

# 스마트 폰 제어기능을 갖는 유비쿼터스 다중상태 소노부이 시스템 설계

김종인\*, 이석원\*, 한민석\*\*

## Design of Ubiquitous Multi-Static Sonobuoy System with Smart Phone Control Function

Jong-In Kim\*, Seok-Won Lee\*, Min-Seok Han\*\*

**요약** 본 논문에서는 대잠 작전 시 가장 필수적으로 사용되는 탐지체계인 소노부이를 스마트 기기의 LTE 통신과 접목시켜 가용성을 개선하고자 한다. 북한 잠수함 세력의 위협을 받고 있는 현 상황에서 이에 대응하기 위한 대잠능력은 점점 더 중요해지고 있으며, 지속적인 연구 및 개발이 필요하다. 본 논문은 배에 설치된 군 전용 LTE 통신 시스템과 이에 연동 가능한 스마트기기 그리고 이들의 통제를 받는 다중상태 소노부이를 이용하여 음향 전술의 능력을 높이고자 한다. 제안된 시스템은 각각의 소노부이의 정확한 좌표 정보를 스마트기기에 수신하여 좌표 수치를 표시할 뿐만 아니라 지도에 마커를 표시함으로써 시각적인 효과를 증대시킬 수 있다.

**Abstract** In this paper, we intend to improve the availability by integrating Sonobuoy, the most essential detection system used in anti-submarine operations, with LTE communication of smart devices. Anti-submarine capability to respond to the threat of North Korean submarine forces is becoming increasingly important, and continuous research and development is required. This paper aims to enhance the ability of acoustic tactics by using a military-only LTE communication system installed on a ship, smart devices that can be linked to it, and a multi-static sonobuoy controlled by them. The proposed system can increase the visual effect by not only displaying coordinate values by receiving accurate coordinate information of each sonobuoy to a smart device, but also displaying a marker on a map.

**Key Words** : Acoustic tactics, Anti-Submarine, LTE communication, multi-static sonobuoy, Antisubmarine Warfare

### 1. 서론

대잠 작전 시 가장 빈번하게 사용되며 이에 필수적인 무기체계는 소노부이(Sonobuoy)이다. 소노부이는 SONAR (Sound Navigation And Ranging) 와 Buoy의 합성어로, 부이를 이용해 해상에 떠 있으면서, 음향 탐지 센서를 통해 수중 물체에 대한 정보를 수집하고 전송하는 장비이다 [1]. 처음에는 독일의 U-Boat를 탐지 및 추적하기 위해 개발 되었

지만 현재는 군사용 뿐 만 아니라 해양연구에도 핵심적인 역할을 하고 있다.

현대에 이르러 과학기술의 발전이 가속화하고, 건조 기술의 발달로 잠수함 소음이 낮아지는 추세다. 반면 어업 활동과 해상 수송 물동량이 많아져 수중 소음은 증가했다. 이로 인해 기존의 송·수신 일체형의 단상태(Mono-Static) 음향탐지체계로는 잠수함 탐지가 어려워지게 됐다. 우리 해군은 이러한 제한사항을 극복하고 잠수함 탐지능력을 증대하기 위해 다

This Paper was supported by Research Fund of Republic of Korea Naval Academy in 2021.

\*Department of Electronic and Control Engineering, Republic of Korea Naval Academy

\*\*Corresponding Author : Department of Electronic and Control Engineering, Republic of Korea Naval Academy (mshan1024@navy.ac.kr)

Received March 30, 2021

Revised April 02, 2021

Accepted April 20, 2021

수의 송·수신 복합 센서망을 활용하는 다중상태 (Multi-Static) 음향탐지체계를 P-3 해상초계기에 탑재·운용 중이다.

기존의 일반적인 수중표적 탐지기법은 소나시스템에 수신되는 음향신호로부터 표적의 거리, 속도 및 방위각 등의 표적정보를 추정하여 표적의 유무를 판단하였으며, 획득된 신호의 주파수 성분 등을 이용하여 표적 특징점을 추출하여 표적을 식별하는 방법이 널리 활용되었다[2-4]. 하지만 정지하거나 또는 매복한 수중표적의 경우에는 통상적인 탐지기법으로는 표적 특징점을 추출하기 힘들며, 두 조 이상의 플랫폼이 존재할 경우 기존의 탐지기법으로 분리·식별하는 것은 매우 도전적인 과제였다. 또한 주변의 해상생물체에 의해 관심 있는 수중표적의 특징성분이 왜곡될 수 있어 탐지확률을 저하시키는 한계를 가지고 있다. 다수의 송·수신기를 활용하는 다중상태 (Multi-Static) 음향탐지체계는 수신기에 잠수함 표적 신호 외에 송신음이 함께 수신돼 작전 성패에 큰 영향을 미치는 신호차폐영역(Blind Zone)이 발생한다. 신호차폐영역은 수신 소노부이에 강한 송신 원음과 표적 신호가 동시에 수신돼 표적 신호가 송신 원음에 가려지는 영역이다.

따라서 본 논문에서는 소노부이의 운용 및 발전 방향을 제시하고 이를 바탕으로 함 내의 LTE 무선 통신망을 기반으로 한 스마트폰 제어기능을 갖는 유니쿼터스(Ubiquitous) 다중상태 소노부이 전술 체계를 제안한다.

## 2. 소노부이의 운용 및 발전방향

소노부이를 활용한 음향전술은 잠수함이 부상해 있거나 수중 잠항 중이거나 구애되지 않고 어떠한 상황에서든지 일반적으로 적용이 가능한 전술이다. 이는 소노부이가 잠수함 잠항심도에 구애받지 않고 탐지가 가능함을 의미하고 따라서 소노부이가 탐지 능력을 얼마나 발휘하느냐에 따라서 성공적인 대잠 작전 수행여부가 결정된다고 할 수 있다. 소노부이는 수중 물체의 식별을 위해 운용하는데, 이는 아래의 3단계 과정을 거친다. 1단계에서는 Sensor가 수중

정보를 수집한다. 능동형 소노부이는(Active Sonobuoy) 음파를 방사해서 주변 수중물체의 위치 정보를 획득하고, 수동형 소노부이는(Passive Sonobuoy) 주변 수중물체가 내는 소음을 수집한다. 2단계에서는 수집한 음향 정보들을 유선을 통해 부표로 올려 보내고, 부표에 설치된 RF 안테나를 통해 운용자가 있는 Mobile Sink(선박, 항공기 등)로 전송한다. 3단계에서는 Mobile Sink에서 정보를 수신 및 분석하여 수중물체를 식별한다. 그림 1은 소노부이의 음향정보 수집에서부터 정보 분석 및 수중물체 식별의 과정을 자세히 나타낸 것이다.

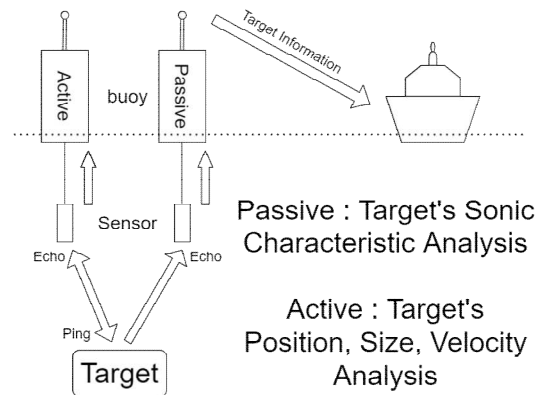


그림 1. 소노부이 운용 개념  
Fig. 1. Sonobuoy Operation Concept

현대 소노부이 체계의 발전 방향은 다음과 같다. 첫째, 더욱 정밀한 위치정보 확보를 위해서 GPS 소노부이 운용의 필요성이 거론되고 있다. 소노부이는 해류나 바람에 의하여 표류하므로 장시간에 걸쳐 소노부이를 운용할 경우에는 GPS 탑재된 소노부이로 이동하는 소노부이의 위치를 정확하게 알 수 있어야 한다. GPS에 의한 소노부이 위치 파악 시스템은 부이 대 부이 위치 상호관계 추적이 용이하여 전술수행이 편리하고, 모든 소노부이의 위치를 항공기 위치와 관계없이 위성체계로 상시 파악이 가능하다.

둘째, 대잠탐지범위 확대를 위해서 다중상태 (Multi-Static) 소노부이 전술체계를 채택하고 있다. 다중상태 소나체계는 다양한 형태의 복합센서들로 센서망을 구축함으로써 탐지영역 확장이 가능하다.

또한 적 잠수함을 은밀하게 탐지 가능하기에 대잠전에서 대잠세력이 전술 운용면에서 유리한 위치에 설 수 있다[5].

또한 현재 해군 함정에서는 아날로그 기술기반으로 운행되어 항해 중 운항자의 인적과실 예방에 한계가 있었다. 이에, 해양수산부는 2016년부터 한국형 e내비게이션 구축사업을 통해 해상내비게이션(e-Navigation)을 개발하고 전국 연안에 620여 개의 초고속 해상무선통신망 기지국과 망 운영센터 등 기반시설을 구축하였다. 이의 성과로 해군은 시범 함정 내 100개 이상 격실에서 음영지역 없이 LTE 네트워크를 이용할 수 있도록 할 계획에 있다[6].

이는 LTE 네트워크가 설치된 함정 환경 내에서 특정 격실내의 소노부이 전용 컨트롤 패널 뿐만 아니라 격실 어디에서든지 실시간으로 지시 및 정보 전달이 원활하게 이루어져 스마트폰 및 웨어러블 기기의 어플리케이션으로 작전 수행할 수 있음을 의미한다.

### 3. 시스템 설계 및 구현

#### 3.1 체계 및 어플리케이션 구성

본 논문에서 제안한 스마트폰 제어기능을 갖는 유비쿼터스 다중상태 소노부이 시스템은 하나의 능동 소나, 여러 개의 수동소나, 메인 컨트롤러 그리고 이것을 제어 가능한 스마트폰 어플리케이션으로 구성된다. 이 체계에서 소노부이 간의 통신은 nRF24L01 모듈을 사용하였으며, 메인 컨트롤러와 스마트폰 간의 통신은 HC-06 블루투스 모듈을 사용하였다. 또한 각 구성 요소들에는 고유한 역할을 부여하였으며, 아래에서 이 역할들을 자세히 설명하고자 한다.

##### 3.1.1 능동 소노부이 (송신센서 1채널)

해당 소노부이는 아두이노 UNO보드, 초음파 센서, GPS 모듈, nRF24L01 모듈로 구성되어있다. 구현 소노부이와 대응되는 실제 소노부이의 구성 요소는 다음 표1과 그림 2,3과 같다.

표 1. 실제 및 구현 소노부이 구성요소

Table 1. Real and Implemented Sonobuoy Components

	Real Sonobuoy	Trial Sonobuoy
①	Antenna	nRF24L01 Module
②	GPS	GPS Module
③	Acoustic Sensor(A)	Ultrasonic Sensor
④	Depth Control	Servo Motor
⑤	CPU	Arduino UNO

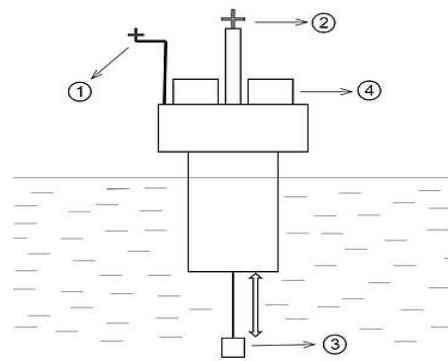


그림 2. 실제 소노부이 구성도

Fig. 2. Real Sonobuoy configuration diagram

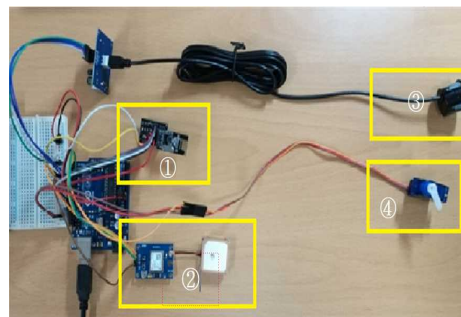


그림 3. 구현 소노부이 구성도

Fig. 3. Implemented Sonobuoy configuration diagram

소노부이가 해상에 투하되면 GPS신호를 메인 컨트롤러로 송신한다. 이후 능동소나가 음향센서부를 통해 표적의 위치 정보를 습득함과 동시에 메인 컨트롤러로 해당 정보를 송신하고, 위치 정보를 바탕으로 수심제어부에서 모터를 가동하여 음향센서부의 수심을 조절한다.

이러한 능동 소노부이는 애플리케이션의 직접 제어를 받는다. 애플리케이션을 이용하는 사용자가 표적의 위치 정보를 받기 위한 명령을 내리면 능동 소노부이는 표적의 위치 정보를 메인 컨트롤러로 전송한다. 또한 애플리케이션을 이용하여 모터를 제어하기 위한 명령을 내리면 소노부이는 모터를 제어하고 해당 작업을 완료하였다는 메시지를 메인 컨트롤러로 전송한다.

이를 구현하기 위해 구현 소노부이에서는 아두이노가 커짐과 동시에 자신의 GPS 정보를 메인 컨트롤러로 지속적으로 전송하는 함수를 적용하였다. 그리고 명령을 받았을 때, 해당 작업을 수행한 후 이의 정보와 수행 완료 메시지를 전송하는 함수를 프로그래밍 하였다.

3.1.2 수동 소노부이 1, 2 (수신센서 2채널)

해당 소노부이는 아두이노 UNO보드, 초음파 센서, GPS모듈, nRF24L01 모듈로 능동 소노부이의 구성과 동일하다. 그러나 실제 소노부이에서는 음향 센서부가 수동센서로 능동 소노부이와 차이가 있다. 구현 소노부이와 대응되는 실제 소노부이의 구성 요소는 표2 와 같다.

표 2. 실제 및 구현 소노부이 구성요소  
Table 2. Real and Implemented Sonobuoy Components

	Real Sonobuoy	Trial Sonobuoy
①	CPU	Arduino UNO
②	Acoustic Sensor(P)	Ultrasonic Sensor
③	GPS	GPS Module
④	Antenna	nRF24L01 Module
⑤	Depth Control	Servo Motor

해당 소노부이의 작동 방식은 능동 소노부이와 유사하나 메인 컨트롤러로 보내는 표적 정보의 종류에 차이점이 있다. 실제 소노부이에서 수동 소노부이는 능동 소노부이의 음파를 탐지하여 표적의 수중 음향학적 정보를 파악한다.

이러한 수동 소노부이는 애플리케이션의 제어를 받는다. 사용자가 애플리케이션을 통해 표적의 수중

음향학적 정보를 받기 위한 명령을 내리면 수동 소노부이는 이에 해당하는 정보를 전송한다. 구현 소노부이에서는 실제 표적의 수중 음향학적 정보를 측정하지 않았으므로, 대체 메시지를 전송한다.

이를 구현하기 위해 구현 소노부이에서는 아두이노가 커짐과 동시에 자신의 GPS 정보를 메인 컨트롤러로 지속적으로 전송하는 함수를 적용하였다. 그리고 명령을 받았을 때, 해당 작업을 수행한 후 이의 정보와 수행 완료 메시지를 전송하는 함수를 프로그래밍 하였다.

3.1.3 메인 컨트롤러

메인 컨트롤러는 아두이노 UNO보드, nRF24L01 모듈, HC-06 블루투스 모듈로 구성되어있다. 아래에서 구현 소노부이와 대응되는 실제 소노부이의 구성 요소 및 실제 통제부 구현을 나타내고 있으며 세부 구성은 표3 및 그림4와 같다.

표 3. 실제 및 구현 소노부이 구성요소  
Table 3. Real and Implemented Sonobuoy Components

	Real Sonobuoy	Trial Sonobuoy
①	Display	Serial Monitor
②	Receive Antenna	nRF24L01 Module
③	Inner Antenna	HC-06 Bluetooth Module
④	CPU	Arduino UNO



그림 4. 실제 통제부 구현  
Fig. 4. Real control unit implementation

해당 메인 컨트롤러의 역할은 소노부이로부터 정보를 수신하여 저장한 후, 전시기에 정보를 표시 및 애플리케이션이 적용된 스마트폰에 송신하는 하며,

반대로 스마트폰으로부터 받은 명령을 저장 및 전시기에 명령을 표시하고 소노부이에 이를 전송하는 것이다. 이것은 실제 전시기(Display)에 초고속 해상 무선 통신망을 이용한 무선 AP(Wireless Access Point) 기술을 접목한 것에 대응한다.

이 역할을 구현하기 위해 4개의 함수가 적용되었다. 스마트폰으로부터 명령을 받고 저장하는 함수, 이 명령을 소노부이로 전송하는 함수, 소노부이로부터 온 정보를 수신하여 저장하는 함수 그리고 이 정보를 스마트폰으로 전송하는 함수이다.

### 3.1.4 스마트 폰 애플리케이션

메인 컨트롤러와 스마트폰간의 통신을 위해 사용한 블루투스 HC-06 모듈은 실제 함정에서 사용하는 스마트십 LTE체계의 내부 안테나와 AP에 대응한다.

애플리케이션에 정보를 표시하기 위해서 메인 컨트롤러로부터 온 문자열 정보를 앱 각각의 빈칸에 적절히 파싱(Parsing) 해야 한다. 앱의 빈칸은 각각 지도의 마커 표시, 소노부이의 좌표, 표적의 좌표, 표적의 수중 음향학적 정보, 수심제어부 모터의 구동 확인 메시지를 표시한다. 앱의 빈칸 구성요소는 그림 7 및 표4와 같다.



그림 7. 스마트 폰 애플리케이션 화면  
Fig. 7. Smart Phone Application Screen

표 4. 스마트 폰 애플리케이션 화면  
Table 4. Smart Phone Application Screen

Smart Phone Application Screen	
①	Marker
②	Sonobuoy Coordinate
③	Target Coordinate
④	Information of Acoustic Signal
⑤	Information of Motor Drive

## 3.2 세부 동작 및 시스템 검증

### 3.2.1 체계 구성도와 순서도

본 논문에서 구현하고자 하는 체계 구성도는 뒷면의 그림 8와 같으며, 세부동작 순서도는 그림 9와 같다. 체계 구성도는 명령을 송신하고 정보를 수신하는 체계를 도식화한 것이다. 그리고 순서도는 상황에 대한 처리 과정을 나타낸 것이다.

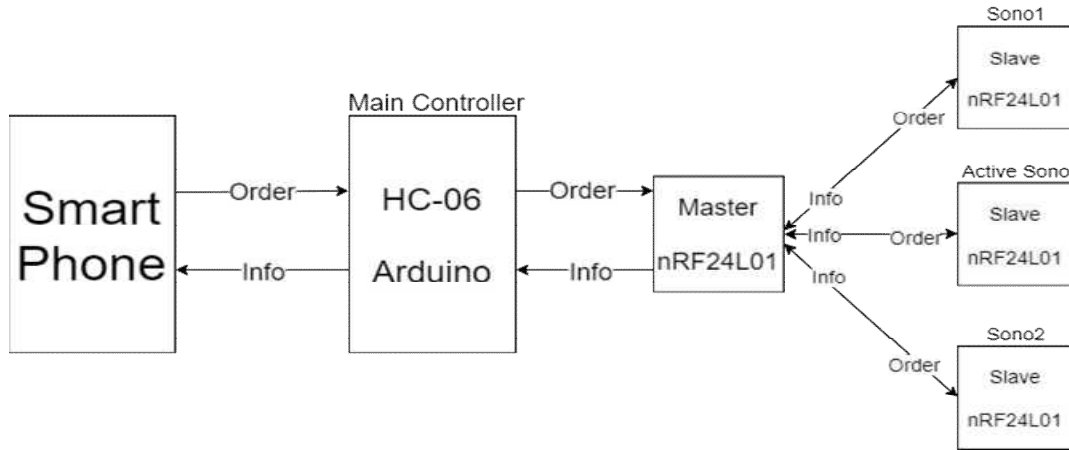


그림 8. 제안한 체계 구성도  
Fig. 8. Proposed system structure

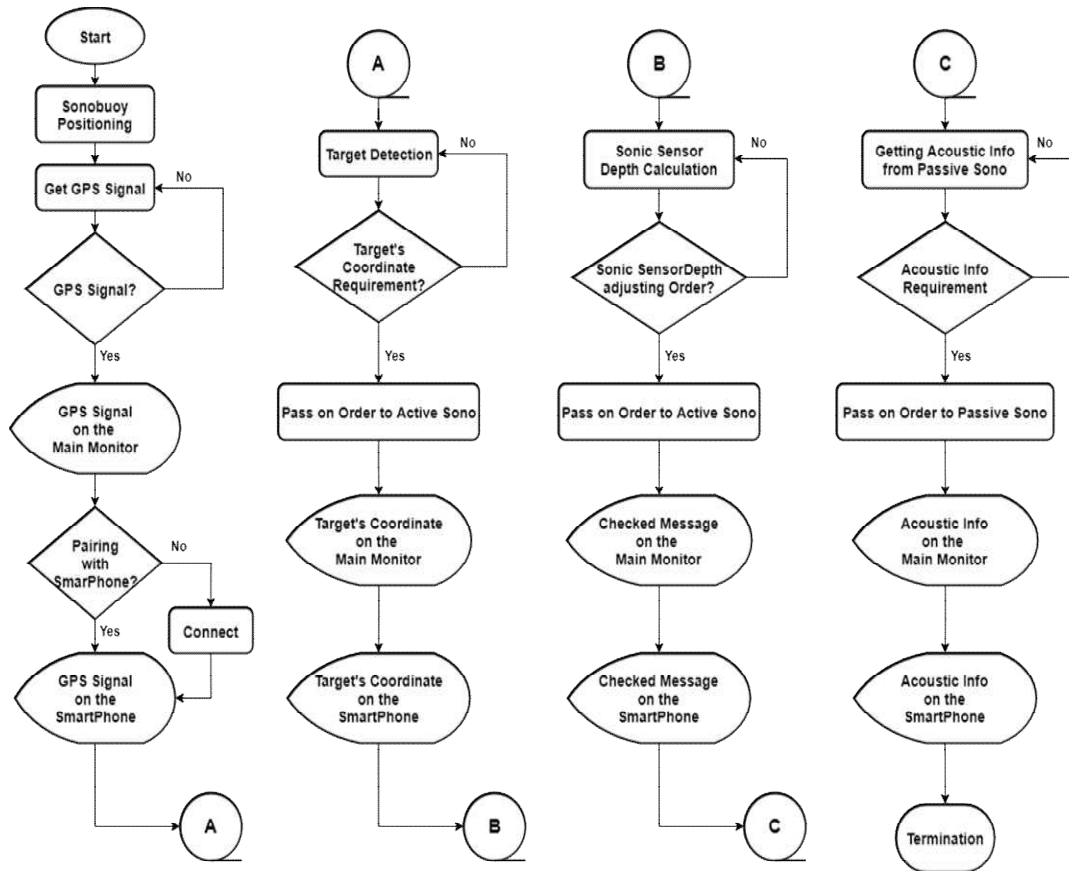


그림 9. 세부 동작 순서도  
Fig. 9. Detailed operation flow chart

3.2.2 실험의 결과

그림 10은 표적의 위치정보를 요구하는 명령과 이에 대한 응답 그리고 능동 소노부이 음향 센서부의 위치를 조절하였다는 응답의 수신 결과 값을 시리얼 모니터 창에 나타내었다.

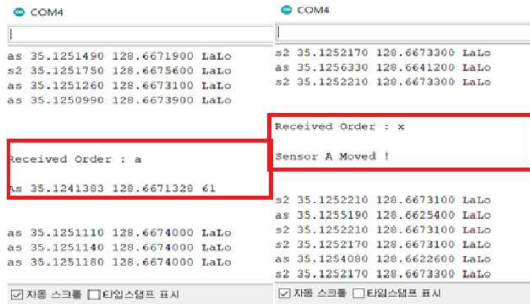


그림 10. 능동 음향 센서부 위치 조절 응답 수신  
Fig. 10. Active Sound Sensor Location Control Repeat

그림 11은 표적의 수중 음향학적 정보를 요구하는 명령과 이에 대한 응답 그리고 수동 소노부이1의 음향센서부 위치를 조절하였다는 응답의 수신 결과 값을 시리얼 모니터 창에 나타내었다.

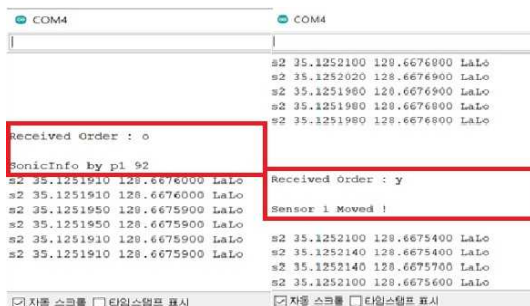


그림 11. 수동 음향 센서부 위치 조절 응답 수신  
Fig. 11. Passive Sound Sensor Location Control Repeat

그림 12는 표적의 수중 음향학적 정보를 요구하는 명령과 이에 대한 응답 그리고 수동 소노부이2의 음향센서부 위치를 조절하였다는 응답의 수신 결과 값을 시리얼 모니터 창에 나타내었다. 각각의 소노부이의 정확한 좌표 정보를 스마트폰으로 수신하여 위도 및 경도 수치를 표시할 뿐만 아니라 지도에 마커

를 표시함으로써 시각적인 효과의 증대를 확인할 수 있다. 또한 사용자가 스마트폰을 통해 소노부이에 내린 명령에 대한 응답과 표적의 위치정보를 지도를 통해 확인할 수 있다.

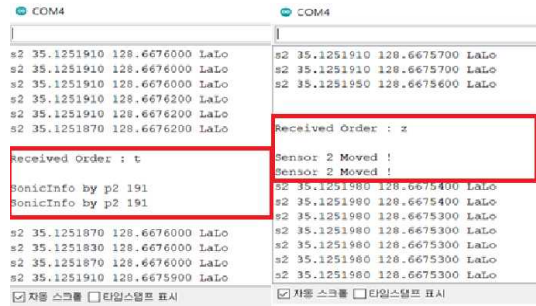


그림 12. 음향 정보 요구 명령 및 응답  
Fig. 12. Sound Sensor Location Control Repeat

그림 13은 애플벤더2 [7] 이용해서 구현한 스마트폰 제어 기능을 갖는 실제 애플리케이션에서 확인할 수 있는 화면이다. 능동 소노부이 1대와 수동 소노부이 2대의 위도, 경도 값을 표시한 상태를 나타내고 있다.

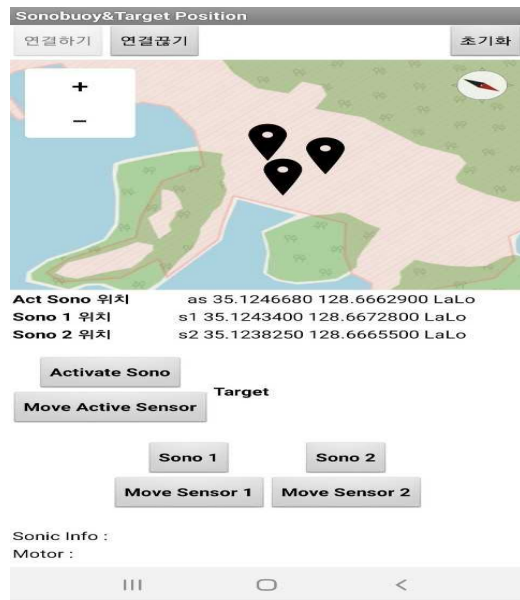


그림 13. 애플리케이션 화면 1  
Fig. 13. Application Screen 1



그림 14는 능동 소노부이를 통해 임의로 표적의 위치를 전송받아서 표시한 화면이다. 이후 수동 소노부이2로부터 수중음향 정보를 수신하였으며 소노부이1의 센서 위치를 변경하였다.

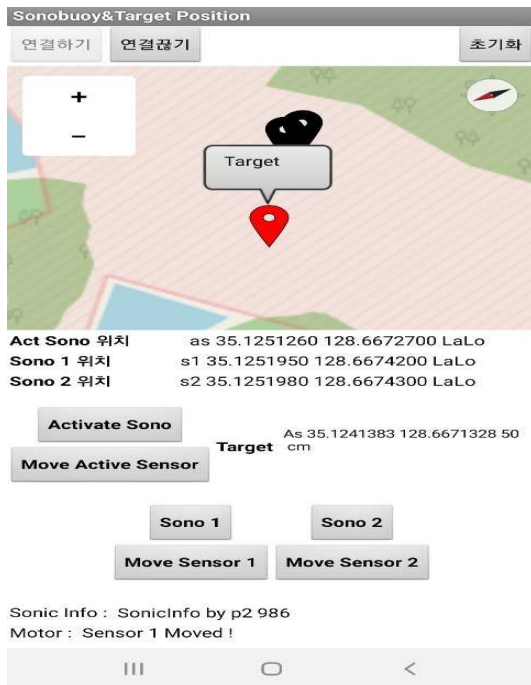


그림 14. 애플리케이션 화면 2  
Fig. 14. Application Screen 2

#### 4. 결론

본 논문에서는 소노부이의 운용 및 발전방향을 제시한 후 이를 바탕으로 직접 다중상태 소노부이 시스템을 설계하고 아두이노와 스마트폰 애플리케이션을 통해 구현하였다. 제안된 시스템은 하나의 능동소나, 여러 개의 수동소나, 메인 컨트롤러 그리고 이것을 제어 가능한 스마트폰 애플리케이션으로 구성되고 능동 소노부이 1대와 수동 소노부이 2대의 위도, 경도 값, 그리고 다중상태 소노부이로부터 오는 수중 음향학적 정보들을 실시간으로 스마트폰 애플리케이션을 통해 확인하고 제어할 수 있다. 또한, 함 내의 특정 격실에서 뿐만 아니라 언제 어디서든지 실시간

으로 정보를 받고 제어할 수 있도록 구현되어 작전 상황에서 빠르고 유동적인 작전 수행을 가능하게 한다.

향후 연구에서 소노부이 시스템 구현 시 실제 음향 센서를 통해서 수중 음향학적 특성을 반영한 정보를 사용하여 체계를 구성한다면 더 향상된 연구 성과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

#### REFERENCES

- [1] <https://en.wikipedia.org/wiki/Sonobuoy>
- [2] Ho Seuk Bae, Wan-Jin Kim, Da-Woon Lee, Wookeun Chung "Estimation of the property of small underwater target using the mono-static sonar" The Journal of the Acoustical Society of Korea Vol.36, No.5 2017.
- [3] Youn gu Lee "Depth estimation of an underwater target using DIFAR sonobuoy" The Journal of the Acoustical Society of Korea vol.38, No.3 2019.
- [4] Sang-Yell Gwak "Target Localization for DIFAR Sonobuoy compensated Bearing Estimation and Sonobuoy Position Error" Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society vol.21, 2 pp. 221-228, 2020.
- [5] Navy Power Analysis Test and Evaluation Team "A study on improving the sonobuoy system to improve anti-submarine detection capability" *Final Report on Naval Combat Experiment Research Service*, 2011.
- [6] Hyuntaek Lim, Yong-Gab Cho "A Study on Policy Making for e-Navigation from the Viewpoint of a Maritime Digital Communication Network" *Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety*, Vol. 24, No. 6, pp. 679-685, October 31, 2018.
- [7] <https://appinventor.mit.edu/explore/ai2>



---

저자약력

---

김 중 인(Jong-In Kim)

[정회원]



- 2021년 : 해군사관학교 전자제어 공학과 4학년 재학 중 (76기)
- 2022년 : 해군사관학교 전자제어 공학과 졸업 예정 (공학사)

〈관심분야〉 소노부이, 프로그래밍, 인공지능경망, ICT Convergence Platform

이 석 원(Seok-Won Lee)

[정회원]



- 2021년 : 해군사관학교 전자제어 공학과 4학년 재학 중 (76기)
- 2022년 : 해군사관학교 전자제어 공학과 졸업 예정 (공학사)

〈관심분야〉 소노부이, 프로그래밍, 인공지능경망, ICT Convergence Platform

한 민 석(Min-Seok Han)

[정회원]



- 2005년 : 한양대학교 전자통신컴퓨터공학과 졸업 (석사)
- 2011년 : 한양대학교 전자통신컴퓨터공학과 졸업 (박사)
- 2013년 ~ 2016년 : KAIST (제) 스마트IT융합시스템연구단 연구교수
- 2016년 ~ 2018년 : 오산대학교 전자과 교수
- 2019년 ~ 현재 : 해군사관학교 전기전자공학과 교수

〈관심분야〉 RCS, 5G, ICT Convergence Platform