스템 $A=1$ 로 적용을 한다. f_{x_n} 는 이전에 저장된 파고 데이터를 저장하고 $\bar{x}_k = A\bar{x}_{k-1}$ 수식을 $f_{x_n} = f_x$ 로 변환한다.

$\bar{p}_k = A\bar{p}_{k-1}A^T + q$ 수식은 $f_{p_n} = f_p + f_q$ 으로 변환한다.

표 2. 회귀분석 기반의 예측방정식
Table 2. Prediction Equation based on Regression Analysis

$\bar{x}_k = A\bar{x}_{k-1}$: 추정하는 값의 예측
$\bar{p}_k = A\bar{p}_{k-1}A^T + q$: 공분산 예측
\bar{x}_k : 시스템의 예측 상태 값
A : 상태 행렬
\bar{x}_{k-1} : 이전 시스템의 예측 상태 값
A^T : 'A' 상태행렬의 직교행렬
\bar{p}_k : 오차 공분산의 예측 값
\bar{p}_{k-1} : 이전 오차 공분산의 예측 값
q : 시스템 노이즈에 따른 공분산

표 3. 칼만 필터 기반의 추정방정식
Table 3. Estimation Equation Using Kalman Filter

$f_k = \bar{p}_k H^T (H\bar{p}_k H^T + R)^{-1}$: 칼만 이득 계산
$x_k = \bar{x}_k + k_k (x_k - H\bar{x}_k)$: 추정 값 계산
$p_k = \bar{p}_k - k_k H\bar{p}_k$: 오차 공분산의 계산
f_k : 칼만 이득
p_k : 오차 공분산의 행렬
R : 측정 잡음에 따른 공분산 행렬
H : 상태 행렬

⑩, ⑪, ⑫는 <표 3>의 칼만 필터 기반의 추정방정식을 사용하며, 예측방정식과 동일하게 시스템의 상태를 1로써 상태행렬 $H=1$ 로 적용을 한다. 적용된 값을 기반으로 $f_k = \bar{p}_k H^T (H\bar{p}_k H^T + R)^{-1}$ 의 칼만 이득 계산식을 $f_k = f_{p_n} / (f_{p_n} + f_r)$ 으로 변환한다.

추정 값 계산 $x_k = \bar{x}_k + k_k (x_k - H\bar{x}_k)$ 수식은 $f_x = f_{x_n} + f_k \times (O_w - f_{x_n})$ 으로 나타낸다. 오차 공분산의 계산 수식 $p_k = \bar{p}_k - k_k H\bar{p}_k$ 는 ⑫의 수식 $fp = (1 - f_k) \times f_{p_n}$ 으로 변환한다. ⑬

의 O_w 는 칼만 필터와 방정식을 통하여 출력된 최종 파고 데이터가 저장되는 변수이다. w_p 는 파고 값 출력이 되기까지의 시간을 나타내며 파주기를 뜻한다. 처음 ⑦에서 측정된 시간과 파고 데이터가 출력된 후의 시간을 측정하여 파주기 데이터를 계산한다. ⑮는 최종파고 데이터를 저장하는 배열변수로서 계산된 파고와 파주기를 저장한다. 예를 들어 10분 단위로 데이터를 측정하면 총 2200개의 데이터가 저장된다. 마지막으로 ⑯는 유의파고 계산을 위하여 높은 순으로 파고데이터를 정렬한다.

알고리즘 2. 파고 및 주기 계산 알고리즘

Algorithm 2. Ocean Wave and Period Calculation Algorithm

IF Measurement Complete of Wave Height **THEN**

$$N_c = D_w.list.Count() / 3; // ①$$

$$N_s = D_w.list.Count(); // ②$$

$$w_s = \sum_{i=0}^{N_c} D_w.list[i].w; // ③$$

$$c_s = \sum_{i=0}^{N_c} D_w.list[i].p; // ④$$

WHILE N_c **THEN** // ⑤

IF ($w_m > D_w.list[i].w$) **THEN** // ⑥

$$w_m = D_w.list[i].w; // ⑦$$

END IF

END WHILE

$$S_w = \frac{w_s}{N_c}; // ⑧$$

$$W_{avg} = \frac{\sum_{i=0}^{N_c} D_w.list[i].w}{N_s}; // ⑨$$

$$W_c = \frac{c_s}{N_c}; // ⑩$$

END IF

알고리즘 1로 부터 측정 및 계산된 데이터를 알고리즘 2를 이용하여 유의파고, 최대파고, 평균파고, 평균파주기의 데이터를 출력한다. 알고리즘 2의 N_c 는 유의파고 계산을 위하여 내림차순으로 정렬되어 있는 배열변수 총 개수의 1/3에 해당하는

데이터의 수가 몇 개인지를 저장한다. N_s 는 전체 저장되어 있는 파고 데이터의 개수를 저장한다. w_s 는 유의파고에 해당하는 값을 저장하는 변수로서 유의파고 개수만큼 파고의 값을 저장한다. c_s 는 배열변수에 저장되어 있는 파주기의 값을 나타내며 유의파고에 해당하는 파주기의 전체 값을 저장한다. ⑤~⑦은 최대파고를 저장하기 위한 알고리즘으로써 최대파고 값은 w_m 에 저장된다. ⑧은 유의파고의 평균값을 계산하는 수식으로 전체유의파고 w_s 를 유의파고 개수 N_c 만큼 나눠서 평균값을 계산한다. ⑨는 파고의 전체를 더한 값을 $\sum_{i=0}^{N_c} D_w.list[i].w$ 수식을 통하여 계산을 하고 전체 데이터의 개수 N_s 만큼 나눠서 평균 파고 값을 계산한다. 마지막으로 ⑩은 파주기 값을 구하는 수식으로 파주기를 더한 값 c_s 를 유의 파주기 개수 N_c 만큼 나눠서 평균파주기를 계산한다. 따라서 위 알고리즘 1, 2를 활용하여 유의파고, 최대파고, 평균파고, 평균 파주기 값을 연산을 통하여 도출을 한다. 또한 알고리즘뿐만 아니라 다양한 노이즈를 제거하기 위하여 밴드패스 필터[22], 하이패스 필터[23] 적분을 통한 속도와 위치에 따른 값을 계산하면 보다 좀 더 노이즈가 제거된 데이터를 수집할 수 있다.

5. 시스템 구현 및 평가

5.1 파고관측 비교 실험

<그림 10>은 실제 실험을 위하여 등부표위에 설치한 사진이다. 왼쪽 사진의 원형으로 표시한 장치가 본 논문에서 개발한 간이형 파고측정 장치이며 지속적인 동일한 환경의 파고 데이터를 수집하기 위하여 선박보다는 표준형등부표 위에 설치 후 비교 실험을 진행하였다. 오른쪽은 비교실험을 위하여

기상청에서 사용하는 파고부이와 동일한 장치로써 100m 거리에 설치하여 비교실험을 한다. 1차적으로 필터 유·무에 따른 파고 비교 실험과 파주기 비교 실험을 진행한다. 비교는 10분씩 2200개의 데이터를 수집하며, 약 일주일간의 데이터를 비교실험 진행한다. 2차적으로 기상청에서 운영 중인 파고부이와의 비교실험을 통하여 데이터가 유사하게 나오는지 확인하고자 한다. 설치한 장소는 흑도 동방 등부표이며, 비교 실험하고자 하는 기상청의 파고부이는 인근 천수만의 데이터를 비교하고자 한다.



그림 10. 실험을 위한 설치
Figure 10. Installation for Experiment

5.2 파고관측 비교실험 결과

표 4. 비교 실험 항목

Table 4. Comparative Experiment Item

구분	비교 항목	데이터 출력 단위	측정기간
내부 보유 장치 비교 실험	유의파고, 평균 파주기	20분	1주
기상청 비교실험	유의파고, 평균 파주기	1시간	2주

파고관측 비교실험은 <표 4>와 같이 2가지 방법으로 실험을 진행한다. 첫 번째는 내부에 보유하고 있는 장치를 활용한 비교실험이며, 두 번째는 기상청에서 보유하고 있는 파고부이를 비교분석 한다. 내부에 보유하고 있는 파고부이는 기상청에서 사용하고 있는 부이와 동일하며, 측정하는 데이터 시간을 조절할 수 있기 때문에 20분 간격으로 일주일

동안의 데이터를 수집한 후 이를 비교 분석한다. 두 번째 실험은 기상청에서 공식적으로 사용하고 있는 파고 부이와 비교실험을 진행하며 데이터 출력 간격이 1시간 단위로써 공식적으로 사용되고 있는 파고 부이와 데이터가 유사하게 출력이 되는지를 비교분석한다. 기상청의 파고부이 데이터는 공식 사이트(날씨누리)를 통하여 정보를 받아 비교 분석한다.

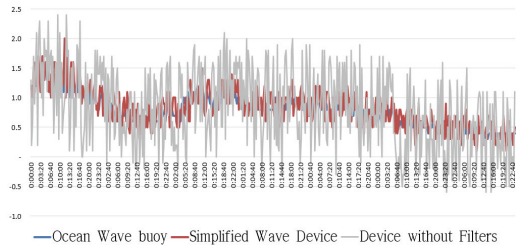


그림 11. 유의파고 비교실험 결과 (20분 간격의 1주일 데이터)
Figure 11. Comparative Experiment Result of Significant Wave Height (Data of Every One Week and 20 Minutes)

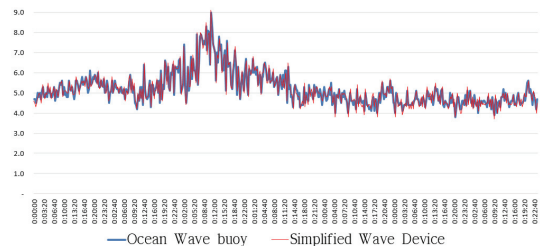


그림 12. 평균 파주기 비교실험 결과 (20분 간격의 1주일 데이터)

Figure 12. Comparative Experiment Result of Average Wave Period (Data of Every One Week and 20 Minutes)

<그림 11>은 각각의 장치에서 출력된 유의파고 데이터를 비교실험 한 결과 그래프 그림이다. 유의 파고 관측은 20분 간격으로 진행하였으며 일주일간의 데이터를 비교분석 실시하였다. <그림 10>과 같이 전반적인 흐름은 유사하게 나타난 것을 확인할 수 있으며, 필터를 적용하지 않았을 때는 고주파와 저주파 영역의 노이즈로 인하여 그래프의 편차가 높게 나오는 것을 확인할 수 있다. 하지만 알

고리즘을 적용하였을 때는 본 논문에서 개발한 파고관측 장치와 기상청에서 사용하는 파고부이와의 데이터가 유사하게 나오는 것을 확인할 수 있었다. 비교 대상의 유의파고 오차는 최대 -0.3m에서 최소 0.4m로 비교대상간의 거리가 100m 떨어져있는 것을 감안하면 데이터 출력이 거의 일치하다고 볼 수 있다.

<그림 12>는 유의파고에 대하여 평균 파주기를 비교 실험한 결과를 그래프로 나타낸 그림이다. 그림과 같이 거의 유사한 파주기를 보여주고 있으며 오차는 최소 0.2초, 최대 0.3초의 오차가 발생한다. 파주기는 파고를 측정할 때 0시점에서 다시 0으로 돌아오는 시점을 나타내지만 바다의 잔물결로 인하여 파고의 파주기가 길어지는 경우가 발생한다. 하지만 비교시험 대상간의 데이터를 비교하였을 때 거의 유사하게 그래프가 그려지는 것을 확인할 수 있다. 따라서 본 논문에서 개발한 파고관측 장비의 출력데이터는 신뢰성이 있다고 볼 수 있다. 간이형 파고관측 장비를 설치한 흑도 동방 등부표와 기상청에 설치된 천수만의 파고부이와의 거리는 약 9km 떨어져 있다. 비교는 약 2주간의 관측 데이터를 수집하였으며, 기상청의 파고부이는 기상청 사이트를 통하여 비교군의 자료를 제공받았다. 비교간격은 기상청의 데이터 관측 주기와 동일한 1시간 간격으로 측정을 하였다.

<그림 13>은 기상청 부이와의 유의파고 비교실험을 한 결과이다. 실험결과와 같이 전반적인 데이터의 흐름이 유사하게 출력이 되는 것을 확인할 수 있었으며, 오차는 최소 0에서 최대 40cm의 차이가 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 이는 거리 및 지형에 위치에 따라서 발생하는 오차로 개발한 파고관측 장치의 데이터는 유효하다고 볼 수 있다.

<그림 14>는 평균 파주기를 비교 실험한 결과로써 <그림 13>과 같이 유사한 파주기 패턴을 확인할 수 있다. 파주기의 오차는 최대 4.5초로 거의 유사

한 데이터 출력이 된다는 것을 확인할 수 있었으며, 출력된 데이터는 신뢰성이 있다는 것을 증명하였다.

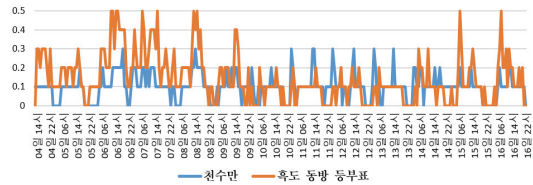


그림 13. 기상청 부이의 비교실험 결과
(1시간 간격의 2주 유의파고 데이터)
Figure 13. Comparative Experiment Result of Korea
Meteorological Administration Buoy
(Significant Wave Height Data of 2 Week and Every 1 Hour)

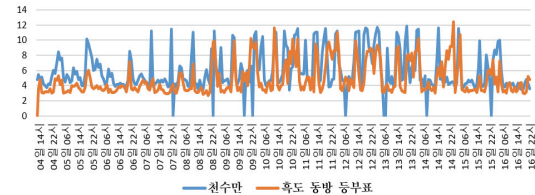


그림 14. 기상청의 평균 파주기 비교실험 결과
(1시간 간격의 2주 평균 파주기 데이터)
Figure 14. Comparative Experiment Result of Korea
Meteorological Administration Buoy
(Average Wave Period Data of 2 Week and Every 1 Hour)

6. 위치 기반의 모니터링 시스템

<그림 15>와 같이 주기별로 측정된 파고관측 데이터 및 해양관측 데이터는 WCDMA통신 또는 위성통신을 이용하여 모니터링 시스템 서버에 전송이 된다. 각각 장치에서 전송된 데이터는 UDP통신을 이용하여 사용자의 모바일 장치에 전송이 되며 파고관측 장치를 설치한 등부표 또는 선박이 이탈할 경우 메시지로 시간과 위치를 알려주는 기능을 가지고 있다.

<그림 16>은 위치기반의 실시간 모니터링 서버로써 각각의 장치, 날짜, 시간별로 해양관련 데이터 및 장치별 상태를 관리 및 조회를 할 수 있도록 구

성되어 있다. 또한 시간대 별로 장치의 위치를 파악할 수 있기 때문에 이동경로 및 이탈 시에 따른 추적 가능성이 가능하도록 구성되어 있다. 서버는 장치에 따른 연락처를 등록할 수 있으며 지정지역에서 멀어질 경우 GPS의 위도와 경도를 계산하여 등록된 연락처에 시간과 위치를 메시지로 전송한다.

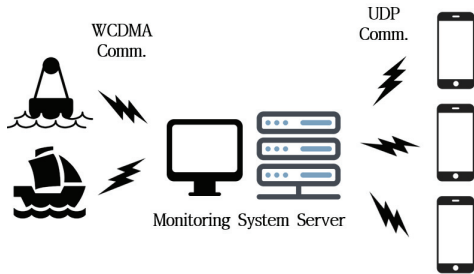


그림 15. 위치기반의 실시간 모니터링 시스템
Figure 15. Real-Time Monitoring System based Location

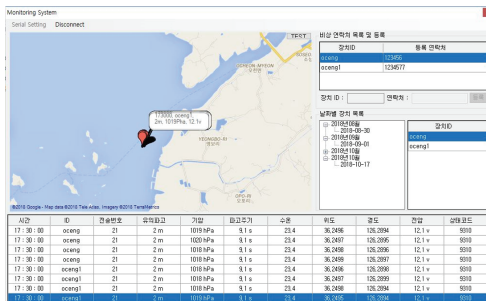


그림 16. 위치기반의 실시간 모니터링 서버
Figure 16. Real-Time Monitoring Server based Location

<그림 17>은 해양관측 모니터링을 할 수 있는 사용자 앱이다. 사용자는 디바이스별 시간별로 원하는 장치를 요청하여 볼 수 있으며 구글 API기반의 앱이기 때문에 장치 이탈시 내비게이션 기능을 제공하기도 한다. 앱은 안드로이드 기반에서 동작이 되며, 해당 위치에 해양관련 정보 및 장치의 상태정보를 체크할 수 있다.



그림 17. 해양관측 모니터링 사용자 앱
Figure 17. Ocean Observation Monitoring User App

7. 결론

본 논문에서는 위치기반의 간이형 파고관측 장치 시스템을 제안하였다. 개발된 장치는 기존의 파고부이 및 기상부이와 다르게 개별 모듈로써 쉽게 운반 및 설치가 용이하도록 제작이 되어있다. 또한 개발한 알고리즘 적용에 따른 비교 실험 및 비교 대상에 따른 실험을 실시하였다. 비교실험을 통하여 결과를 도출하였으며 출력된 간이형 파고관측 장치의 파고관련 데이터는 신뢰성이 있다는 것을 증명하였다. 비교대상 파고의 오차는 $-0.3m \sim 0.4m$, 파주기는 $-0.2 \sim 0.3$ 초가 나왔으며 출력된 그래프는 거의 유사하게 나오는 것을 확인 할 수 있었다. 본 논문에서 개발한 간이형 파고관측 장치의 GPS기능을 활용하여 위치에 따른 해양관측 정보를 모니터링 할 수 있으며, 이탈 시에 따른 시간 및 위치를 확인할 수 있도록 개발이 되어 있다. 이상기후 및 점점 예측이 어려운 기상과 해양의 날씨를 본 논문에서 개발한 장치를 적용한다면 보다 정확한 날씨와 예측에 도움이 될 것으로 기대한다.

References

- [1] E. Akyuz, *A marine accident analysing model to evaluate potential operational causes in cargo ships*, Safety science, Vol. 92, pp. 17-25, 2017.
- [2] G. Cil, and T. A. Cameron, *Potential climate change health risks from increases in heat waves: Abnormal birth outcomes and adverse maternal health conditions*, Risk Analysis, Vol. 37, No. 11, pp. 2066-2079, 2017.
- [3] C-Y. Son, T-S. Lee, and H-H. Kwon, *Integrating nonstationary behaviors of typhoon and non-typhoon extreme rainfall events in East Asia*, Scientific reports, Vol. 7, No. 1, pp. 1-9, 2017.
- [4] Earth Nullschool, <http://earth.nullschool.net>, Nov. 2018.
- [5] Bloom Sky, <https://www.bloomsky.com>, Nov. 2018.
- [6] H. Wang, L. Wang, Q. Yu, Z. Zheng, A. Bouguettaya, and M. R. Lyu, *Online reliability prediction via motifs-based dynamic bayesian networks for service-oriented systems*, IEEE Transactions on Software Engineering, Vol. 43, No. 6 pp. 556-579, 2017.
- [7] K. S. S. Ram, and A. N. P. S. Gupta, *IoT based Data Logger System for weather monitoring using Wireless sensor networks*, International Journal of Engineering Trends and Technology(IJETT), Vol. 32, No. 2, pp. 71-75, 2016.
- [8] H-J. Lee, *The development of the predict model for solar power generation based on current temperature data in restricted circumstances*, Journal of Digital Contents Society, Vol. 17, No. 3, pp. 157-164, 2016.
- [9] Y. Liu, M. Qiu, C. Liu, and Z. Guo, *Big data challenges in ocean observation: a survey*, Personal and Ubiquitous Computing, Vol. 21, No. 1, pp. 55-65, 2017.
- [10] Korea Meteorological Administration, <http://www.kma.go.kr>, Nov. 2018.
- [11] C. Wang, J. Fe, J. Ding, R. Hu, X. Huang, and X. Cheng, *Development of a new significant wave height and dominant wave period parameterization scheme*, Ocean Engineering, Vol. 135, pp. 170-182, 2017.
- [12] M. M. Moarefdoost, L. V. Snyder, and B. Alnajjab, *Layouts for ocean wave energy farms: Models, properties, and optimization*, Omega, Vol. 66, pp. 185-194, 2017.
- [13] L. WuEmail, J. Qin, T. Wu, and X. Li, *Trends in global ocean surface wave characteristics as represented in the ERA-Interim wave reanalysis for 1979-2010*, Journal of Marine Science and Technology, Vol. 23, No. 1, pp. 2-9, 2017.
- [14] F. Gu, H-I. Liu, Y-M. Cheung, and S. Xie, *Optimal WCDMA network plaign by multiobjective evolutionary algorithm with problem-specific genetic operation*, Knowledge and Information Systems, Vol. 45, No. 3, pp. 679-703, 2015.
- [15] R. Aranguiz, G. Gonzalez, J. gonzalez, P. A. catalan, R. Cienfuegos, Y. Yagi, R. Okuwaki, L. Urrea, K. Contreras, I. D. Rio, and C Rojas, *The 16 september 2015 chile tsunami from the post-tsunami survey and numerical modeling perspectives*, The Chile-2015 (Illapel) Earthquake and Tsunami. Birkhäuser, Cham, Vol. 173, pp. 219-234, 2017.
- [16] G. Anderson, F. Carse, J. Turton, and A.

Saulter, *Quantification of bias of wave measurements from lightvessels*, Journal of Operational Oceanography, Vol. 9, No. 2, pp. 93-102, 2016.

[17] R. E. Riley, and R. H. Bouchard, *An accuracy statement for the buoy heading component of NDBC directional wave measurements*, The Twenty-fifth International Ocean and Polar Engineering Conference, International Society of Offshore and Polar Engineers, pp. 1-4, 2015.

[18] Kenek, <http://www.kenek-co.com>, Nov. 2018.

[19] G. Gowribanu, and S. Anbumalar, *Dynamic performance improvement of a moving average filter based-PLL using PI and fuzzy controller*, Electrical, Electronics, and Optimization Techniques (ICEEOT), International Conference on. IEEE, pp. 2384-2389, 2016.

[20] R. Carrasco, M. Streßer, and J. Horstmann, *A simple method for retrieving significant wave height from Dopplerized X-band radar*, Ocean Science, Vol. 13, No. 1, pp. 95-103, 2017.

[21] Z. Zhang, W. Liu, W. Leng, A. Wang, and H. Shi, *Interference-plus-noise covariance matrix reconstruction via spatial power spectrum sampling for robust adaptive beamforming*, IEEE Signal Processing Letters, Vol. 23, No. 1, pp. 121-125, 2016.

[22] B. Bao, T. Jiang, Q. Xu, M. Chen, H. Wu, and Y. Hu, *Coexisting infinitely many attractors in active band-pass filter-based memristive circuit*, Nonlinear Dynamics, Vol. 86, No. 3, pp. 1711-1723, 2016.

[23] T. Adiono, and S. Fuada, *Optical interference noise filtering over visible light communication system utilizing analog*

high-pass filter circuit, Proc. of the 2017 Int. Symp. on Nonlinear Theory and Its Applications, pp. 616-619, 2017.

위치기반의 간이형 해양파고 관측 시스템 연구

박상현^{1,6}, 박용필², 배동진³, 김진술⁵, 박종수⁴

¹(주)오션이엔지 선임연구원

²(주)오션이엔지 연구소장

³(주)오션이엔지 부장

⁴(주)오션이엔지 대표

⁵전남대학교 전자컴퓨터공학부 교수

⁶전남대학교 전자컴퓨터공학부 박사과정

요 약

본 논문에서는 위치기반의 간이형 해양파고 관측 시스템을 제안하고자 한다. 간이형 해양파고 관측시스템은 해양파고를 관측하는 장비와 위치에 따른 정보를 저장하는 모니터링 서버로 구성되어 있다. 간이형 해양파고 관측 장비는 휴대성이 좋아서 쉽게 설치가 가능하며, 주로 선박과 등부표에 설치를 한다. 해양파고 관측 장비는 데이터로거, 가속도센서, GPS, WCDMA 모듈로 구성되어 있다. 해양파고 관측 장비는 저 전력으로 동작을 하며, 관측을 하지 않은 시간에는 RTC를 사용하여 물리적으로 전원을 차단한다. 전원은 외부 전원을 사용하며 해상에서 전원을 사용할 수 있는 선박 및 등부표에 부착하여 사용할 수 있다. 또한 GPS를 이용하여 선박 및 등부표가 이탈할 경우에는 설정한 연락처로 알려주는 기능을 제공한다. 일반적으로 파고를 측정하기 위해서는 파고부이, 기상부이 등 큰 장비들이 주로 사용되지만 본 논문에서 개발한 간이형 해양파고 관측 장비는 소형타입으로 원하는 곳에 쉽게 설치가 가능하다. 파고는 해양관측에 있어 가장 중요한 요소로써 본 논문에서 개발한 소형타입의 관측 장비로 정확한 파고를 측정할 수 있는지를 실험을 통하여 증명하였다. 또한 위치기반의 모니터링 서버를 통하여 날짜, 시간, 장비별로 데이터 수집 및 파악을 할 수 있다.

감사의 글

이 연구는 기상청 「기상-지진See-At기술개발연구」(KMIPA 2017-1020)의 지원으로 수행되었습니다.



Sanghyun Park received his B.S. Degree in Computer and Information from the University of Korea Nazarene in 2010, and the M.S. degree in School of Electronics and Computer Engineering, Chonnam National University, South Korea. He worked as an engineer in System Development Team of Media Flow Company from 2010 to 2012. He is now studying Ph.D. Degree in School of Electronics & Computer Engineering, Chonnam National University. also, Research Engineer in OCEANENG Ltd. His research interests are Interactive Media, Systems Development, Embedded systems, Digital Media, Cloud computing and Marine weather observation.

E-mail address: sanghyun079@gmail.com



Yong Pal Park received the bachelor's degree in the Department of Electronics Engineering(Computer Engineering) from the Kumoh National Institute of Technology in 1989. He received the M.S. degree in the Department of Information Technology from POSTECH, Graduate school for information technology in 1995. He was awarded the degree of Master of Science with a thesis entitled "Design and FPGA implementation of a 16-bit microprocessor using the VHDL" He worked at SK Hynix Semiconductor Co., Ltd. and Magnachip

Semiconductor Ltd. as a senior researcher engineer from 1995 to 2008. Currently, he is a CTO in OCEANENG Ltd.

His research interests include System IC, Embedded System, SoC system, LCD Display systems, and Ocean Environment Observation system.

E-mail address: oeng.pyp@gmail.com



Dong Jin Bae received the bachelor's degree in the Department of Industrial Management Engineering from the Kongju University in 2016. From 2011 to now, He has been working at the Ocean Engineering Division of OCEANENG. He is interested in OCENA and technology trading. In 2017, He acquired a certificate of Technology transfer agent(TTA) license.

E-mail address: gda2222@paran.com



Jinsul Kim received the B.S. Degree in computer science from University of Utah, Salt Lake City, Utah, USA, in 2001, and the M.S. and Ph.D degrees in digital media engineering, department of information and communications from Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST), Daejeon, South Korea, in 2005 and 2008. He worked as a researcher in IPTV Infrastructure Technology Research Laboratory, Broadcasting/Telecommunications Convergence Research Division, Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI), Daejeon, Korea from 2005 to 2008. He worked as a professor in Korea Nazarene University, Chon-an, Korea from 2009 to 2011. Currently, he is a professor

in Chonnam National University, Gwangju, Korea. He has been invited reviewer for IEEE Trans. Multimedia since 2008. He has been invited for TPC(Technical Program Committee), IWITMA2009/2010, and PC(Program Chair), ICCCT2011 His research interests include QoS/QoE, Measurement/ Management, IPTV, Mobile IPTV, Smart TV, Multimedia Communication and Digital Media Arts.

E-mail address: jsworld@jnu.ac.kr



Jongsu Park received the bachelor's degree in the Department of Energy Resources Engineering from the Pukyong University in 1992. He worked in the GIS

business department of Samsung SDS From 1992 to 1995. From 1995 to 1997, He worked in the Otronix asia. He was Co-founded Ocean-Tech from 1997 to 2001. He founded Sunjin Marine Technology Company from 2002 to 2003. Currently, he is a CEO in OCEANENG Ltd. His current research interests are ocean weather observations.

E-mail address: oceaneng@hotmail.com