



## The Calibration System for Ocean Wave Height and Wave Direction based on Servo Motor

Sanghyun Park<sup>1,2</sup>, Jongsu Park<sup>1</sup>, Dongjin Bae<sup>1</sup>, Jinsul Kim<sup>2</sup>, Yongpal Park<sup>\*1</sup>

<sup>1</sup>*Oceaneng(Ltd.), 201, Songpa-daero, Songpa-gu, Seoul, Republic of Korea*

<sup>2</sup>*School of Electronics & Computer Engineering, Chonnam National University*

### ABSTRACT

In this paper, we propose a servo-motor-based system for verifying and calibrating a device for measuring the height and direction of ocean wave. Internationally, there are many devices that measure the height and direction of ocean wave, but there is no standard data and verification device. Generally, companies develop wave measurement equipment in their manufacture, but we do not know how they produce their products. In this paper, we try to calibrate the measurement devices using two servo-motors for the wave and divergence of various devices. Each servomotor controls the wave height and the wave direction. The wave can be calibrated up to 2m and the wave direction can be calibrated in 360° direction. Besides, we develop a separate monitoring device for the calibration process which can compare and analyze the waveform in real time. Consequently, we carry out a comparative analysis experiment between the waveguide measuring device and the calibrating device. Subsequently, the accuracy of the device is confirmed by comparing and analyzing the result graph value of the comparative analyzing device. Direction is the element to confirm the direction of wave. It does not measure speed and height, but it compares and analyzes the direction values between 0°~360° direction. In addition, the verification process is conducted using the results of comparative analysis. Our calibration device can produce long-waves and short-waves of ocean wave height. Our calibrator has been designed to calibrate up to 40Kg of equipment. In South Korea, each company has its ocean wave height and calibrating device, but they can not reproduce long-wave and shortwave. Furthermore, our calibrating device can be applied to ocean wave research and various fields.

© 2018 KKITS All rights reserved

**KEYWORDS:** Calibration, Ocean wave, Simulation, Wave height, AC servo motor

**ARTICLE INFO:** Received 15 November 2018, Revised 29 November 2018, Accepted 7 December 2018.

\*Corresponding author is with the Oceaneng(Co., Ltd.),  
201, Songpa-daero, Songpa-gu, Seoul, Republic of

Korea  
E-mail address: [oeng.pyp@gmail.com](mailto:oeng.pyp@gmail.com)

## 1. 서론

모든 계측 및 측정하는 장치들은 표준이라는 기준 값을 가지고 있으며, 그 기준 값을 기반으로 개발을 하고 있다. 예를 들어 우리가 주로 사용하는 온도계의 0도라는 기준 값도 표준이 되는 0도를 기준으로 개발을 하며 표준 0도에 가까울수록 제품의 가격은 고가이다. 일반적으로 우리가 사용하는 온도계는 검교정을 받지 않은 제품들로 약간의 오차를 가지고 있다. 모든 IT제품들은 시간이 지날수록 소자들의 노후 및 주변 환경들로 인하여 기준 값이 변형이 된다. 이러한 제품들은 생활에 있어서 미세한 정확도가 필요하지 않기 때문에 다양하고 저렴한 제품들이 많이 출시되고 있다. 하지만 계측기 및 정밀 측정을 위한 제품들은 주기적인 검교정이 필요하며, 고가의 장비라도 영구적이지 않기 때문에 주기적으로 검교정 과정을 통하여 성능을 항상 유지해야 한다. 일반적으로 날씨와 관련된 온도, 기압, 습도, 풍향, 풍속, 일조, 일사, 강수, 증발, 적설과 같은 항목들은 한국기상산업기술원[1]에서 측기검정을 진행한다. 그 외 항목들은 기관별로 1급 정밀 측정소에서 보유하고 있는 기준표준장비를 통하여 비교 분석을 한다. 검교정[2] 대상이 오차 범위 안에 포함이 되면 그에 맞는 인증서를 발급받을 수 있다. 하지만 해양에서 중요한 파고, 파향의 경우는 검증할 수 있는 기관이 국내에는 없다. 일반적으로 파고, 파향은 개발을 진행한 기업이 자체적으로 검교정[3]을 진행하고 있는 상황이기 때문에 제품의 파고 값이 정확한 값이라고 장담할 수 없다. 단순히 수치를 확인하고 파도가 높다, 낮다 정도의 정보를 확인하는 정도이다. 한국기상청[4]에는 국내에서 개발한 파고부이, 표류부이와 해외 센서를 기반으로 제작한 기상부이를 이용하여 국내해양 날씨를 예보하고 있다. 국내에서 개발하는 국내부이의 경우 기업의 자체 검증을 통하

여 인증을 진행하지만 해외 센서를 사용한 기상부이의 경우는 별도의 인증 없이 해외 인증을 믿고 사용하는 상황이다. 따라서 본 논문에서는 해양에서 중요한 파고와 파향을 검증할 수 있는 검교정 장치를 개발하였으며, 기상청 기상부이에 사용하고 있는 파고, 파향 센서도 검증할 수 있도록 개발 및 연구를 진행을 하였다. 또한 파고측정에 따른 높이를 실시간 그래프로 출력함으로써 해양과 생성여부를 확인할 수 있도록 하였다.

## 2. 관련연구

파고 관측 장비를 개발하기 위해서는 유사한 환경을 만들어줄 장치가 필요할 뿐만 아니라 데이터 값이 제대로 출력되는지 확인하기 위한 검교정장치가 필요하다. 보통은 각각의 기업들이 자체 개발을 통하여 파고 및 파향을 검교정 하고 있다. 또한 데이터의 신뢰성과 정확도를 높이기 위하여 개발 기업들이 파고 및 파향을 검교정할 수 있는 장치를 지속적으로 연구개발하고 있다. 세계적으로 유명한 Datawell은 <그림 1>과 같이 원형의 파고부이 장치를 검교정 장치에 설치한 후 원형운동으로 파고의 높이를 측정하는 방식을 사용하고 있다.

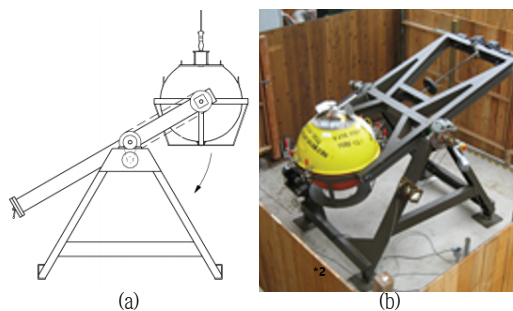


그림 1. DataWell의 파고 검교정 장치  
Figure 1. Wave Height Calibration Device of Datawell

위 <그림 1>과 관련하여 “The Calibration of

wave buoys” 논문[5]이 발표되었으며 <그림(a)>와 같이 검교정할 부이를 올려놓고 (a)에 화살표와 같이 원형으로 돌리면서 장치의 파고 값이 정확히 출력되는지를 비교 분석 및 검증을 한다. (b)는 실제 제작된 장치를 보여주며, 파향을 측정하기 위해서는 직접 장치를 돌려서 원하는 각도 값이 나오는지 확인한다.



그림 2. CDIP의 파고 검교정 장치  
Figure 2. Wave Height Calibration Device of CDIP

<그림 2>는 미국 CDIP(Coastal Data Information Program)의 파고 검교정 장치[6]로써 Datawell의 모양 및 방식이 비슷한 형태를 갖추고 있다. 동작 방식은 Datawell과 동일하며 검교정을 마친 장치는 바다에 설치하여 실시간으로 파고를 측정한다.



그림 3. 시뮬레이션 로봇의 파고 검교정 장치  
Figure 3. Wave Height Calibration Device of Simulation Robot

<그림 3>은 2011년 동서대에서 제작된 파고센서 검·보정용 시뮬레이션 로봇이다. 시뮬레이션 로봇

은 실제 사용보다는 연구목적으로 개발된 제품으로 원형운동의 파고 검교정 장치와 다르게 로봇을 이용 하였다. 로봇용 파고 검교정 시스템은 비용측면에서 부담도 있지만 로봇으로 원운동을 돌렸을 때 돌릴 때마다 오차가 발생하므로 정확한 파고 테스트가 어렵다. 또한 파고의 길이 또한 물리적인 길이가 아닌 로봇의 로직제어를 통하여 길이를 조절하기 때문에 정확한 검교정을 할 수 없다. 이처럼 파고 및 파향 검교정을 위해서 다양한 방법과 기술들이 개발되고 있지만 예전에 개발된 검교정 장치에서 크게 벗어나지 못하고 있는 실정이며, 개발에 있어 소극적이다. 따라서 본 논문에서 개발한 검교정 장비를 활용하여 해양의 파고[8], [9]와 파향[10], [11]을 관측하는 장비들의 검교정과 데이터 표준화를 재정하기 위한 기반을 만들고자 한다. 개발한 검교정 장치는 AC모터를 사용하였으며 해양파[12]의 장파[13], 단파[14]를 구현할 수 있도록 개발되었다.

### 3. 검교정 장치의 연구목적 및 필요성

국내 및 국외에서 사용되고 있는 파고 및 파향 관측 장치는 자체 검증을 통하여 개발되고 있으며, 표준화된 기술 및 데이터가 없기 때문에 동일한 기능의 파고측정 장치라도 개발 업체별로 비교 시 오차가 발생한다.

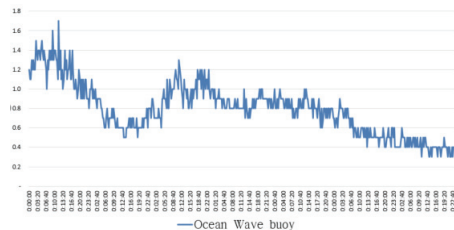


그림 4. 기상청 부이의 파고 측정 데이터 (30일간 측정 데이터)  
Figure 4. Ocean Wave Height Measurement Data of Meteorological Agency Buoy (30 Day measurement data)

<그림 4>는 기상청 부이의 파고 측정 데이터로써 일괄적이지 않은 파고 데이터가 정확히 측정되는 지는 아무도 알 수 없으며, 장담할 수 없다. 해양에서의 파고 및 파향은 자연적인 현상으로 정형화되고 단순화된 파형의 형태는 자연계에서 존재하지 않는다. <그림 5>와 같이 학술 논문[15]에 발표된 비교분석 자료를 봐도 표준화된 기술과 데이터가 없기 때문에 사용되는 센서 및 알고리즘으로 장치별 오차가 발생하는 것을 확인 할 수 있다.

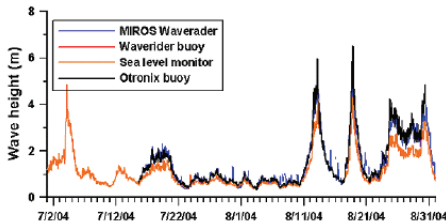


그림 5. 유의파고 비교 실험 (60일간 측정 데이터)  
Figure 5. Comparison Experiment of Significant Wave (60 day Measurement Data)

대부분의 개발 업체들은 해양관측 장비에서 인지도가 높은 Datawell의 제품을 비교 대상으로 지정하고 비교실험을 진행한다. 하지만 비교 대상군의 제품도 표준화된 검교정을 이용하여 검증하지 않기 때문에 객관적으로 신뢰할 만한 검증방법과 기구가 필요하다. 일반적으로 파고를 측정하는 장치는 10분 동안의 2,200개의 데이터를 3회 반복하여 출력된 값을 이용하여 최대파고, 유의파고[16], 평균 파고, 평균 파주기를 도출해낸다.

파고 및 파주기를 측정하기 위해서는 일반적으로 <그림 6>과 같은 알고리즘 순서를 이용하여 데이터를 추출하며, 제조회사마다 알고리즘 방식은 다양하다. 따라서 각기 다른 파고 및 파주기 데이터를 비교하기 위해서는 측정 데이터들을 단순화 시켜야한다.

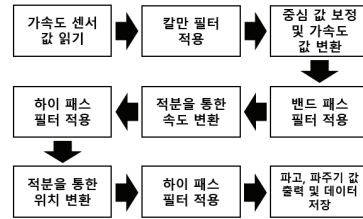


그림 6. 파고 관측 알고리즘 도표  
Figure 6. Ocean Wave Height Observation Algorithm Diagram

$$w_m = D_w list \quad (1)$$

$$S_w = w_s / N_c \quad (2)$$

$$W_{avg} = \sum_{i=0}^{N_s} D_w list[i] \cdot w / N_s \quad (3)$$

$$W_c = c_s / N_c \quad (4)$$

$w_m$ 은 최대파고이며, 10분 동안의 수집한 데이터 2200여개의 데이터 리스트  $D_w list$  중 최대파고를  $w_m$  저장한다.  $S_w$ 는 유의파고로써 2200여개의 데이터 중 1/3에 해당하는 상위 값들의 합  $w_s$ 을 상위 값들의 개수  $N_c$ 로 나누면 평균 유의파고 값이  $S_w$ 에 저장된다. 평균 파고 값은  $w_{avg}$ 에 저장되며 수집한 전체 데이터 값을 식 3과 같이 모두 더한 후에 전체 데이터 개수  $N_s$ 로 나누면 평균 파고 값이 계산된다.  $W_c$ 는 평균 파주기로써 파고 값을 측정할 때 계산된 유의 파주기 값들의 합을  $c_s$ 에 모두 더한 후 유의파고에 해당하는 개수  $N_c$ 로 나누면 평균 파주기가 계산된다. 위 공식과 같이 추출된 데이터 값 4가지를 이용하여 파고와 파주기를 관측한다. 따라서 본 논문에서는 측정된 데이터의 정확성과 교정을 위하여 완벽한 해양파(sine wave)를 발생시켜 파고 측정 장치에서도

동일한 데이터를 출력 및 비교할 수 있도록 하는 것이 목적이다. 완벽한 파고 부이 측정용 장비를 구현하기 위해서 다양한 연구와 실험장 치를 연구 하였으며, 특히 1/1000초의 정밀도를 나타내기 위하여 서보 모터를 이용 및 수차례 장비제작과 시행착오를 가졌다. 세계적으로 파고 및 파향 교정을 위한 정형화된 교정 장비는 개발되지 않았으며 완벽한 파고 및 파향 교정을 위하여 장비를 최대한 단순화 시키는 것의 목적을 둔다. 일반적으로 관측 장비를 비교 및 검증하기 위해서는 비교 대상군을 근접하게 설치하여 비교실험을 진행한다. 하지만 진행도중 충돌 및 파고 발생 시 영향을 주기 때문에 정확한 비교, 검증이 되지 않는 경우가 발생한다. 본 논문에서는 정확한 파고를 측정하기 위해서 최대파고, 유의파고, 평균 파고 값을 동일하게 하여 파고를 측정하는 장치의 데이터를 별도의 스펙트럼 분석 없이 단순화시킴으로써 비교분석을 쉽게 할 수 있도록 한다. 검교정 장치는 파고 및 파향 장치를 3차원 적으로 발생시킬 수 있으며, 자연계의 다양한 형태 및 동작을 단순화시켜 실험을 할 수 있다. 또한 쓰나미 등 장주기파를 단순화시켜 원하는 시간으로 실험할 수 있도록 연구 진행하였다. 현재까지 장주기(주기당 18초 이상) 발생기가 단순화되어 개발된 사례가 없기 때문에 본 논문에서는 장주기를 비교 시험하고자 한다. 따라서 본 논문은 단순히 장비의 개발에 대한 내용이 아닌 파고 및 파향 등 자연계의 물리적 현상을 가장 단순화시킨 장치에 대한 개발 연구이며, 개발한 장치의 구조와 파장에 따른 실험에 관하여 서술하고자 한다. 본 논문은 간결하고 단순한 사인파를 만들어내는 것이 가장 중요하며 물리적으로 최대한 단순화를 시켜 비교분석 할 수 있도록 하는 것의 목적이 있다.

#### 4. 파향·파고 발생장치

#### 4.1 파향·파고 발생기 설계 및 개발

검교정 장치를 구동하기 위해서는 <그림 7>과 같은 기능들을 이용하여 모터[17]를 구동한다. 전반적인 제어 및 구동은 PLC(Programmable Logic Controller)에서 담당하며 제어 관련 프로그램은 PLC 컨트롤러[18]에 저장한다. PLC 컨트롤러는 외부 통신과 내부 통신을 이용하여 각각에 장치들을 구동하는데 외부 통신 인터페이스는 모니터링 시스템을 구동하며 사용자가 모니터링 시스템을 사용하여 모터를 제어할 수 있는 기능을 제공한다.

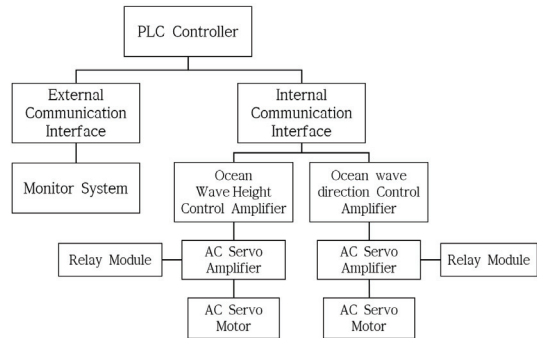


그림 7. 검교정 장치의 전체 기능 구조  
Figure 7. Whole Functional Structure of Calibration Device

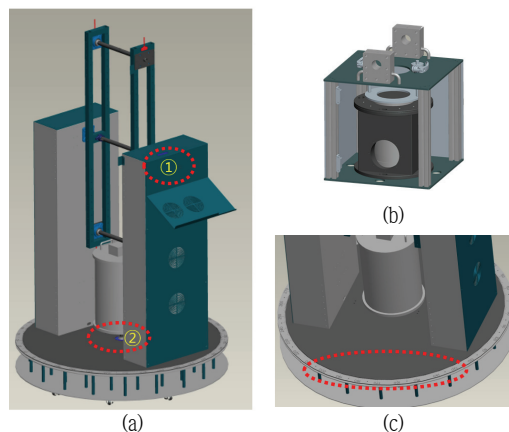


그림 8. 검교정 장치의 3D 설계  
Figure 8. 3D Design of Calibration Device

<그림 8>과 같이 검교정 장치를 개발하기 위하여 우선적으로 3D로 디자인을 진행하였다. <그림 8-(a)>에 ①, ② 위치에 AC서보 모터가 있으며, ①은 파고 검교정을 위한 모터가 설치되어 있다. ②는 파향을 검교정하기 위한 모터가 설치되어 있다. 파향은 2m의 긴 막대기를 이용하여 장치의 검교정을 실시하며, (c) 원판은 검교정의 각도를 보면서 장치의 파향 값이 제대로 출력이 되는지를 확인한다. 기상부이에 사용하는 Datawell 같은 경우는 무게가 35kg의 크기가 크기 때문에 (a)와 같이 직접 설치를 하지만 규모가 작은 장치들은 (b)와 같이 내부에 넣어서 검교정을 진행한다.

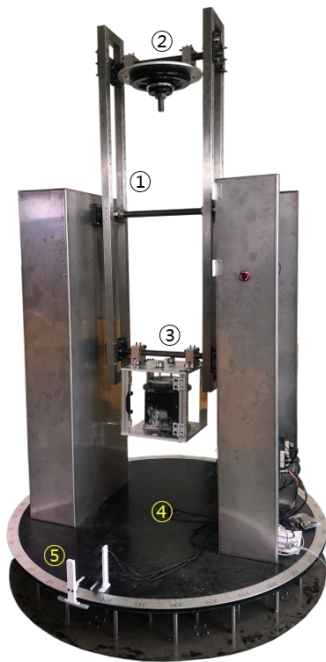


그림 9. 개발된 검교정 장치  
Figure 9. Developed Calibration Device

<그림 9>는 실제 개발된 검교정 장치이며, 높이 2600mm의 1550mm의 폭으로 구성되어 있다. ①은 파고를 측정하기 위하여 2m의 긴 구조물로 구성되어 있으며, ③번에 검교정을 하려는 장치를 설치하

고 설치한 장치의 무게만큼 ②번 위치에 무게 균형을 맞춰준다. 무게가 가벼운 장치를 측정할 때는 원형 운동을 할 때 sin파가 매끄럽게 나오지만 균형이 맞지 않으면 sin파의 노이즈가 발생한 것처럼 그래프가 그려진다. 따라서 장치에 따라서 무게 균형을 맞춰주는 것이 중요하다. ④번은 파향을 검교정할 때 사용하는 원판으로써 검교정을 사용하기 전에 0도 부분을 진북과 일치시킨 다음 파향 검교정을 실시하여야 한다. 원판은 위에 기구물이 그대로 돌아가며 상황에 따라 실제 파도가 발생하는 것처럼 파고와 파향 동시에 동작시킬 수도 있다. ⑤는 모터의 원점을 잡는 부분으로써 적외선 센서를 이용하여 원판의 원점을 잡는다. ③번 같이 가벼운 장치의 파고 및 파향을 검교정 할 때는 투명한 구조물 안에 장치를 올려놓고 검교정을 한다. 하지만 무거운 센서를 검교정 할 때는 <그림 10>과 같이 직접 검교정 장치에 연결하여 검교정을 실시한다.

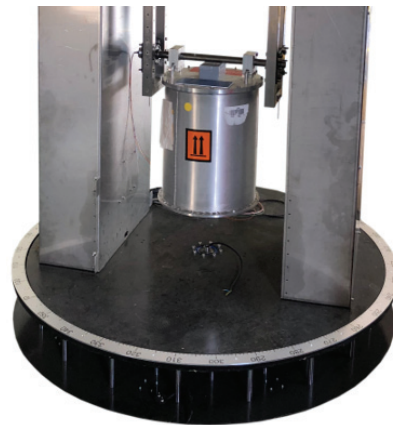


그림 10. Hippy-40을 설치한 검교정 장치  
Figure 10. Calibration Device with Hippy-40 Sensor Installed

<그림 10>에 설치된 장치는 기상청 기상부이에 주로 사용하는 Hippy-40센서[19]로써 Datawell에서 제작을 하며 무게는 35kg이다. 이러한 장비들은 일반적인 검교정기에서는 유의파고 및 최대파고를

측정할 수 있지만 천천히 발생하는 장파에 대한 검교정을 할 수가 없다. 파고를 측정하는 기구물 옆에는 별도의 검교정을 받은 2m 자가 부착이 되어 있으며, 원판에는 검교정 받은 원형모양의 자가 설치되어 있다.

#### 4.2 정밀 모터제어 및 위치 그래프 구현

시간에 따른 단파, 장파를 만들어 내기 위해서는 아래와 같이 모터의 펄스 수를 계산하여 동작을 하여야 한다.

$$f = 21,600,500 \text{ Hz} \quad (5)$$

$$f_m = f \frac{1}{s} \quad (6)$$

식 5와 같이 본 논문에서 개발한 검교정 장치에서 사용하는 모터의 동작 펄스는 21,600,500Hz이며 1초 기준이다. 따라서 원하는 시간에 따라서 모터를 구동하기 위해서는 식 6을 사용하여 모터를 구동한다.

표 1. 회전시간에 따른 모터 동작 펄스  
Table 1. Motor Operation Pulse According to Rotation Time

회전시간(s)	지수	동작 펄스 수
1	1.000	21,600,500
2	0.500	10,800,250
3	0.333	7,200,167
4	0.250	5,400,125
5	0.200	4,320,100
. . .		
90	0.011	240,006
. . .		
100	0.010	216,005
. . .		

<표 1>은 검교정 장치의 파고 관련 모터를 다양하게 구동하면서 얻은 결과 값이며 <그림 11>은 시간에 따른 모터 동작 펄스 수를 그래프화한 그림이다. 그림과 같이 지수함수 형태로써 표시가 되며, 반비례 그래프가 만들어진다. 따라서 계산한 <표 1>과 같이 동작 펄스 값을 이용하여 시간에 따른 모터 구동을 정확하게 제어할 수 있으며, 0.1초 단위로도 정밀 제어가 가능하다.

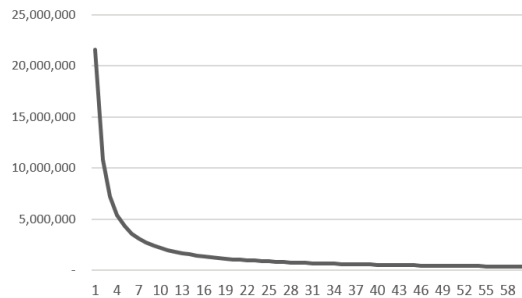


그림 11. 시간에 따른 모터 동작 펄스 관계  
Figure 11. Motor Operation Pulse Relation to Time

모터를 이용하여 파고의 높이 값을 출력하기 위해서는 다음과 같은 식을 이용하여 계산을 하여야 한다. 일반적으로 각도 값을 이용하여 정현파 그래프를 만들 수 없기 때문에 각도를 라디안[20]으로 변환을 해야 한다. 각도와 라디안의 관계는 식 7, 8과 같다.

$$1^\circ = \frac{2\pi}{360} \text{ rad} \approx 0.01745 \text{ rad} \quad (7)$$

$$1 \text{ rad} = \frac{360^\circ}{2\pi} \approx 57^\circ 17' 44.8'' \quad (8)$$

따라서 1차적으로 모터에서 출력되는 각도 값을 식 9와 같이 라디안 변환을 한다.

$$\Theta \text{ rad} \quad (9)$$

식 7의 라디안 변환을 한 값을 정현파 그래프로 출력하기 위하여 2차적으로 sin 값을 적용하면 최종적으로 원형 운동을 하는 모터 값을 이용하여 해양파가 만들어 진다.

<그림 12>는 해양파의 단파를 정현파로 출력한 그림이고 <그림 13>은 해양파의 장파를 정현파로 출력한 그래프이다.

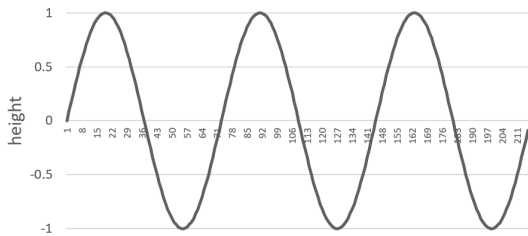


그림 12. 검교정 장치의 단파 출력 그래프  
Figure 12. Short-Wave Output Graph of Calibration Device

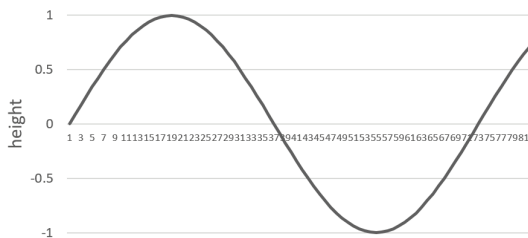


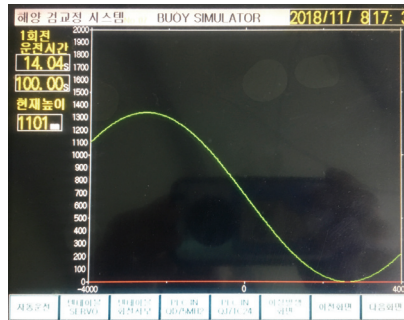
그림 13. 검교정 장치의 장파 출력 그래프  
Figure 13. Long-Wave Output Graph of Calibration Device

본 논문에서 제안한 검교정 장치는 최소 3초에서 100초 이상으로 구동을 할 수 있으며, 단파부터 장파까지 여러 파장을 만들어 낼 수 있다. 현재 각 기업에서 개발하여 사용하고 있는 검교정 장치는 측정하려는 장치의 무게로 인하여 장파를 만들어 내는데 어려움을 가지고 있다. 또한 단순 모터의 속도 값을 이용하여 검교정을 하기 때문에 최대 파고, 유의 파고에 대하여 검교정을 할 수 있지만

파주기에 대한 검교정은 한정적으로 밖에 할 수 없다. 본 논문에서는 검증하려는 파고, 파향 장치와 검교정 장치의 그래프를 비교할 수 있도록 모니터링 시스템을 제공한다. <그림 14>는 검교정 장치의 단파와 장파를 모니터링 시스템을 통하여 실시간으로 보는 사진이다. 14의 (a)는 단파로써 검교정 장치의 회전수가 빠르게 되면 주기가 짧아지는 모습을 볼 수 있으며, (b)와 같이 회전수가 느리게 되면 주기는 점점 길어지는 모습을 볼 수 있다.



(a)



(b)

그림 14. 모니터링 시스템의 파고 그래프 출력  
Figure 14. Ocean Wave Height Graph Output of Monitoring System

<그림 14>와 같이 개발한 검교정 장치는 3초 이상 되는 파고의 파장을 만들어 낼 수 있으며, 40Kg 이하의 물체를 100초 이상의 장파도 만들어 낼 수 있다. 이는 쓰나미[21], 태풍 등 파장의 정보에 따라서 미리 예측을 할 수 있는 요소이기 때문에 장

파를 생성할 수 있다는 것은 매우 중요한 부분이다. 또한 별도의 노이즈 없이 순수 파고와 파향, 파주기를 만들어 낼 수 있기 때문에 검교정 장치로써 우수하다고 볼 수 있다. 검교정 장치는 속도, 회전수, 시간, 길이 등 환경에 따라서 검교정을 할 수 있도록 기능을 제공하며 파장에 터치 모니터링 시스템을 이용하여 사용자가 쉽게 제어 및 검교정을 할 수 있다.

### 5. 파고관측 장비와 비교 실험 및 검증

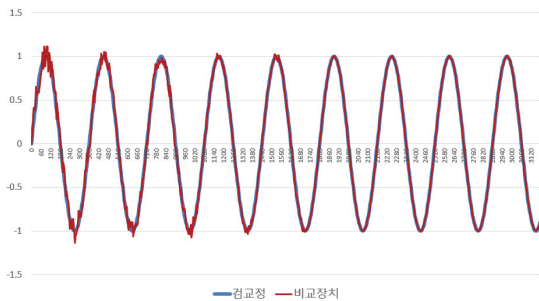


그림 15. 단파 비교 실험 (5초 주기)

Figure 15. Short-Wave Comparison Experiment (5 Sec Cycle)

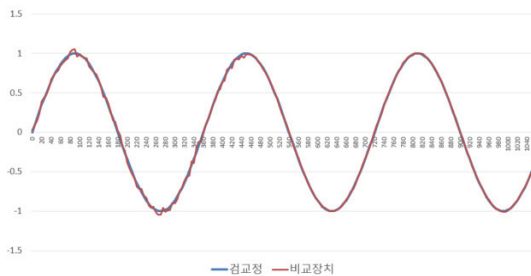


그림 16. 장파 비교 실험 (20초 주기)

Figure 16. Short-Wave Comparison Experiment (20 Sec Cycle)

본 논문에서는 파고의 단파와 장파 비교실험을 진행하였다. 파향 같은 경우는 진복에 따라 비교실험 대상 장치의 각도 값이 출력되기 때문에 본 논문에서는 비교실험 대상에서 제외를 하였다. <그림 15, 16>의 비교 실험은 <그림 9>-③의 비교장치를

사용하였으며, 비교장치는 기상청 파고부이에 사용되고 있는 동일한 파고측정 알고리즘이 들어간 데이터로거를 사용하였다. <그림 15>는 단파 비교실험을 진행한 그래프이며, 속도는 5초로 진행하였다. <그림 15>의 그래프 결과와 같이 검교정 그래프는 노이즈 없이 매끄러운 그래프 결과가 출력되는 것을 확인할 수 있다. 하지만 비교 대상의 파고측정 장치는 빠른 속도로 인하여 처음에는 노이즈가 많이 발생하지만 회전 주기가 늘어날수록 노이즈가 없어지는 것을 확인할 수 있었다. 그래프와 같이 5번의 주기 이후에는 노이즈가 사라지는 것을 확인할 수 있었다. <그림 16>은 장파 비교실험을 진행한 그래프이며, 속도는 20초로 진행하였다. <그림 15>와 같이 비교 실험 장치의 노이즈가 발생하는 것을 확인할 수 있었으며, 처음 단파 비교실험과 다르게 속도가 느리기 때문에 주기 1.5번 만에 노이즈가 사라지는 것을 확인할 수 있었다. 이와 같이 개발한 검교정 장치를 통하여 파고관측 장비의 검증 및 교정을 진행 할 수 있는 것을 실험을 통하여 증명하였으며, 다양한 파고에 따라서 실험이 가능한 것을 확인 하였다. 검교정 장치는 모니터링 시스템을 통하여 원하는 파주기를 조절할 수 있으며, 유의파고, 최대파고가 동일하게 나오기 때문에 보다 정확한 측정이 가능하다. 일반적으로 18초 이상의 파주기는 쓰나미의 파장이라고 할 수 있으며, 검교정 장치를 이용하여 다양한 파주기에 따른 파고를 만들어 낼 수 있다.

### 6. 결론

본 논문에서는 파고 및 파향의 표준과 검교정을 위하여 파고, 파향 검교정 장치 시스템을 개발하였다. 모터의 위치 값을 변환하여 정현파 그래프로 표현하였으며, 이를 이용하여 다양한 해양파를 만들어 낼 수 있는 것을 확인하였다. 또한 파고 검교

정은 물리적으로 검증받은 길이를 사용하기 때문에 유의파고, 최대파고가 동일하며 이를 이용하여 보다 정확한 파고 검교정을 진행 할 수 있다. 실험 결과와 같이 현재 기상청에서 사용하고 있는 동일한 제품의 파고 측정 장치를 비교 실험 하였으며, 정확한 데이터 및 비교 검증을 확인 할 수 있었다. 검교정 장치는 노이즈가 없기 때문에 정확한 측정이 가능하며, 사용자가 모니터링 시스템을 이용하여 파고, 파향을 쉽게 제어 및 실시간 장치상태를 확인을 할 수 있다. 해양의 파는 매우 중요한 요소이며, 실제 쓰나미를 예측하기 위해서는 2개의 파고 측정 부이를 활용하여 내륙과 먼 바다와 가까운 바다의 파장을 확인하면 쓰나미 예측 및 태풍의 진로를 명확하게 확인할 수 있다. 본 논문에서 개발한 장치를 활용하여 다양한 연구 및 보다 표준적인 데이터를 사용할 수 있는 계기가 될 것으로 기대된다.

## References

- [1] Korea Meteorological Industrial, <http://www.kmiti.or.kr>, Nov. 2018.
- [2] I. Yucel, A. Onen, K. K. YilmazbD, and J. Gochis, *Calibration and evaluation of a flood forecasting system: Utility of numerical weather prediction model, data assimilation and satellite-based rainfall*, Journal of Hydrology, Vol. 523, pp. 49-66, 2015.
- [3] H. W. Samuelson, A. Ghorayshi, and C. F. Reinhart, *Analysis of a simplified calibration procedure for 18 design-phase building energy models*, Journal of Building Performance Simulation, Vol. 9, No. 1, pp. 17-29, 2016.
- [4] Korea Meteorological Administration, <http://www.kma.go.kr>, Nov. 2018.
- [5] P. Gerritzen, *The calibration of wave buoys, Datawell BV, Haarlem, The Netherlands, Tech. Rep*, pp. 1-5, 2004.
- [6] CDIP, <http://cdip.ucsd.edu>, Nov. 2018.
- [7] W-B. Lee, and S-H. Park, *A study on the Automatic ocean wave observation buoy system*, Korean Institute of Electromagnetic Communication Science, Vol. 6, No. 2, pp. 268-273, 2011.
- [8] G. P. Ortiz, and J. A. Lorenzetti, *Observing multimodal ocean wave systems by a multiscale analysis of polarimetric SAR imagery*, IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, Vol. 99, pp. 1-5, 2018.
- [9] E. Vanem, *Joint statistical models for significant wave height and wave period in a changing climate*, Marine Structures Vol. 49, pp. 180-205, 2016.
- [10] P. Sutherland, and J-C. Gascard, *Airborne remote sensing of ocean wave directional wavenumber spectra in the marginal ice zone*, Geophysical Research Letters, Vol. 43, No. 10, pp. 5151-5159, 2016.
- [11] D. Son, V. Belissen, and R. W. Yeung, *Performance validation and optimization of a dual coaxial-cylinder ocean-wave energy extractor*, Renewable Energy, Vol. 92, pp. 192-201, 2016.
- [12] J. P. Boyd, *The "Long wave" approximation & geostrophy*, Dynamics of the Equatorial Ocean. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 69-85, 2018.
- [13] J-L. Pinault, *Long wave resonance in tropical oceans and implications on climate: The Pacific Ocean*, Pure and Applied Geophysics, Vol. 173, No. 6, pp. 2119-2145, 2016.

[14] G. Poole, and S. King, *Wave height guided multishot receiver deghosting*, SEG Technical Program Expanded Abstracts 2016. Society of Exploration Geophysicists, pp. 4730-4734, 2016.

[15] J. S. Shim, I. K. Min, and D. Y. Lee, *Analysis of data observed at ieodo research station and buoy*, Korea Ocean Science and Technology Association Conference, pp. 1936-1939, May 2005.

[16] 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.

[17] S. Shinnaka, and T. Ishiduka, *Three-phase current control by dynamic reconstruction of undetected currents for AC motor drives*, Electrical Engineering in Japan, Vol. 198, No. 4, pp. 83-97, 2017.

[18] E. R. Alphonsus, and M. O. Abdullah, *A review on the applications of programmable logic controllers (PLCs)*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 60, pp. 1185-1205, 2016.

[19] 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.

[20] J. S. Park, and K-D. Lee, *Online advanced angle adjustment method for sinusoidal BLDC motors with misaligned hall sensors*, IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 32, No. 11, pp. 8247-8253, 2017.

[21] 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. Birkhauser, Cham, Vol. 173, pp. 219-234, 2017.

---

### 서보 모터 기반의 해양파고 및 파향 검교정 시스템 연구

박상현<sup>1,6</sup>, 박종수<sup>2</sup>, 배동진<sup>3</sup>, 김진술<sup>5</sup>, 박용팔<sup>4</sup>

<sup>1</sup>(주)오션이엔지 선임연구원

<sup>2</sup>(주)오션이엔지 대표

<sup>3</sup>(주)오션이엔지 부장

<sup>4</sup>(주)오션이엔지 연구소장

<sup>5</sup>전남대학교 전자컴퓨터공학부 교수

<sup>6</sup>전남대학교 전자컴퓨터공학부 박사과정

---

### 요 약

본 논문에서는 해양의 파고 및 파향을 측정하는 장치의 검증과 교정을 할 수 있는 서보모터 기반의 시스템을 제안하고자 한다. 해외에는 파고와 파향을 측정하는 장치가 많이 개발되고 사용하고 있지만 표준 데이터와 검증을 할 수 있는 장치가 없다. 일반적으로 파고 측정 및 파향 측정 장비를 개발하는 기업들은 각각의 검교정 장치를 제작하여 자체 검교정을 하고 있다. 본 논문에서는 다양한 장치의 파고 및 파향을 2개의 서보모터를 사용하여 측정 장치들의 검교정을 하고자 한다. 각각의 서보모터는 파고와 파향을 제어하며 파고는 2m까지 검교정이 가능하며 파향은 360° 방향으로 검교정이 가능하다. 개발한 검교정 장치는 별도의 모니터링 장치를 개발하여 실시간으로 파고를 그래프로 비교 분석 할 수 있다. 따라서 자체 검증을 진행한 파고 측정 장치와 검교정의 파고장치를 비교 분석 실험을 진행하였다. 그리고 비교 분석하는 장치의 결과 그래프 값을 비교 분석하여 장치의 정확도를 확인한다. 파향은 파도의 진행 방향을 확인하는 요소로써 속도와 높이를 측정하지 않고 0° ~360° 방향의 방향 값을 비교 분석한다. 또한 비교 분석한 결과를

---

활용하여 검증을 진행한다. 검교정 장치는 해양파고의 장파와 단파를 만들어 낼 수 있다. 개발한 검교정 장치는 최대 40Kg의 장치를 검교정 할 수 있도록 설계되었다. 국내에는 기업마다 자체 파고 검교정 장치가 있지만 장파와 단파를 재현을 하지 못한다. 개발한 검교정 장치는 해양파 연구 및 다양한 분야에 활용을 할 수 있다.

## 감사의 글

이 연구는 기상청 「기상-지진See-At기술개발연구」(KMIPA 2017-1010)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



**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



**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



**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