

실시간 해양관측을 위한 표준형 등부표용 시스템 연구

박상현¹ · 박용팔² · 배동진³ · 김진술⁴ · 박종수^{5*}
^{1 2 3 5}(주) 오션이엔지

⁴전남대학교 전자컴퓨터공학부

A Study on Standard Ocean Lighted Buoy Type System for Real-time Ocean Meteorological Observation

Sanghyun Park¹ · Yongpal Park² · Dongjin Bae³ · Jinsul Kim⁴ · Jongsu Park^{5*}

^{1 2 3 5}Oceaneng(Ltd.), 201, Songpa-daero, Songpa-gu, Seoul, Republic of Korea

⁴School of Electronics & Computer Engineering, Chonnam National University

[요 약]

본 논문에서는 해양 위치에 따른 다양한 해양 정보를 관측하기 위하여 기존에 설치된 등부표를 활용한 해양관측 시스템을 제안하고자 한다. 본 논문에서 제안하는 해양관측 시스템은 기존 표준형 등부표용 형태로써 등부표에 손쉽게 연결이 가능한 구조로 구성되어 있다. 제안한 해양관측 시스템은 기존 해양에서 관측하고 있는 유의파고, 최대파고, 평균파고, 수온을 측정하며 추가적으로 기압, 기온, 풍향/풍속까지 실시간 측정이 가능하다. 해양관측에서 중요한 파고를 측정하기 위해서는 10분 동안 2200개의 파고 데이터를 수집하며 수집한 자료는 스펙트럼 분석을 통하여 유의파고와 파주기 데이터를 추출한다. 개발된 시스템은 등부표 위에 해양관측 시스템이 부착이 되기 때문에 필터를 사용하여 노이즈를 제거한다. 본 논문에서는 검증된 기존 부이형태의 해양관측 시스템과 개발한 표준형 등부표용 해양관측 시스템의 측정 데이터를 비교 분석한다. 또한 비교 실험을 통하여 개발한 표준형 등부표용 해양관측 시스템이 기존 해양관측 시스템과 데이터가 유사하다는 것을 증명하였다.

[Abstract]

We propose a marine observation system using existing light buoys to observe various marine information of marine locations. Our proposed ocean observation system is composed of the existing standard light buoy type and can be easily connected to the light buoy. The proposed marine observation system measures the mean wave height, maximum wave height, mean wave height and water temperature measured in the ocean. Besides, it can measure the air pressure, temperature, wind speed and wind speed in real time. In order to measure important peaks in marine observations, 2200 peak data are collected for 10 minutes, and the collected data are subjected to spectral analysis to extract significant wave and wave period data. The developed system removes the noise by using the filter because the marine observation system attaches to the light buoy. We compare and analyze the measurement data of the existing proven floating marine observation system and the standard equivalent system developed. Also, it is proved that the data of the standard type backbone ocean observation system developed through the comparative experiment is similar to that of the existing ocean observation system.

색인어 : 등부표, 파고, 해양기상관측, 데이터 로거, 실시간 관측 시스템

Key word : Ocean Lighted Buoy, Wave Height, Ocean Weather Observation, Data Logger, Real-time Observation System

<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2018.19.9.1739>



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

Received 31 August 2018; **Revised** 10 September 2018
Accepted 20 September 2018

***Corresponding Author; JongSu Park**

Tel: +82-70-4651-6409

E-mail: oceaneng@hotmail.com

I. 서론

다양하게 변화하는 기상기후를 예측하는 것은 매우 어려운 일이며 이상기후로 인하여 예측할 수 없는 다양한 변수들이 발생되고 있다[1]. 기상기후는 여러 분야의 많은 영향력을 미치고 있기에 예측과 예보가 매우 중요하다고 볼 수 있다. 따라서 기상을 예측하기 위해서는 고가의 장비 및 빅 데이터와 고난도의 기술들이 필요하다. 내륙에는 기상청과 같은 국가기관 외에 사설 기업 및 다양한 IoT(Internet of Things)장비들이 활용되고 있다[2],[3]. 또한 미세 먼지가 이슈화 되면서 개인 장비 등 다양한 장비들이 설치되어 사용자들 간의 정보를 공유하고 있다[4]. 같은 지역에서도 일부 지역에서는 비가 오고 다른 지역에서는 비가 오지 않는 경우를 흔하게 볼 수 있다. 또한 비가 온다고 하여 우산을 가지고 나갔다가 우산을 그대로 가지고 오는 경우도 있다. 이처럼 내륙에서도 정확한 기상기후 예보가 어려운 상황임에도 해양에서는 내륙의 측정 장치들 보다 매우 적은 해양관측 장비를 이용하여 해양의 기상기후를 관측하고 있다. 또한 유지보수 및 설치가 내륙보다 어렵기 때문에 투자와 개발이 소극적인 상황이다.



그림 1. 기상청의 기상부이 설치 위치
Fig. 1. Weather Buoy Installation Location of Meteorological Agency

그림 1과 같이 기상청[5]에서 관리하는 해양관측 시스템 중 기상부이는 약 17개가 설치되어 있으며, 파고부이는 약 60개소가 설치되어 있다. 또한 등표는 약 9개가 설치되어 있어서 매 시간마다 해양관측 정보를 기상청 날씨누리 웹을 통하여 제공해주고 있다. 총 86개의 해양관측 장비를 이용하여 우리나라 3면의 바다를 측정하고 있으며 내륙에 기상기후 관측 장비와 비교하여도 매우 부족한 현실이다. 따라서 본 논문에서는 표준형 등부표를 활용하여 보다 정밀한 해양을 관측하고자 한다. 통계청[6]에 따르면 등부표[7]는 2016년 기준으로 약 1,700개가 설치되어 있으며, 현재는 그보다 더 많은 등부표가 설치되어 선박에 안전과 항로를 표시해주고 있다. 본 논문에서 제안하는 표준형 등부표용 해양관측 시스템은 등부표 위에 설치되는 등명기의 규격과 동일한 사이즈로 제작이 되어 쉽게 설치 할 수 있다. 제안한 표준형 등부표는 위치, 유의파고, 최대파고, 평균파고, 파주기, 수온, 기압을 일정한 주기별로 측정하며 WCDMA(Wideband Code Division

Multiple Access)통신[8]을 이용하여 데이터를 전송한다. 본 논문에서는 개발한 시스템의 데이터가 정확한 데이터인지 확인하기 위하여 기상청에서 사용되는 파고부이 해양관측 장비를 이용하여 비교실험 및 검증을 하고자 한다.

II. 관련연구

해양관측에서 제일 중요한 정보는 파고 데이터라고 할 수 있다. 해양의 파고 정보는 쓰나미[9] 및 해양 전체의 흐름을 파악할 수 있기에 매우 중요하다고 볼 수 있다. 파고를 관측하기 위해서는 다양한 방법이 있다. 대표적으로 육안관측은 시스템이 아니라 사람이 직접 관측하는 방법이다. 통상적으로 숙련된 관측자가 직접 눈으로 보고 10~20개의 파를 관측하여 파에 대한 파고와 주기의 평균값을 이용하여 유의파고를 도출한다. 이후 도출한 파고 데이터를 기상청에 보고한다.

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

Wind Wave Class	Explanation of The Wind Wave Class	Height of Ocean Wave (m)
0	Smooth like a Mirror	0
1	Ripples	0 ~ 0.1
2	Smoothness, Small Ocean Wave	0.1 ~ 0.5
3	Somewhat Ocean Wave are Present	0.5 ~ 1.25
4	There is Quite a Ocean Wave	1.25 ~ 2.5
5	Slightly Higher Ocean Wave	2.5 ~ 4
6	The Ocean Waves are Fairly High	4 ~ 6
7	Fairly Rough	6 ~ 9
8	Very Rough	9 ~ 14
9	Abnormal Condition	14 ~

현재 일본에서 많이 사용되고 있는 초음파식 파고계는 연안역의 설치가 되어 200Khz의 초음파 펄스를 주기적으로 발사한다. 약 1500m/s의 속도로 해면의 반사된 시간을 계산하여 파고를 측정한다. 이와 같이 연속적으로 파고를 측정함으로써 시시각각 변화하는 해양의 수위를 감시한다. 그림 2는 일본 KENEK[10]사에서 개발된 초음파식 파고계로써 물속이 아닌 고정된 위치에서 실시간으로 파고를 측정하는 것을 확인 할 수 있다. 일반적으로 초음파식 파고계는 1~10m의 높이를 측정 할 수 있고 내륙에 설치가 되어있기에 전원 공급 및 네트워크 망을 통하여 데이터 전송이 가능하다.



그림 2. KENEK의 해양파고 측정 장치 (UH-401)
Fig. 2. Ocean Wave Measuring Device of KENEK

현재 기상청에서 사용하는 파고 측정 장치는 가속도 또는 중력을 이용하여 파고를 측정하고 있다. 부이식 파고측정 장치는 가속도 센서를 기반으로 파고를 측정하며 파고부이에 사용되고 있다. 액체 기반의 중력센서를 이용한 파고측정 장치는 기상부이에 사용되고 있다.



(a) 부이식 파고장치 (b) 액체를 이용한 파고장치

그림 3. 해양파고 측정 장치
Fig. 3. Ocean Wave Measuring Device

액체를 이용한 파고측정 장치는 네덜란드 Datawell회사의 Hippy-40[11],[12]이며 현재 기상청에서 사용하고 있는 장치이다. 그림3의 해양파고장치를 설치하기 위해서는 증장비와 별도의 계류구가 필요하며 무게가 크기 때문에 최소 3명 이상의 인원이 설치를 해야 한다. 따라서 본 논문에서는 이러한 단점을 극복한 소형의 표준형등부표용 해양감시 시스템을 제안하고자 한다. 제안하는 시스템은 해양에서 중요한 파고를 측정하며 기존 1,700여개의 등부표를 활용하기 때문에 설치에 용이하고 보다 정밀한 해양의 기상기후 관측을 할 것으로 예상된다. 본 논문에서는 파고 데이터의 검증을 위하여 현재 사용되고 있는 부이식 파고장치와 비교 분석을 하여 증명하고자 한다.

III. 전체 시스템 구조

3-1 해양관측 시스템의 전체 기능구조

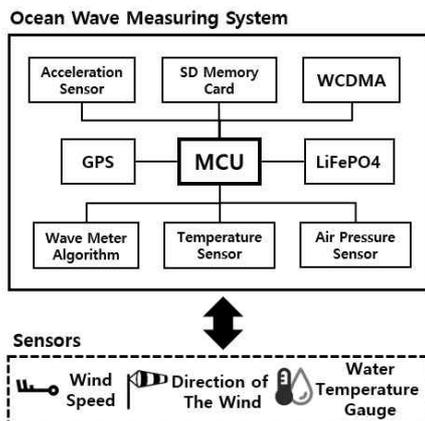


그림 4. 해양관측 시스템 전체 구조
Fig. 4. Whole Structure of Ocean Measuring System

표준형 등부표용 해양관측 시스템은 그림과 같이 내부가 구성되어 있다. 전체 전원은 충전이 가능한 리튬인산철 배터리 리튬[13] 사용하며, 보통 일주일 정도 사용이 가능하다. 평상시에는 표준형 등부표의 전원을 사용하며, 배터리가 방전이 되거나 위급한 사항이 발생이 되면 내부 배터리를 사용하여 외부에 현재 상태를 알린다. 따라서 내부 배터리는 비상용으로써 사용을 할 수 있도록 설계되어 있다. MCU(Micro Controller Unit)는 전체 시스템을 제어 및 관리를 하며, 파고 알고리즘이 내장되어 있어 20분 단위로 해양의 파고를 측정한다. 또한 각 종 센서들의 정보를 받아서 외부에 데이터를 전송해주는 역할을 한다. 해양에서는 통신이 원활하지 않기 때문에 WCDMA통신을 이용하며 정해진 전문으로 서버에 전송이 된다. GPS(Global Positioning System)는 위치 및 현재 날짜와 시간을 확인하는 역할을 하며 전문을 보낼 때 현재 표준형 등부표의 위치와 날짜, 시간을 전송할 때 GPS를 정보를 활용한다. 또한 표준형 등부표가 분실되거나 현재 위치에서 이탈 할 경우 현재 위치를 서버에 전송을 하여 최종 사용자 또는 기관에 위험 정보를 알려주는 역할을 한다. 가속도 센서는 3개의 축을 이용하여 해양의 파고를 측정한다. 파고는 유의파고, 최대파고, 평균파고, 파주기를 측정하며, 10분간 수집한 데이터 2200개를 이용한다. 측정 주기는 20분 간격으로 진행한다. SD메모리 카드는 처리되기 전 Raw데이터와 처리된 후의 데이터를 저장을 하며, 처리된 데이터는 WCDMA통신을 이용하여 데이터를 전송한다. 온도 센서는 NTC(Negative Temperature Coefficient)유형으로써 USP(United States Pharmacopeia) 10981을 사용한다. 온도는 노이즈를 제거하기 위하여 이동평균 필터[14], [15]를 사용하여 측정을 한다. 기압센서는 기상청의 검교정을 받은 제품을 사용하며, 20분 간격으로 기압을 측정한다.

3-2 표준형 등부표용 해양관측 시스템 외형

일반적으로 표준형 등부표는 선박이 운행하는 동안 암초, 수심이 얇은 곳 등 바다 밑에 고정이 되어 선박의 안전과 항로를 주, 야간으로 도와주는 역할을 한다. 또한 표준형 등부표 위에 설치되는 소형 해상용등명기는 표준규격으로 설치될 수 있도록 그림과 같이 하부 PCD(Pitch Circle Diameter)가 동일하게 설계되어 있다.

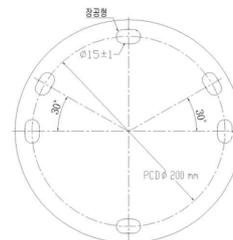


그림 5. 등명기 하부 PCD규격
Fig. 5. Lower Panel PCD Standard of Lighthouse Lantern

그림 6은 표준형 등부표에 설치하기 위하여 등명기 하부 PCD규격으로 디자인된 해양관측 시스템이다. 기본 전원을 on/off할 수 있도록 스위치가 있으며, 풍향/풍속, 수온, 전원을 연결할 수 있는 커넥터가 부착이 되어 있다. 스위치 및 커넥터는 IP67로 군사용에 사용되는 부품을 사용하였다.

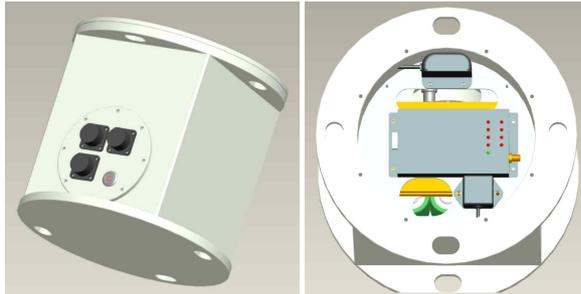
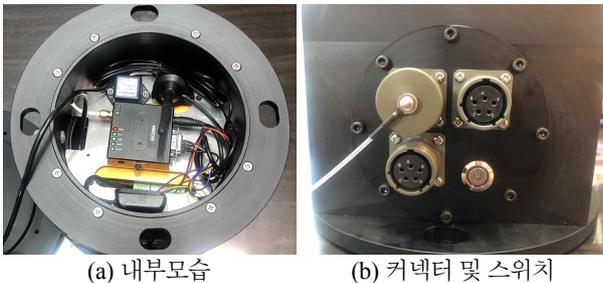
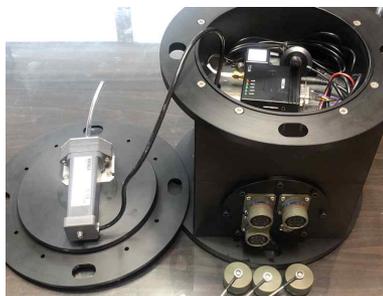


그림 6. 표준형 해양등부표 해양관측 시스템 디자인
Fig. 6. Design of Standard Ocean Lighted Buoy Ocean Measuring System



(a) 내부모습 (b) 커넥터 및 스위치



(c) 전체 내부 구성사진

그림 7. 개발된 표준형 해양등부표 해양관측 시스템
Fig. 7. Developed Standard Ocean Lighthouse Ocean Observation System

그림 7은 실제 개발된 표준형 해양등부표 해양관측 시스템이다. (a)는 내부 모습으로써 그림의 디자인과 같이 GPS, 가속도센서, WCDMA, 데이터로거를 확인할 수 있다. (b) 커넥터 및 스위치는 외부 전원, 풍향/풍속계, 수온센서를 사용할 수 있는 커넥터 3개와 전원을 on/off할 수 있는 스위치로 구성되어 있다. 외부 센서를 사용하지 않을 때는 커넥터 뚜껑을 결합하여 방수를 한다. (c)는 전체 내부 구성사진으로써 덮개 부분에는 기압센서가 설치되어 실시간 변화하는 기압을 측정한다.

IV. 실시간 해양관측 시스템

4-1 해양파고관측을 위한 동작

그림 8은 가속도 센서를 이용한 해양파고관측 알고리즘의 동작 순서이다.

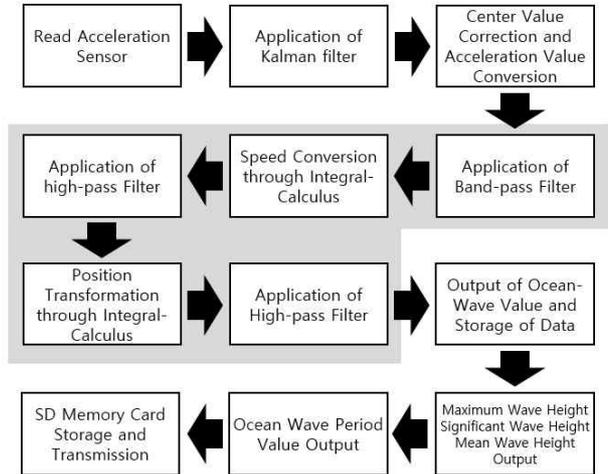


그림 8. 해양파고관측 알고리즘 동작순서
Fig. 8. Algorithm Operation Sequence for Ocean Wave Observation

일정 시간에 센서가 동작하면 출력된 값을 칼만 필터에 적용하여 순간적으로 측정되는 값과 노이즈들을 재귀적으로 처리한다. 처리된 값을 이용하여 중심 값을 보정하고 3축 가속도 [16] 값을 이용하여 높이의 해당하는 값을 도출한다. 도출된 값을 이용하여 유효한 값에 해당하지 않는 값을 밴드패스 [17] 필터를 이용하여 제거하고 적분을 이용하여 속도 값으로 변환한다. 이후 높은 주파수 신호에 하이패스 필터를 적용하고 적분을 통해 위치에 따른 신호 값을 도출한다. 마지막으로 한 번 더 하이패스 필터를 [18] 적용해주면 최종적으로 파고 값이 출력된다. 이렇게 출력된 파고 값을 이용하여 높은 순으로 1/3의 대한 값을 도출한 후 평균을 계산하면 유의파고 값이 출력되고, 나머지 최대 파고 전체 평균값을 이용하여 최대파고와 평균파고를 도출한다. 주기는 유의파고 [19]에 해당하는 각각의 파고 값에 대한 주기 값을 더한 후 평균값을 계산한다. 계산된 최종 데이터는 SD메모리 카드에 저장 및 WCDMA를 이용하여 데이터를 전송한다. WCDMA로부터 전송되는 출력 데이터 형식은 표 2와 같다.

표 2와 같이 출력되는 데이터 형식은 최종적으로 출력되는 데이터 형식으로 SD카드와 WCDMA통신을 통하여 서버에 전송이 된다. 1-1은 현재 장치의 아이디를 뜻하며 영문기준으로 10byte까지 표시가 가능하다. 1-2는 현재 장치에서 하루에 전송된 데이터가 몇 개인지를 알려주며 전송된 데이터 수를 통해 데이터가 유실이 됐는지 여부를 확인할 수

있다. 1-3과 1-4는 측정일과 측정되는 시간으로써 GPS[20] 정보를 이용하여 현재 시간과 날짜를 표시한다. 측정일은 년, 월, 일로 2byte로 표시가 되고 측정시간은 시, 분, 초로 2byte씩 사용한다. 1-5와 1-6은 위도와 경도으로써 출력되는 값에 10,000을 나누면 정확한 위치가 출력된다. 1-7 기압은 소수점 1의 자리까지 표시가 되며, 출력된 값의 10을 나누면 정확한 기압 수치가 나온다. 1-8은 온도이며 295일 경우 29.5℃를 뜻한다. 1-9 ~ 1-11은 파고의 높이를 나타내며 10을 나누면 현재 파고 값이 나타난다. 일반적으로 파고는 유의 파고를 사용한다. 1-12는 파고의 주기를 나타내는 수치로써 44일 경우 4.4sec를 나타낸다. 풍향은 내부 센서의 진북을[21] 기준으로 총 0~360도의 각을 나타내며 풍속은 m/s단위로 표현을 한다. 1-16은 전압으로 9310은 9.31v를 나타낸다. 출력되는 데이터는 20분 단위로 해양관측 시스템이 설치되어 있는 장소를 기준으로 정보를 전송한다. 또한 주변 환경으로 인하여 해양관측 장비가 이탈을 하거나 배터리 방전위험이 있을 경우에는 문자로 정보를 알려주거나 서버를 통하여 상태를 확인 할 수 있다.

표 2. 데이터의 출력형식

Table 2. Output Format of Data

1-1	1-2	1-3	1-4	1-5
ID	Transmission Number	Measurement Date	Measuring Time	Latitude
#test	1	180825	120000	364156

1-6	1-7	1-8	1-9	1-10
Hardness	Atmospheric Pressure	Temperature	Significant Wave Height	Maximum Wave Height
1264822	10090	295	19	20

1-11	1-12	1-13	1-14	1-15	1-16
Mean Wave Height Output	Wave Period	Wind Direction	Wind Speed	Water Temperature	Voltage
20	44	00	00	280	9310

4-2 해양파고 관측을 위한 알고리즘

해양파고 알고리즘의 핵심으로는 칼만 필터 기반으로 예측 방정식의 일반식과 측정방정식의 일반식을 수정하여 사용하는 것이다.

알고리즘 1은 칼만 필터를 이용하여 해양의 파고 데이터를 관측하는 알고리즘이다. 위 파고 알고리즘 동작은 10분 동안 동작하여 2200개의 파고데이터를 추출한다. ①은 칼만 필터를 적용할 때 최초 데이터를 초기화 한 후 이후에는 초기화를 하지 못하도록 스위치 같은 역할을 하는 변수이다. ②는 오차 공분산의 필터를 적용하기 위한 초기 값이며, ③ 발생하는 노이즈의 공분산 행렬[22]을 위한 초기 값이다. ④는 측정된

노이즈에 공분을 한 행렬을 위한 초기 값이다. ⑤는 추출되는 파고 데이터 값이 저장되는 변수로 오류가 발생되지 않도록 0으로 초기화 한다.

알고리즘 1. 칼만 필터 기반의 파고 관측 알고리즘
Algorithm 1. Ocean Wave Observation Algorithm based on Kalman-Filter

WHILE T_r Real Time Operation **THEN**

IF ($init == 0$) **THEN**

$init = 1; //①$

$K_p = 1; //②$

$K_q = 0.0001; //③$

$K_r = 0.0001; //④$

$K_x = 0.0; //⑤$

END IF

IF ($init == 1$) **THEN** //⑥

$C_t = T_c; //⑦$

$K_n x = K_x; //⑧$

$K_n p = K_p + K_q; //⑨$

$K_k = \frac{K_n p}{(K_n p + K_R)}; //⑩$

$K_x = K_n x + K_k \times (O_w - K_n x); //⑪$

$K_p = (1 - K_f) \times K_n p; //⑫$

END IF

$O_w = K_x; //⑬$

$C_t = T_c - C_t; //⑭$

$D_w list.add(O_w, C_t); //⑮$

$D_w list.sort(); //⑯$

END WHILE

⑥은 초기화가 진행된 이후 더 이상 초기화 하지 않고 설정된 식을 사용할 수 있게 한다. ⑦의 C_t 는 파도의 주기를 계산하기 위한 값을 저장하는 변수이며, T_c 는 현재 시간을 뜻한다. 시간은 GPS를 이용하여 날짜 및 시간의 정보를 사용한다. ⑧,⑨는 표 3의 예측방정식을 이용하며, 시스템 상태를 1로써 LTI(Linear Time-Invariant)시스템 $A=1$ 로 적용을 한다. 따라서 $\bar{x}_k = A\bar{x}_{k-1}$ 식을 $K_n x = K_x$ 의 알고리즘 형태로 변환하고 $\bar{P}_k = A\bar{P}_{k-1}A^T + Q$ 식을 $K_n p = K_p + K_q$ 식으로 변환한다. ⑩~⑫는 표 4의 측정방정식을 이용하며, 위와 동일하게 시스템상태를 1로 LTI 시스템을 $H=1$ 로 적용한다. 적용된 값을 이용하여 칼만 이득 계산식 $K_k = \bar{P}_k H^T (H\bar{P}_k H^T + R)^{-1}$ 를 알고리즘 형태의 ⑩ $K_k = K_n p / (K_n p + K_R)$ 식으로 변환한다. 추정 값 계산식 $x_k = \bar{x}_k + k_k(x_k - H\bar{x}_k)$ 을 ⑪식 $K_x = K_n x + K_k \times (O_w - K_n x)$ 으로 나타낸다. O_w 는 최종 파고

데이터 값이며 초기에는 0이다. 오차 공분산 계산식의 $P_k = \bar{P}_k - k_k H \bar{P}_k$ 는 알고리즘 ⑫의 $K_p = (1 - K_f) \times K_n p$ 으로 변환한다. 따라서 예측방정식과 측정방정식을 이용하여 파고 데이터 값을 도출한다. ⑬는 알고리즘을 통해 최종 도출된 파고 값으로 O_w 에 저장된다. ⑭는 파고 데이터가 도출되기까지의 시간을 나타내며, ⑦에서 측정된 시간과 파고데이터가 출력된 후의 시간을 측정하여 도출된 파고 값의 파주기를 계산한다. ⑮의 D_w 는 파고데이터와 주기 값의 정보를 저장하는 변수로써 최종 파고데이터를 계산하기 위하여 10분 동안 2200개의 정보를 저장한다. ⑯는 D_w 에 저장된 데이터를 파고데이터를 기준으로 내림차순으로 정렬한다.

표 3. 예측방정식

Table 2. Prediction Equation

$\bar{x}_k = A \bar{x}_{k-1}$: Estimation of Estimated Value
$\bar{P}_k = A \bar{P}_{k-1} A^T + Q$: Covariance Prediction
\bar{x}_k : Predicted State Value of The System
A : State Matrix
\bar{x}_{k-1} : Previously Expected State of The System
A^T : Orthogonal Matrix of 'A' Matrix
\bar{P}_k : Predicted Value of Error Covariance
\bar{P}_{k-1} : Previously the Predicted Value of The Error Covariance
Q : Noise Covariance of The System

표 4. 측정방정식

Table 3. Measurement Equation

$K_k = \bar{P}_k H^T (H \bar{P}_k H^T + R)^{-1}$: Calculation of Kalman Gain
$x_k = \bar{x}_k + k_k (x_k - H \bar{x}_k)$: Estimation of Estimated Value
$P_k = \bar{P}_k - k_k H \bar{P}_k$: Calculation of Error Covariance
K_k : Kalman Gain
R : Covariance Matrix of The Measurement Noise
H : State Matrix
P_k : Matrix of Error Covariance

알고리즘 2는 파고 및 파주기를 계산하는 알고리즘이다. ①, ②는 유의파고와 유의파고에 해당하는 파주기를 분류하는 역할을 한다. D_w 는 key와 value로 구성되어 있으며, key는 파고, value는 파주기이다. 유의파고는 높은 순으로 전체 파고의 1/3에 해당하는 파고의 평균을 뜻한다. 따라서 ①의 W_s 는 파고의 평균을 계산하기 위하여 1/3에 해당하는 파고를 모두 저장한다. ②의 C_s 는 유의파고에 해당하는 파주기를 모두 저장한다. ③의 W_m 은 최대 파고 값을 찾아내서 저장을 한다.

이렇게 데이터 분류가 끝나면 평균을 계산해서 최종 데이터를 추출한다. ④의 W_h 는 최종 계산된 유의파고이며, 1/3에 해당하는 파고를 모두 더한 값 W_s 에 총 저장한 파고 개수 / 3 한 개수를 나누면 유의파고 값이 계산이 된다. ⑤의 W_a 는 총 저장된 파고 값의 평균을 저장한다. ⑥의 W_c 는 평균 주기로써 1/3에 해당하는 파주기를 모두 더한 후 총 저장한 개수가 / 3을 한 개수를 나누면 평균 주기가 나오며, 대부분 평균주기는 아래 알고리즘과 같이 계산하여 사용한다.

알고리즘 2. 파고 및 주기 계산 알고리즘

Algorithm 2. Ocean Wave and Period Calculation Algorithm

WHILE ($D_w.list.Count() / 3$) THEN

$W_s = W_s + D_w.list[i].Key; // ①$

$C_s = C_s + D_w.list[i].value; // ②$

IF ($W_m > D_w.list[i].key$) THEN

$W_m = D_w.list[i].key; // ③$

END IF

END WHILE

$W_h = \frac{W_s}{D_w.Count() / 3}; // ④$

$W_a = D_w.list.avg(); // ⑤$

$W_c = \frac{W_c}{D_w.Count() / 3}; // ⑥$

따라서 위 알고리즘 1, 2를 이용하여 최종 데이터 유의파고, 최대파고, 평균파고, 평균 주기 값을 구할 수 있다. 본 논문에서는 위의 알고리즘을 기반으로 현장 실험을 진행하였으며, 약 일주일 동안의 데이터를 수집하여 평균 및 비교 분석을 진행하였다.

V. 실시간 해양관측 시스템 실험

본 논문에서는 개발한 해양관측 시스템의 정보가 정확한지 여부를 확인하기 위하여 기존의 기상청에서 사용하고 있는 파고부이와 비교실험을 진행하였다. 비교대상은 유의파고, 파주기, 기압, 온도(기온)이며, 일주일간 실험을 실시하여 파고부이 데이터와 표준형등부표용 해양관측 시스템의 데이터를 비교시험을 진행한다. 센서는 기상청의 검교정 시험을 통과한 장치들이다.

5-1 해양관측 비교 실험

해양관측 실험은 대산지방해양수산청 협조 하에 관할 등부표를 사용하였으며, 일주일간의 데이터를 수집하여 논문에서

개발한 표준형등부표용 해양관측 시스템과 기상청에서 사용 중인 파고부이를 비교분석 한다. 그림 9는 등부표위에 표준형 등부표 해양관측 장비를 부착해 놓은 모습이고, 그림 10은 등부표에서 100m떨어져 설치되어 있는 파고부이의 모습이다. 안전을 위하여 바로 옆에 설치되어 있지 않기 때문에 파고 측정시 데이터의 차이가 발생할 수 있지만 유의파고의 경우 거의 비슷한 수치가 나오기 때문에 그림과 같이 2개의 해양관측 시스템의 데이터를 비교 분석실험을 진행하였다.



그림 9. 등부표를 이용한 해양관측 실험
Fig. 9. Ocean Observation Experiment using Light Buoy



그림 10. 비교실험을 위한 파고부이
Fig. 10. Ocean Wave Buoy for Comparative Experiment

센서는 온도 센서와 기압센서를 비교실험 하였으며 20분 간격으로 데이터를 측정 하였다.

5-2 해양관측 비교 실험 결과

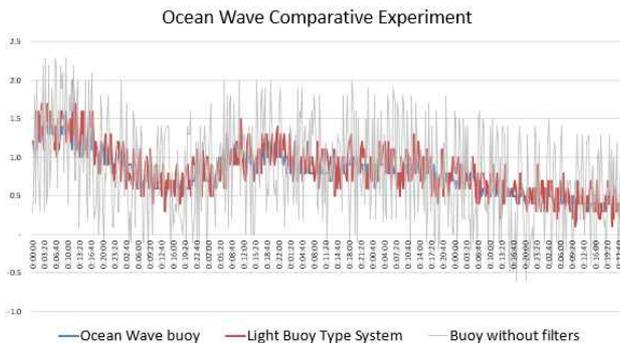


그림 11. 파고 비교 실험 결과
Fig. 11. Comparative Experiment Result of Ocean Wave

그림 11은 파고부이에서 측정한 파고 데이터와 등부표용 해양관측 시스템에서 측정한 파고를 비교분석한 데이터이다. 또한, 알고리즘을 적용하지 않은 해양관측 시스템은 파고부이에 설치하여 비교분석을 진행하였다. 데이터 측정 간격은 0시부터 20분 간격으로 일주일간의 데이터를 수집하였으며, 그래프와 같이 알고리즘을 적용한 파고부이와 등부표용 해양관측 시스템은 파고가 비슷하게 나오는 것을 확인 할 수 있다. 알고리즘을 적용하지 않은 해양관측 시스템은 노이즈가 처리되지 않기 때문에 전반적인 데이터의 흐름은 비슷하지만 그래프가 요동치는 것을 확인 할 수 있다. 알고리즘을 적용하지 않았을 때의 파고 높이는 최대 -1m ~ 1m정도의 오차가 발생하는 것을 확인 할 수 있다. 그림 11의 그래프는 동일한 조건의 필터 적용 유·무에 따른 결과이다. 필터를 적용한 파고부이와 해양관측 시스템은 거리가 100m정도 떨어져 있기 때문에 100% 관측 데이터가 일치할 수는 없지만 비교하였을 때 오차는 최소 -0.2에서 0.3정도 차이가 났다. 즉, 파고의 높이가 -20cm ~ 30cm정도 오차가 발생한 것을 확인 할 수 있다. 전체적인 그래프를 확인해보면 유사하게 데이터가 나오는 것을 확인 할 수 있다. 따라서 파고 비교 실험을 통하여 개발된 해양관측 시스템의 파고가 정확하게 나오는 것을 확인 할 수 있으며, 측정된 데이터에 대해서 신뢰할 수 있다고 볼 수 있다. 파고부이와 해양관측 시스템의 파고는 2m 검교정기를 통하여 교정된 장치이다.

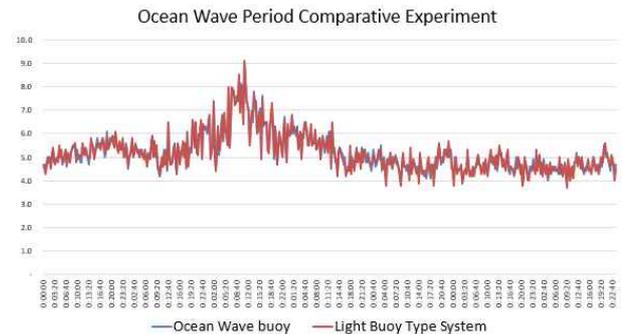


그림 12. 파주기 비교 실험 결과
Fig. 12. Comparative Experiment Result of Wave Period

그림 12의 파주기 비교 실험은 파고와 동일하게 0시부터 20분 간격으로 일주일간의 데이터를 수집하였으며, 파주기를 측정하였다. 일반적으로 파고의 높이가 높게 나오면 파주기가 길어지지만 해양에서의 파주기는 이와 관계가 없다고 볼 수 있다. 파고가 0에서 다시 0까지 돌아오는 시점이 완만하게 그래프가 그려지는 것이 아닌 잔물결에 따른 곡선이 그려지기 때문에 실제로 파고가 높지 않음에도 측정되는 파주기는 길어질 수밖에 없다. 따라서 파고부이와 표준형등부표의 해양관측 시스템의 데이터를 비교 하였을 때 거의 유사하게 데이터가 출력되는 것을 확인 할 수 있었으며, -0.2~0.2초의 오차가 발생하는 것을 확인 할 수 있었다. 측정하는 거리가 100m의 차이가 있으며, 전반적인 그래프의 곡선이 유사하게

출력이 되기 때문에 데이터의 신뢰성은 높다고 볼 수 있다.

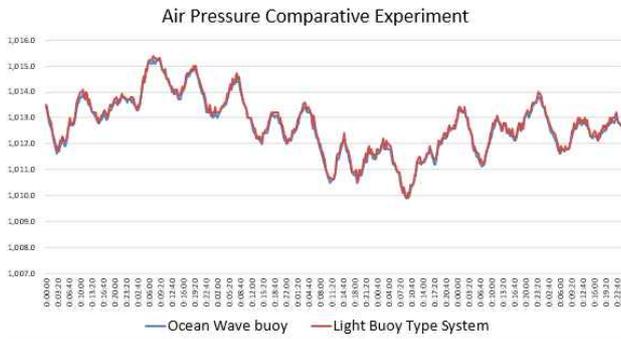


그림 13. 기압 비교 실험 결과
Fig. 13. Comparative Experiment Result of Ocean Wave

그림 13과 14는 각각 기압과 온도에 비교 실험 결과를 나타내는 그래프이며, 파고 및 파주기와 다르게 기압과 온도는 100m의 거리에 있어서는 차이가 많이 발생하지 않기 때문에 좀 더 적은 오차의 비교결과 그래프를 도출할 수 있다. 기압과 온도의 측정도 0시부터 20분 간격으로 일주일간 수집한 데이터이며, 기압은 0에서 최대 0.2hPa의 오차가 발생하였다. 온도는 0℃에서 0.1℃정도의 오차가 발생하였으며, 그림과 같이 거의 동일한 데이터가 출력이 된 것을 확인 할 수 있었다. 따라서 본 논문에서 개발한 표준형 등부표용 해양관측 시스템의 데이터는 비교실험을 통하여 신뢰할 수 있다는 것을 증명하였다.

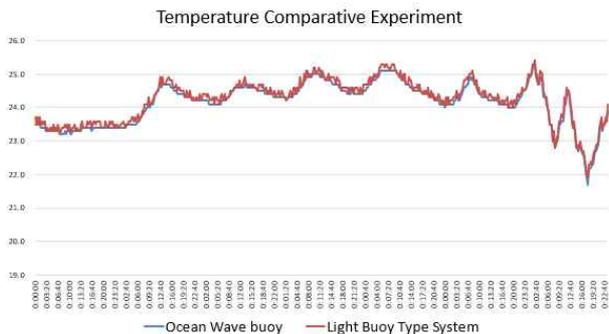


그림 14. 온도 비교 실험 결과
Fig. 14. Comparative Experiment Result of Ocean Wave

VI. 결론

본 논문에서는 표준형등부표를 이용하여 좀 더 정밀한 해양 정보를 관측하고자 해양관측 시스템을 제안하였다. 개발된 해양관측 시스템은 별도의 모듈형태로써 표준형등부표에 쉽게 설치가 가능하며, 기존 등부표에 있는 전원을 활용하여 해양관측을 일정 시간단위로 측정한다. 본 논문에서는 개발된 해양관측 시스템의 데이터를 검증하기 위하여 기상청에서 사

용하는 동일한 파고부이를 설치하여 비교 실험 하였다. 실험은 일주일간 진행하였으며, 0시가 되는 시점부터 20분 간격으로 WCDMA를 통해 데이터를 전송받아 비교 분석 하였다. 비교시험 항목은 유의파고, 파주기, 기압, 온도이며, 최대 파고와 평균파고는 거리 및 환경에 따라서 편차가 크게 차이 날 수 있기 때문에 비교 시험에서는 제외하였다. 따라서 유의파고와 파주기를 비교 분석하였으며, 실험 결과와 같이 데이터가 유사하게 출력이 되는 것을 확인 할 수 있었다. 파고의 오차는 약 -20~30cm의 오차가 발생하였고 파주기는 -2~2sec의 오차를 확인 할 수 있었다. 측정하는 장치의 거리가 100m의 간격을 감안하면 거의 동일하다고 볼 수 있는 결과이며, 전체적인 그래프의 모형도 유사함에 따라 본 논문에서 개발한 해양관측 시스템의 파고 및 파주기의 데이터가 신뢰성이 있다는 것을 검증할 수 있었다. 또한, 기압과 온도는 거의 동일한 데이터가 출력이 된 것을 확인 할 수 있으며, 기압은 0~0.2hPa, 온도는 0~0.1℃정도 차이가 있는 것을 확인 할 수 있었다. 따라서 현장 실험을 통하여 개발한 해양관측 시스템의 데이터를 검증할 수 있었으며 추후 다양한 등부표에 설치할 수 있도록 해당 해양기관과 협의를 지속적으로 해야 할 것이다. 또한 이상기후로 인하여 예측할 수 없는 해양 날씨정보를 어민과 관련 업종에 활용한다면 안전예방 및 더 큰 이익을 창출할 수 있을 것으로 기대한다.

감사의 글

“이 논문은 2016년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 연구개발특구진흥재단의 “연구개발특구육성(특구기술사업화사업)” 지원을 받아 (주)오션이엔지에서 수행된 연구임 (No.A2016-02-DD-006).”

참고문헌

- [1] Akyuz, Emre, “A marine accident analysing model to evaluate potential operational causes in cargo ships,” *Safety science*, Vol. 92, pp. 17-25, 2017.
- [2] Ram, Kondamudi Siva Sai, 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.
- [3] Hyunjin 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.
- [4] Sujeong Ko, "Predicting Plant Biological Environment Using Intelligent IoT," *Journal of Digital Contents Society*, Vol. 19, No. 7, pp. 1423-1431, 2018.
- [5] Korea Meteorological Administration: <http://www.kma.go.kr>
- [6] Statistics Korea: <http://kostat.go.kr>
- [7] Gutierrez Antunano, Miguel A., Jordi Tiana Alsina and Francesc

- Rocadenbosch, "Performance evaluation of a floating lidar buoy in nearshore conditions," *Wind energy*, Vol. 20, No. 10, pp. 1711-1726, 2017.
- [8] Fangqing Gu, Hai-lin Liu, Yiu-Ming Cheung and Shengli Xie, "Optimal WCDMA network planning by multiobjective evolutionary algorithm with problem-specific genetic operation," *Knowledge and Information Systems*, Vol. 45, No. 3, pp. 679-703, 2015.
- [9] Melgar, Diego, and Yehuda Bock, "Kinematic earthquake source inversion and tsunami runup prediction with regional geophysical data," *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, Vol. 120, No. 5, pp. 3324-3349, 2015.
- [10] Kenek: <http://www.kenek-co.com>
- [11] Riley, Rodney E. and Richard 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.
- [12] Graeme Anderson, Fiona Carse, Jon Turton and Andrew Saulter, "Quantification of bias of wave measurements from lightvessels," *Journal of Operational Oceanography*, Vol. 9, No. 2, pp. 93-102, 2016.
- [13] Chunjing Lin, Sichuan Xu, Guofeng Chang and Jinling Liu, "Experiment and simulation of a LiFePO₄ battery pack with a passive thermal management system using composite phase change material and graphite sheets," *Journal of Power Sources*, Vol. 275, pp. 742-749, 2015.
- [14] Jinyu Wang, Jun Liang, Feng Gao, Li Zhang and Zhuodi Wang, "A method to improve the dynamic performance of moving average filter-based PLL," *IEEE Trans. Power Electron*, Vol. 30, No. 10, pp. 5978-5990, 2015.
- [15] Gowribanu, G., 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.
- [16] Tamura, Takahiro, Ryo Matsuda, and Masaki Suido, "Development of a Measurement System Aiming at Detection of Ground Contact in Running and Providing Immediate Feedback Using 3-Axial Acceleration Sensor and Wireless Communication Installed on a Smart Device," *The Journal of Information and Systems in Education*, Vol. 17, No. 1, pp. 1-6, 2018.
- [17] Bocheng Bao, Tao Jiang, Quan Xu, Mo Chen, Huagan Wu and Yihua Hu, "Coexisting infinitely many attractors in active band-pass filter-based memristive circuit," *Nonlinear Dynamics*, Vol. 86, No. 3, pp. 1711-1723, 2016.
- [18] Adiono, Trio, and Syifa'ul 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.
- [19] Carrasco, Ruben, Michael Streßer, and Jochen Horstmann, "A simple method for retrieving significant wave height from Dopplerized X-band radar," *Ocean Science*, Vol. 13, No. 1, pp. 95-103, 2017.
- [20] Xu, Guochang and Yan Xu, *GPS: theory, algorithms and applications*, Springer, 2016.
- [21] Ewan Nurse, Benjamin S. Mashford, Antonio Jimeno Yepes, Isabell Kiral-Kornek, Stefan Harrer and Dean R. Freestone, "Decoding EEG and LFP signals using deep learning: heading TrueNorth," *Proceedings of the ACM International Conference on Computing Frontiers*. ACM, pp. 259-266, 2016.
- [22] Zhenyu Zhang, Wei Liu, Wen Leng, Anguo Wang and Heping 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.



박상현(Sanghyun Park)

2010년 : 나사렛대학교 멀티미디어학과 (학사)
2014년 : 전남대학교 전자컴퓨터공학부 (공학석사)
2014년~현재 : 전남대학교 전자컴퓨터공학부 박사과정

2010년~2012년: (주)미디어플로우 시스템개발 연구원
2017년~현재: (주)오션이엔지 연구개발팀 선임연구원
※관심분야 : 시스템 관리, 임베디스 시스템, 디지털미디어, 클라우드컴퓨팅, 해양기상관측, 인터랙티브 미디어



박용팔(Yongpal Park)

1982 ~ 1989 : 금오공대 전자공학(전산 전공) (학사)
1993 ~ 1995 : 포항공대 정보통신(반도체 전공) (석사)

1995년~2001년 : SK하이닉스반도체 선임연구원 (RISC MCU 개발, FCC 개발)
2004년~2008년 : 메그나칩 반도체 기술마케팅 팀장 (Mobile Display Driver IC 개발)
2017년~현재 : (주)오션이엔지 연구소장
※관심분야 : System IC, Embedded System, 반도체 SOC 개발, Display, 해양기상관측



배동진(Dongjin Bae)

2015년 : 한국폴리텍대학 전기과 (전문학사)
2017년 : 공주대학교 산업경영공학과 (학사)

2010년~현재: (주)오션이엔지 해양사업부 부장
※관심분야 : 해양플랜트 및 해양기상장비 기술사업화, 항만건설 및 항로표지 시스템



김진술(Jinsul Kim)

2001년 : Computer Science (BSCS), University of Utah, USA
2005년 : KAIST 정보통신공학과 디지털미디어공학전공 (공학석사)
2008년 : KAIST 정보통신공학과 디지털미디어공학전공 (공학박사)

2005년~2008년 : ETRI 한국전자통신연구원 연구원
2009년~2011년 : 나사렛대학교 멀티미디어학과 교수
2012년~현재 : 전남대학교 전자컴퓨터공학부 교수
관심분야 : 방송·통신 융합미디어 처리, 디지털미디어처리, 휴먼-컴퓨터 인터랙션, 클라우드컴퓨팅 등



박종수(Jongsu Park)

2005년 : 산업기술대학교 메카트로닉스 공학 (학사)

2008년 : 부경대학교 대학원 에너지자원공학과 (공학석사)

1992년~1995년 : 삼성 SDS GIS 사업부

1995년~1997년 : (주)오토닉스아시아

1997년~2001년 : 오션테크(주) 공동창업

2002년~2003년 : 선진해양기술 창업

2003년~현재 : (주)오션이엔지 대표이사

※관심분야 : 해양기상관측, 환경관측, 해양 Iot 플랫폼 개발, 대기관측