

# 수중구조를 위한 ICT 기반 수중통신 모니터링 장치 구현 Implementation of ICT-based Underwater Communication Monitoring Device for Underwater Lifting

윤종화\*, 강상일\*\*, 윤달환\*\*\*★

Jong-Hwa Yoon\*, Sang-iL Kang\*\*, Dal-Hwan Yoon\*\*\*★

## Abstract

In this study, an ICT-based underwater communication monitoring device for underwater structures is implemented based on lifting fixture that transport human bodies found on the seabed to sea level. The lifting fixture is packaged with a reback, sideback, and cartridge that injects air. Monitoring systems are developed in a mobile manner in a portable structure. The underwater ultrasonic sensor signal is supplied using a USB port, and the O/S consists of Linux. For the underwater communication dong test, a measurement test was conducted in real time from 6m to 40m in depth on the east coast. The ultrasonic sound sensor is converted to 2,400 bps to verify the transmission error according to the duality. The communication speed of sensor to monitoring is 115,200 bps, and the speed of communication from controller to receiver is 2,400 bps. In the commercialization stage of the lifting device, it is easy to develop a low-end type and the compatibility is wide.

## 요약

본 연구에서는 해저에서 발견한 인체를 해수면까지 운반하는 인양백을 기반으로 수중구조를 위한 ICT 기반 수중통신 모니터링 장치를 구현한다. 인양백은 에어를 주입하는 리프트백, 사이드백, CO<sub>2</sub> 카트리지 등으로 패키지가 되어 있다. 모니터링 시스템은 휴대하기 용이한 구조로 모바일 방식으로 개발한다. 수중 초음파 센서 신호는 USB 포트를 사용하여 공급되며, O/S는 리눅스로 구성한다. 수중통신동시시험은 동해안에서 수심 6m~40m까지 실시간으로 측정 시험을 진행한다. 초음파 음향센서는 2,400bps로 변환되어 2원화에 따라 전송오차를 검증한다. 센서에서 모니터링까지 통신속도는 115,200bps, 제어기에서 수신부까지 통신속도는 2,400bps를 사용한다. 리프팅 장치의 상용화 단계에서 로우엔드 타입 개발이 용이하고 호환성이 넓도록 한다.

*Key words : Underwater communication, ICT, Marine disasters, Monitoring system, Lifting fixture*

## 1. 서론

2021년 통계청의 해양사고 발생현황에 따르면, 2019

년 총 3,274건으로 전년의 2,671건에 비해서 11.0% (306건) 증가하고, 인명피해는 547건으로 사망·실종 98건, 부상 353건, 충돌사고 149건이 발생했다. 어선의 경

\* CEO, TheQuest Co., Ltd.,

\*\*\* CEO, I-DON Co., Ltd.

★ Dept. of Electronics Engineering, Semyung University

★ Corresponding author

E-mail : yoonhdh@semyung.ac.kr, Tel : +82-43-649-1308

※ Acknowledgment

Manuscript received Sep. 1, 2022; revised Sep. 16, 2022; accepted Sep. 19, 2022.

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.

우 사고횟수가 증가하고 인명피해는 감소하였고, 비어션의 경우 사고회수는 증가하고 인명피해는 감소하였다. 2018년의 인명피해는 2017년 523건에 비해서 13% 줄어 들었으나, 현재 여전히 많은 피해가 발생하고 있는 실정이다[1].

해양사고로 인해 인명피해 발생 시 구조의 골든타임 확보하고, 해저에서 인체를 들어 올리는 동안 인양 상황을 모니터링하기 위해 이동식 항법 제어 시스템이 필요하다[2].

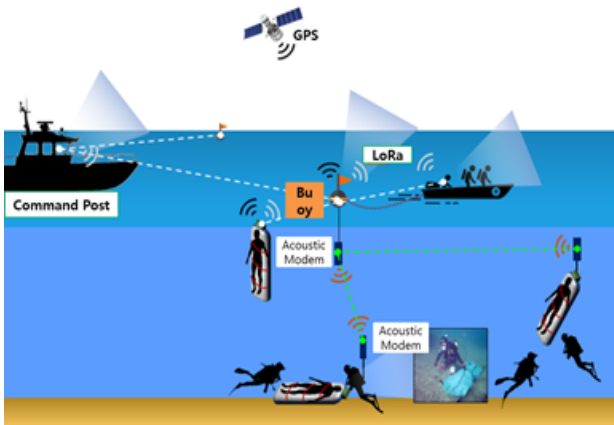


Fig. 1. ICT-based human lift communication system.  
그림 1. ICT 기반 인체인양 통신 시스템

수중통신용 시스템은 수중 휴대성과 다루기가 용이하도록 소형경량화가 절실하다. 동해안은 너울성 파도가 심하고, 일몰 시간인 오후가 되면 수중이 빠른 속도로 어두워진다. 남해안은 유속이 매우 빠르고 작업자의 활동에 매우 위협적이다. 서해안은 탁도가 심해 구조작업 시 안전사고 대응이 매우 중요하다. 전방 1m를 확인하기 어려울 정도로 구조 작업의 효율성이 떨어져 모두가 안전사고에 노출될 우려가 발생한다. 더구나 12시간 25분 간격으로 하루 2회 해수면이 수직으로 변하는 조석 차이는 인천은 해안과 9m, 목포는 3m의 조석차이를 보인다[2].

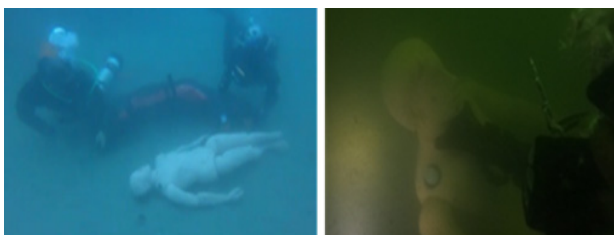


Fig. 2. Comparison of east coast (left) and west coast (right) at a depth of 7m.  
그림 2. 수심 7m 깊이 동해안(좌)과 서해안(우) 비교

특히 서해안 총면적은 약 38만km<sup>2</sup>, 해저 바닥은 수심 100m에서 수심 200m의 연흔 모양 토사가 쌓여 있고, 가장 깊은 곳도 100m를 넘지 않는 대륙붕 지역으로 제주도 남단 이어도까지 이어진다. 그 이유는 중국 황하에서 토사가 쏟아져 나오고 수심이 얇은 데다 바닥의 빨까지 일어나 바닷물이 더욱 뿌옇게 되고 있다.

Table 1. Turbidity distribution by region in the west sea.  
표 1. 서해의 권역별 탁도 분포

Area	Details
Incheon	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wallet inlet: maximum at 52.2 NTU</li> <li>• Average turbidity of 26.82 NTU</li> </ul>
Pyeongtaek	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Turbidity is high on the inside of the seawall or in the harbor</li> <li>• High turbidity of 643.5 NTU for Seosan composition</li> <li>• Average value excluding Seosan composition is 11.53 NTU</li> </ul>
Gunsan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Overall, 10 to 25 NTU</li> <li>• Seocheon long term 207.80 NTU with high turbidity</li> <li>• Average 11.53 NTU excluding Seocheon Long Term</li> </ul>
Mokpo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Average turbidity 4.85 NTU excluding the estuary bank of Yeongsangang River</li> <li>• The turbidity at the mouth of the Yeongsangang River is 14.13</li> </ul>

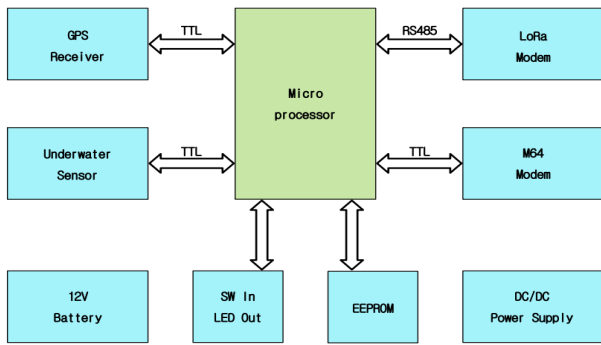
수심이 깊어지면 40m 이상 작업은 잠수부의 감압 한계시간이 8분이고, 공기탱크의 유효 공기용량은 수압에 의해 1/4로 줄어들며, 잠수 후 충분한 휴식시간 2시간 소요되는 어려움이 있다.

한반도 연안을 흐르는 유속을 비교하면 남해는 약 3배, 서해는 동해보다 약 5~7배 빠르다[3].

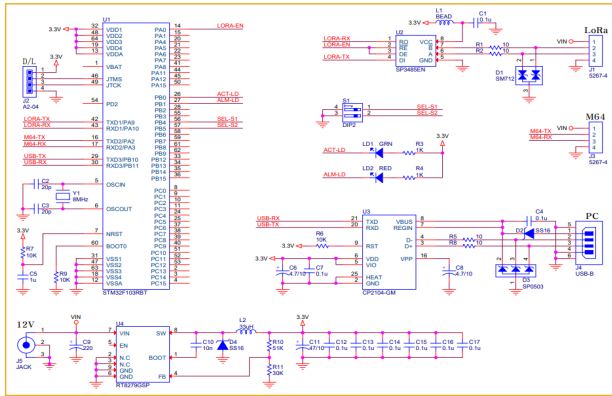
본 연구에서는 해저에서 발견한 인체를 해수면까지 운반하는 인양백을 기반으로 수중구조를 위한 ICT 기반 수중통신 모니터링 장치를 구현한다. 인양백은 에어를 주입하는 리트백, 사이드백, CO<sub>2</sub> 카트리지 등으로 패키징되어 있다.

## II. 수중 통신 모니터링 장치 구현

수중통신장치는 구조요원 및 인양장치에 부착되어 해저에서 인양작업 상황을 외부로 데이터를 전송하는 역할을 한다. 수중 통신 모듈은 GPIO 제어 장치, 485통신 장치, LoRa 모듈, 신호 처리 장치, 키 인터페이스, 계전기, 전원 공급 장치, 경고 장치, I/O 커넥터 장치 등으로 구성된다. 그림 3(a)은 수중통신을 위한 모니터링 장치 블록도, (b)는 회로도를 나타낸다.



(a) 수중통신용 모니터링 블록도



(b) 회로 설계도

Fig. 3. Underwater communication circuit diagram.  
그림 3. 수중 통신장치 블록도와 회로도

표 2는 그림 3 수중통신 모니터링 연동장치의 통신 규격을 나타낸다.

Table 2. Specification of underwater communication equipment.

표 2. 수중통신 장치의 규격

Key Performance	Unit	Goals	Note	
Working depth	m	Less than 40		
com. distance	under water	m	100	100m Transmission Transducer
	Top water	m	4,000	LoRa/LTE communication
com. Speed	under water	bps	More than 2,400	Sonic communication
	Top water	bps	More than 2,400	LoRa
Temp.	℃	-5 ~ 60		

인양 작업은 구조선에서 수중 구조요원의 상황과 인양 장치의 위치를 모니터링하는 이동식 구조이다[4]. 그림 4는 수중구조용 단말기의 통신 흐름도를 나타낸다.

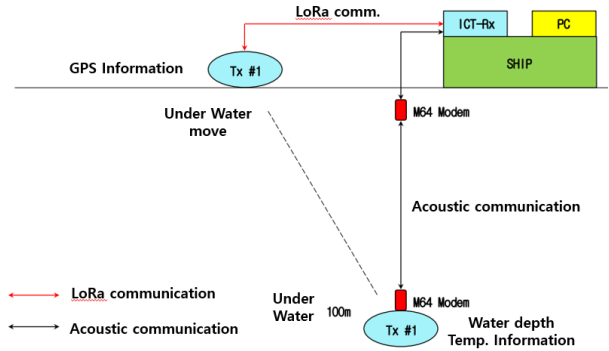


Fig. 4. PC and underwater communication flow chart.  
그림 4. PC와 수중통신 흐름도

리프팅 장치의 과학적 설계는 수중으로 입수시 보유 무게, 수중 내 부력으로 인한 작업의 용이성 등이 고려된다. 특히, 리프팅 기구에 사체를 삽입한 후 웨이트 밸런싱 기술을 적용하여 머리가 해수면을 향하도록 구성해야 한다[5]. 효율적인 작업시간은 작업자 안전을 동시에 보존할 수 있다. 그림 5는 외국산(좌)과 자체 개발한 제품(우)의 비교를 나타낸다. 외국산은 수중 입수시 다이버의 보유 장비 외에도 리프팅 기구물의 액세서리가 많은 단점이 있다.

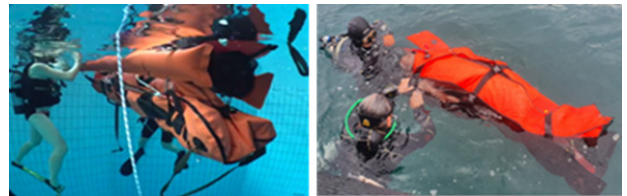


Fig. 5. Comparison between foreign (left) and developed (right) products.  
그림 5. 외국산(좌)과 개발한 제품(우)의 비교

Table 3. Underwater characteristics according to CO<sub>2</sub> cartridge specifications.

표 3. CO<sub>2</sub> 카트리지의 규격에 따른 수중 특성

Vol. (cc)	Dia. (mm)	Length (mm)	weight (g)	Burst pressure (Bar)	Mouth Con.
18	22	88	70	450Bar	No thread
25	25	95	90	450Bar	3/8-24UNF
32	25	107	105	450Bar	1/2-20UNF
42	22	160	117	450Bar	No thread
45	22	248	225	450Bar	No thread
60	30	120	155	450Bar	1/2-20UNF
61	22	248	225	450Bar	No thread
95	40	138	275	450Bar	5/8-18UNF
110	40	150	450	245Bar	M16x1.5

수중 작업에서 CO<sub>2</sub> 카트리지의 용량은 리프트백의 부상에 중요한 요소가 된다.

그림 6은 부력에 의한 기울기로 리프팅 장치는 부력에 의해 기울어지기 시작하여 S1: 16.68°, S2: 22.78°, S3: 28.40°, S4: 33.39°로 수직으로 기울어지는 것을 보여 준다.

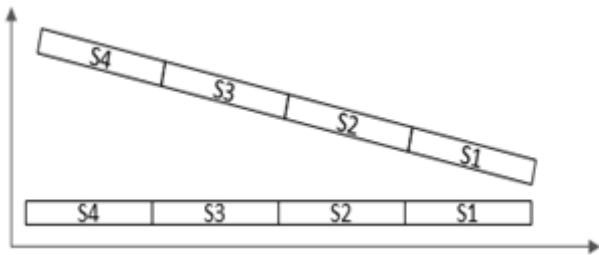


Fig. 6. Start of tilt of instrument by underwater buoyancy.  
그림 6. 수중 부력에 의한 기구물 기울기 시작

모니터링 시스템은 휴대하기 쉬운 구조로 모바일 방식으로 개발한다[6]. 수중 초음파 센서 신호는 USB 포트를 사용하여 공급되며, O/S는 리눅스로 구성한다. 리프팅 장치의 상용화 단계에서 로우엔드 타입 개발이 용이하고 호환성이 넓도록 한다.

### III. 실험 결과

수중통신 시험은 동해안에서 수심 6m~40m까지 실시간으로 측정 시험을 진행하였다. 초음파 음향센서는 2,400bps로 변환되어 2원화에 따라 전송오차를 검증한다. 센서에서 모니터링까지 통신속도는 115,200bps, 제어기에서 수신부까지 통신속도는 2,400bps를 사용한다 [6, 7].



Fig. 7. Communication test between monitoring device and ultrasonic module.

그림 7. 모니터링 장치와 초음파 모듈간 통신 시험

그림 8은 메인 화면, 메인 정보 및 서브 기능 메뉴 입력용 상단 화면, 사용 환경을 고려한 모니터 레이아웃을 나타낸다.



Fig. 8. Monitoring display.  
그림 8. 모니터링 디스플레이

그림 9는 수중 센서 IoT 감지신호를 모니터링한 것이다. 좌측 상단으로부터 시계방향으로 수심검출, 수온검출, 가속도 검출 및 자이로 검출을 나타낸다.



Fig. 9. Sensor IoT detection signal.  
그림 9. 센서 IoT 감지 신호

관계 모니터링 장치는 휴대가 용이한 이동식으로 USB 포트를 이용해서 센서 신호를 공급받는다. 리눅스 O/S로 구성되어 인양시스템 상용화 단계에서 보급형 개발이 용이하고, 폭넓은 호환성을 제공할 수 있다.

### IV. 결론

해저 인체 인양시험에서 수심이 10m마다 수압이 1기압 상승해 인양풍선 내 공기량이 육지에 비해 1/2 정도 줄어들지만, 인양시험 결과 60kg 수중 마네킹용 CO<sub>2</sub> 카트리지가 1개가 수면에 충분히 도달한 것으로 나타났다.

CO<sub>2</sub> 카트리지가 38g을 10m 깊이에서 주입하면 10초

이내에 인양구에 공기를 주입하여 수면으로 상승하는 결과를 얻었다.

수중통신장치 모니터링 장치는 수면 구조요원에게 수심, 수온, 방향각 등을 제공하며, 수심 변화를 파악해 인양작업 완료 여부를 판단할 수 있었다. 이에 수심 40m 까지 수중통신 리프팅 시험을 실시하여 안전상황을 파악할 수 있었다.

수상구조정이 모니터링 장치는 수중 인양상황 정보 저장, 디스플레이, 방수기능을 고려하여 구현되었다. 수중에 입수되는 음향센서는 근거리통신과 장거리통신을 위한 LTE 기술이 적용돼 통신기술을 지원하고, USB포트를 부착해 인터페이스를 넓힌다.

향후 휴대가 용이하고, 이동형에 따라 경량화, 배터리 저전력화 및 수명시간 연장에 주력할 예정이다.

## References

- [1] Central Maritime Safety Tribuna, "Announcement of Maritime Accident Statistics in 2021" 2021.
- [2] H. K. Min, N. H. Seong, etc, "Development of ICT-based human body lifting system for underwater structures," *Technical Report, Ministry of SMEs and Startups*, 2021.
- [3] D. H. Yoon, "System for Preventing Secondary Accidents and Responding to Safety for Water Accidents, and METHOD," Patents 10-2020-0126397, 2020.
- [4] H. K. Min etc, "Information Transmission System of Lifting Apparatus," Patents 10-2020-0127360, 2020.
- [5] D. H. Yoon, M. H. Park, "Device and Method for Tracking position of Object in Case of Eater Accident," Patents 10-2020-0142370, 2020.
- [6] J. G. Kim, "The Design and Implementation of Seabed Auto-interpretation System Using Ultrasonic Signal Processing," 2001.
- [7] D. H. Yoon, "A system for preventing secondary accidents and responding to safety against water accidents, and the method thereof, Patent 10-2020-0126397, 2020.

## BIOGRAPHY

### Jong-Hwa Yoon (Member)



2019 : BA design in Goldsmiths, University of London  
 2021 : MA Design Products degree in Royal College of Art(RCA)  
 2021.10~ : President of TheQuest Inc.

2021~2020: Digital Wallet 연동 NFT Gallery Project.  
 Main : Design Products, Data Analysis

### Jong-Hwa Yoon (Member)



1987 : Kwang-Won Electronic High School.  
 2003 : GNI Inc. Production Team Master  
 2008~Now : Id-on Inc, CEO  
 Main : Electrical & Electronics Circuit design Measurement Device of Semiconductor Module

### Yoon Dal-Hwan (Member)



1984 : BS degree in Electronic Engineering, Hanyang University  
 1986 : MS degree in Electronic Engineering, Hanyang University  
 1994 : PhD degree in Electronic Engineering, Hanyang University

1987. 7~1994. 6 : Professor in Electronic Engineering, Korea Military Academy.  
 2005. 7~2009. 2 : President of HIWIN Co. Ltd.  
 1995. 3~Professor in Electronic Engineering, SeMyung University  
 2018. 10. 1~ anagement and Technical Adviser of Korea Heavy Machine Co., Ltd.  
 Main : Communication and Signal Processing,