

소형어선을 위한 단거리 무선기기 기반 선외 추락자 경보 시스템의 구현

이주한¹ · 김재원² · 박동국³ · 김병옥⁴ · 임종근⁵ · 임재홍[†]

(Received September 19, 2018 ; Revised November 23, 2018 ; Accepted December 12, 2018)

Implementation of a man overboard alert system based on a short-range radio device for small fishing vessels

Ju-Han Lee¹ · Jae-Won Kim² · Dong-Kook Park³ · Beong-Ok Kim⁴ · Jung-Gyun Lim⁵ · Jae-Hong Yim[†]

요약: 국내에서 조업 중인 소형어선의 경우 한두 명의 선원이 탑승하는 것이 일반적이다. 선외 추락자가 발생 시 경보 신호를 스스로 전송하는 것이 불가능하므로 대부분 익사 사고로 이어지는 경우가 많다. 따라서 물속에 있는 사람이 직접 경보 신호를 발생 시킬 수 있는 방법이 필요하다. 본 논문에서는 단거리 무선기기를 이용한 Close-Loop 방식의 알람 전달 방법과 초단파무선전화의 디지털선택호출 기능을 이용하여 주변선박 및 해안국으로 경보신호를 전송하는 Open-Loop 방식에 대하여 기술하였다. 해당 방식은 소형어선에 쉽게 적용할 수 있고 국제 표준의 기능에 준하는 기능을 갖는 단거리 무선기기 기반 선외 추락자 경보 시스템에 대한 것이다. 단거리 무선기기를 이용한 신속한 경보 전송과 기존 시스템을 이용한 경보 신호 전송 방법은 소형어선의 긴급 상황에 빠르게 대처할 수 있고 승무원의 피해를 최소화 할 수 있을 것으로 기대된다.

주제어: 선외 추락자 경보 시스템, 초단파무선전화, 디지털선택호출, 단거리 무선기기

Abstract: Small fishing vessels operating within the country commonly have one or two crew members on board. If the crew member falls into the water, it is impossible to automatically transmit the alert signal, which often leads to drowning accidents. Therefore, there is a pressing need for a method to generate an alert signal directly by a person in the water. This paper describes an open-loop method for transmitting alarm signals to nearby ships and coast stations via a closed-loop alarm transmission method, using a short-range radio device and a digitally selective calling function of a very-high-frequency radio telephone. This method is based on a man overboard alert system that can be easily applied to small fishing vessels and has functions that are at par with international standards. The rapid alarm transmission using short-range radio devices and the alert signal transmission using the proposed system are expected to cope with emergency situations of small fishing vessels and help minimize damage to the crew.

Keywords: Man overboard alert system, Very high frequency radio telephone, Digital selective calling, Short range radio device

1. 서론

국내의 5톤 이하 소형어선은 한두 명의 선원이 조업을 하는 경우가 일반적이다. 조업 중에 선박에서 추락 사고가 발생하는 경우 빠르게 구조신호를 전달하기 위한 방법으로 선박패스시스템(V-Pass)과 초단파무선전화의 디지털선택호출 경보 버튼을 누르는 방식이 있다. 하지만 해당 시스템은 경보 버튼이 선박 내부에 고정 부착되어 있어 물에 빠진 사람이 스스로 구조신호를 전달할 수 없는 단점이 있다. 따

라서 1인 운항 선박에서도 추락사고 시 스스로 구조신호를 전송할 수 있는 신호 전송 시스템의 개발이 필수적이다.

최근의 선외 추락자를 위한 소형어선의 경보 시스템은 국제해상안전조난시스템(GMDSS : Global Maritime Distress and Safety System)의 현대화(e-NAVIGATION 등)의 일환으로 IoT기반의 해상용 LTE-M(Long Term Evolution - Maritime) 및 LoRa(Long Range) 모듈을 이용한 조난탐색구조 네트워크를 구축하려는 시도가 이루어지고 있으며 다른 한편으로

[†] Corresponding Author (ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4978-9298>): Professor, Department of Electronics and Communication Engineering, Korea Maritime and Ocean University, 727, Taejong-ro, Yeongdo-gu, Busan 49112, Korea, E-mail: jhyim@kmou.ac.kr, Tel: 051-410-4318

1 Ph.D candidate, Department of Electronics and Communication Engineering, Korea Marine and Ocean University, E-mail: jhlee@oksrc.com, Tel: 051-412-6197

2 Professor, Future Policy Planning Team, Korea Institute of Maritime and Fisheries Technology, E-mail: kimjw@seaman.or.kr, Tel: 051-620-5748

3 Professor, Department of Electronics and Communication Engineering, Korea Marine and Ocean University, E-mail: dkpark@kmou.ac.kr, Tel: 051-410-4311

4 Professor, Education Operation Team, Korea Institute of Maritime and Fisheries Technology, E-mail: kimbo@seaman.or.kr, Tel: 051-620-5819

5 CEO, Ocen Technology Laboratory, Corporation SRC, E-mail: chkym@oksrc.com, Tel: 051-412-6197

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.

는 구축비용의 절감 및 손쉬운 적용을 위해 단거리 무선기기를 이용하는 방법 등이 다양하게 연구되고 있다[1].

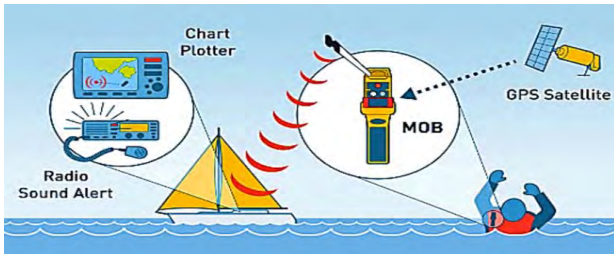


Figure 1: International Standard AIS-MOB System

Figure 1은 ITU-R M.493-14에서 규정하고 있는 AIS (Automatic Identification System) 및 DSC(Digital Selective calling)를 이용하는 Class-M(MOB: Man Overboard)장치의 운용방법을 나타낸 것이다. AIS주파수를 이용한 MOB장치는 해외에서 이미 상용화 되었지만 국내에 적용하는 것은 다소 시간이 필요할 것으로 사료된다. 따라서 본 논문은 별도의 허가 없이 사용 가능한 ISM(Industrial Scientific Medical) 대역의 주파수를 사용하는 단거리 무선기기를 이용하여 선외 추락자 경보 시스템을 제안하고 이를 통해 국제 표준에 준하는 기능을 구현과 국내 기술기준에 적용할 수 있는 방법을 제시하고자 한다[2][3].

2. 이론적 배경 및 분석

2.1 소형어선의 사고 현황

본 논문에서 제안하고 자하는 시스템의 필요성을 확인하기 위해 현재 운항중인 선박에 대한 각종 현황을 파악할 필요가 있으며 각 담당 기관을 통해 조사 하였다.

Table 1: Fishing Vessels Count Statistics in Korea

Type of Ship's	The Number of Ship's	
	2015Year	2016 Year
0t-1t	16,236	15,576
1t-2t	22,123	21,726
2-5t	18,183	18,356
5t-10t	7,172	7,726
10t-20t	672	730
20t-50t	1,440	1,489
50t-100t	743	750
100t-200t	256	244
200t Above	401	377
Total Count	67,226	66,970

Table 1은 2016년 해양수산부에서 조사한 결과로서 국내에 등록된 어선의 총 수를 나타낸 것이다. 이중 5톤 미만 소형어선의 비중은 어선 전체 55,658척으로 83%에 달한다.

Table 2: The Number of people aboard a powered ship

Type	People	1	2	3	4
Total	32,977	7,500	19,724	3,346	2,407
2t under	20,742	5,339	12,995	1,550	858
2t-5t	12,235	2,161	6,729	1,796	1,549

어선은 동력을 사용하는 것과 아닌 배로 나눌 수 있는데, Table 2는 사고의 발생 비율이 가장 높은 동력선에 탑승하는 승선원의 수를 조사한 것으로 2015년에 통계청이 농림어업 총 조사를 통해 조사된 수치로 가장 최신자료는 공개되지 않지만 비중은 총 척 수의 27,224척으로 약 83%가 한명 또는 두 명이 조업을 하는 것으로 나타나는 것으로 보아 현재에도 크게 다르지 않을 것으로 사료된다.

Table 3: Accident Rate by Tonnage

Type	2015 Year	2016 Year
Ship's Total	2740	2839
5t Under(Rate)	1,211(44.2%)	1,234(43.5)
5t-20t	605	678
20t-100t	540	574
100t-500t	146	157
500t Above	235	196

Table 3은 2016년 해양경찰청에서 조사된 선박의 사고 비율이다. Table 3의 내용과 같이 40%이상의 사고가 5톤 미만 선박에서 발생되고 있음을 확인할 수 있다. 따라서 국내에서 발생하는 전체 사고의 대부분이 한두 명이 승선하는 5톤 이하 소형어선 발생하고 있다는 것을 확인 할 수 있다.

2.2 해상운용 조건에 적합한 기능 및 조건

위의 조사결과와 같이 대부분의 사고가 소형어선에서 발생되고 있으며 다양한 사고 원인 중 우선적으로 인명사고에 대한 빠른 대응 방법을 고려하고자 한다. 조업 및 운항 중 선외 추락자 발생하면 주변에서 즉시 인지를 하지 못하면 인명사고로 이어질 가능성이 크며, 빠르고 신속한 정보 전달과 대응이 중요하다. 따라서 본 논문에서는 가장 적합한 통신방식과 사용자를 위해 고려해야 할 사항을 제안하고자 한다.

2.2.1 Close-Loop 및 Open-Loop 적용 메커니즘

국제 표준이 적용된 AIS-MOB의 경우 발사된 경보신호가 자선 및 타선의 지정된 초단파무선전화 통신 장비에서 수신할 수 있는 형태를 Close-Loop, 원거리의 모든 무선국에서 수신할 경우를 Open-Loop방식이라고 한다[3].

본 논문에서 설명하고자 하는 방식의 Close-Loop 개념은 자선의 범위로 한정하여, 외부로 발신되지 않도록 하는 것으로 제한한다. 이는 소형어선의 사고 현황에서 나타나는 바와 같이 실제 소형어선에서 많은 사고가 발생하지만 해안국에서 수신되는 대부분의 조난 및 긴급 신호는 오작동

에 의한 경보신호가 대부분인 것을 감안하면 오작동에 대한 방지 방안으로 우선적으로 본선으로만 경보를 전송하는 것이 유리하다. 또한 해안국과 같이 원거리 구조신호를 전송하는 기능을 포함해야 함으로 초단파 무선전화를 이용한 디지털 선택 호출 기능을 사용하는 것을 Open-Loop 방식으로 정의한다. 따라서 선외 추락자가 긴급신호를 호출하는 경우 자선에 먼저 통보되고, 일정 시간 이후 초단파 무선전화를 이용해 원격 긴급 신호를 전송하도록 한다[4].

2.2.2 소형어선에서의 추락 형태 및 익수자의 자세

선외로 추락하는 사람의 입수 자세는 상황에 따라 다른 형태를 나타내며 소형어선의 경우 선체가 작아 낮은 파도 등의 외력에도 크게 영향을 받아 흔들리는 중요(Pitching) 및 횡요(Rolling)가 발생하는 특징이 있고 이로 인하여 갑판이 해수에 의해 미끄러운 상태가 유지된다. 따라서 그물을 당기거나 이동 중에 미끄러지는 경우가 많으며 앞 또는 옆 방향으로 추락하는 경우가 대부분이다. 또한 선외 추락자는 구명조끼를 착용하지 않았을 경우 호흡을 위해 두 팔을 벌려 수면위에 머리를 유지하려고 하며, 구명조끼를 착용한 상태에서는 부력으로 인해 상체가 수면위에서 유지되며 호흡을 위한 입의 높이는 수면으로 약 10cm, 안면의 각도는 45°가 된다. 이러한 특징을 모두 고려하여 사용자의 몸에 착용할 수 있는 송신기의 개발이 필요할 것이다[5].

2.2.3 단말기(송신기)의 착용 위치와 형태

선외 추락자의 입수 형태에 따라 송신기의 착용 위치가 매우 중요하다. 갑자기 물에 빠지는 경우 주머니 속과 같이 꺼내기 힘든 위치에 있다면 빠른 사용에 문제가 발생할 수 있다. 따라서 착용 위치와 형태가 중요한 사항으로 고려되어야 하며 가장 현실적인 사용 방법이 될 수 있다. 그래서 실제 사용을 해야 하는 일부 어민들을 대상으로 구두 설문 조사를 실시한 결과 손목 밴드형, 목걸이형이 가장 효과적인 것으로 조사되었다. 그러므로 해당 장비는 손목 밴드형과 목걸이형, 그리고 작업복 및 모자에 부착을 위한 클립 타입 등 다양하게 고려하여 긴급 상황에서 빠르고 정확하게 사용할 수 있도록 디자인 측면에서 설계되어야 할 것이다[5].

2.3 경보신호 발사 방안

일반적인 단거리 무선기기를 이용하여 Close-Loop 경보 신호를 발생하자 한다. Close-Loop의 경우 선박에서 추락자가 발생할 시 선박과 추락자의 거리가 가까운 거리에 있고 빠르게 신호를 전달하기 위한 방법으로 적합할 것이라 사료된다. 다만, 조류나 운항중인 선박에 의해 추락자가 순간적으로 멀리 떠내려 갈 수 있는 상황을 고려하여 최소 100m 이상 통신거리가 가능한 모듈을 사용할 필요가 있다. 그리고 소형어선에 주로 사용되는 초단파무선전화를 이용하여 디지털선택호출 메시지의 Safety Call 포맷을 통해 원

거리 경보신호를 전달하는 방법으로 Open-Loop 방식을 적용하는 방법을 적용한다[6].

2.3.1 Close-Loop 경보 발사 방안

해상용 조난신호의 수신은 일반적으로 수협 어업정보 통신국 및 해경의 VTS센터 등에서 수신한다. 또한 수신되는 대부분의 정보는 오발사에 의한 수신자가 가장 많으며 이로 인해 출동하는 사례가 많아 인적, 물적 낭비가 많이 발생하고 있으며 이로 인해 관계 당국은 새로운 장비를 추가하는 것에 대하여 매우 비판적이다. 따라서 해당 Close-Loop 방법을 통해 자선에서 우선 인식하도록 하여 오발사를 사전에 방지하는 것이 중요하며 오발사의 경우 사용자가 직접 중지할 수 있도록 설계에 반영해야 한다[7]. 본 논문에서 제안하는 Close-Loop용 송신기는 이러한 오발사를 방지하기 위하여 수동 동작하도록 설계하고자 한다.

일반적으로 단거리 무선기기는 Zigbee, ISM, Bluetooth, RFID 등을 사용할 수 있으며 시중에는 주파수에 따라 다양한 모듈이 상용화 되어 있다. 선외 추락자 경보 시스템의 단거리 통신용 모듈을 선정하기 위하여 모듈의 정확한 성능을 확인할 필요가 있다. 우선적으로 착용 형태로 용이한 모듈의 크기와 프로토콜 구조, 전류소모량 그리고 기본적으로 100-200m 정도의 통신거리 성능을 갖는 사양의 모듈을 선별이 필요하다. 다양한 모듈 중 해상 전파 환경에서 사용이 가장 적합한 기기를 확인하기 위해 해상환경에서 송수신 시험을 진행하였다.

Table 4: Communication Test Result by Module

Type	Frequency/Power	Distance	Rec. Rate
Zigbee	868MHz/10mW	100m	80%
ISM	900MHz/10mW	400m	90%
Bluetooth	2400MHz/10mW	200m	100%

Table 4는 근거리 무선통신에 가장 적합한 무선기기를 선별하여 부산 영도구에 위치한 하리항에서 해상환경 통신 시험을 진행한 결과이다. 결과를 통해 블루투스 방식의 RF 모듈 성능이 200m에서 100% 수신율을 기록한 것으로 보아 가장 적합 할 것으로 사료된다. 송신기의 높이는 약 1m 에서 진행되었지만, 익수자의 발사 자세를 고려했을 때 해수면에서 1m 이내의 높이에서 송신하는 조건이 중요할 것이다. 따라서 Close-Loop 통신을 구현하기 위한 단거리 통신 방식으로 2.4GHz의 Bluetooth 모듈을 사용한다.

2.3.2 Open-Loop 경보 발사 방안

일반적인 초단파무선전화는 시리얼 인터페이스를 이용한 데이터 통신기능을 가지고 있다. 하지만 해당 인터페이스를 통해 디지털선택호출의 송신 동작을 수행하지는 않는다. 따라서 Open-Loop의 기능을 구현하기 위해 초단파무선전화의

소프트웨어적인 기능을 일부 수정해야한다. 방법으로는 단거리 무선기기의 수신기가 선외 추락자의 발사 신호를 감지하였을 때 NMEA 포맷을 이용한 디지털선택호출 메시지를 RS422통신 방식으로 출력하고 초단파무선전화가 이를 인식하여 Safety Call을 송출할 수 있도록 적용해야 한다[8].

3. 시스템 설계 및 구현

3.1 블루투스 통신방법 검토

시스템 설계에 앞서 Table 4의 실험 결과와 같이 블루투스 통신 방식을 사용하는 것이 성능적인 측면에서 만족되면서, 비교적 싼 가격과 쉽게 인터페이스를 적용할 수 있는 장점이 있다. 또한 블루투스 통신 방식은 근거리 무선 기술 표준을 뜻하며 Bluetooth SIG(Special Interest Group)을 통해 본격적으로 개발된 기술이며 2.400~2.4835GHz 범위 내의 ISM 대역 주파수를 통해 79개의 채널을 사용할 수 있어 노이즈가 많은 전파환경에서 안정적으로 사용하기 위하여 주파수 호핑(FHSS : Frequency Hopping Spread Spectrum)방식으로 신뢰성을 보장한다[9][10].

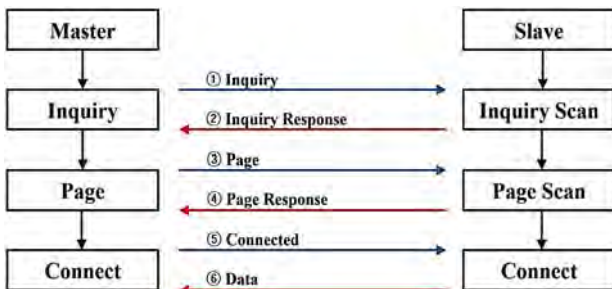


Figure 2: Bluetooth Connection Method

Figure 2는 일반적으로 SPP로 동작하는 블루투스 통신의 연결 과정을 표현한 것이다. Bluetooth SIG에서는 송수신을 기반으로 하고 있는 모듈에 기능적 사양을 부여하는데 이를 프로파일(Profile)이라 하고 이에 따라 각 사용 용도와 기능이 달라진다. 본 논문에서 사용하고자 하는 용도는 데이터만 주고받는 형태이므로 SPP(Serial Port Profile)를 적용한 블루투스 모듈을 사용한다. 블루투스는 송신기(Master)와 수신기(Slave)의 주종 역할을 통해 기본 동작하며 Inquiry(검색) 및 Inquiry Response(검색응답), Page(연결요청) 및 Page Response(연결응답)의 기능을 수행한다. 최종적으로 Connection 상태가 되면 데이터를 주고받을 수 있는 상태(Pairing)가 된다. 이러한 블루투스의 기능을 이용하여 송신기의 전원이 인가되면 자동으로 수신기와 연결을 시도하기 때문에 수신기에서 송신기의 신호 발사를 빠르게 확인할 수 있다[10][11].

3.2 송수신기 설계 및 구현

블루투스의 모듈은 직접 설계하는 것보다 Bluetooth SIG 인증을 받은 제품을 이용하는 것이 효과적이다. 이는 통신

환경에 따른 RF 특성과 안테나의 매칭 그리고 Profile의 기능을 구현하는 것이 쉽지 않을 뿐만 아니라 통신거리를 보장하기 어렵다. 따라서 시중에 판매중인 검증된 모듈을 이용하면 값싸고 높은 성능의 모듈을 통해 빠른 개발 및 적용이 가능하기 때문에 RF모듈을 개발하는 것 보다 안정된 제품을 적용하는 것이 효과적이라 사료된다. 하지만 시중 제품을 통해 독립적으로 해당 기능을 구현하기 어려우므로 메인 모듈 개발을 통해 RF모듈의 기능을 사용하는 것이 필수적이다.



Figure 3: Bluetooth 2.0+EDR Class1 Module

Figure 3과 같이 기본적인 RF 통신은 저전력을 위한 블루투스 2.0 버전과 고속으로 데이터를 전송하기 위한 EDR(Enhanced Data Rate) 기능이 통합된 모듈을 선정하였다. Figure 3의 블루투스 모듈은 RF회로 와 SPP기능을 통해 Bluetooth SIG 인증을 받은 제품으로서 단거리 Close-Loop 통신의 성능 및 기능을 보장할 수 있기에 기본적으로 제공되는 GPIO (General-Purpose Input/Output)를 이용하여 Main Control Board 위에 장착할 수 있도록 설계에 반영 하였다.

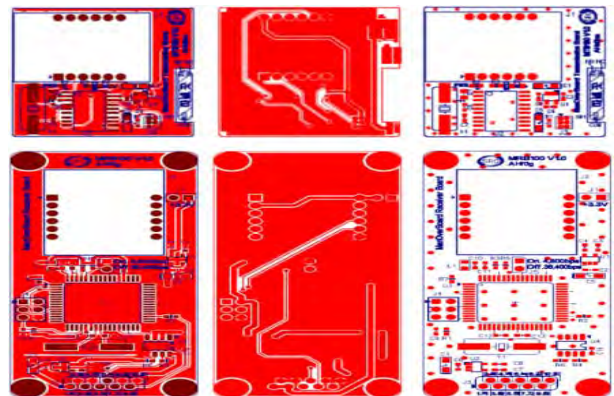


Figure 4: Main Control Board Layout

인증 받은 블루투스 RF모듈을 통해 Figure 4와 같이 MCU(Micro Control Unit)를 이용한 PCB를 제작하였다. Figure 4의 상부에 있는 PCB는 송신용으로서 Figure 3의 좌측 모듈이 장착되며, Figure 4의 하부에 있는 PCB는 수신용으로서 Figure 3의 우측모듈이 제공되는 인터페이스를 통해 PCB의 뒷면에 장착된다. 또한 수신기에는 약 1Km까지 수신 가능한 무지향성 안테나를 포함하여 초단파무선전화와의 연동 및 알람 스피커, 리셋 버튼, 상태 LED 등 선박 설치와 운용 조건을 고려한 ACU(Alarm Control Unit)를 추가 설계 적용하였다.

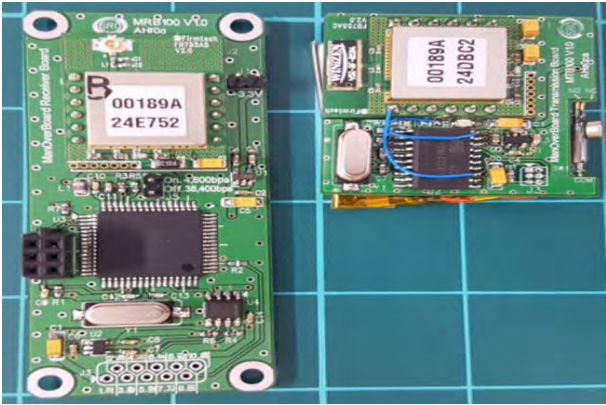


Figure 5: Main Control Board BOB Assembly

Figure 5는 블루투스 모듈을 Main Control Board에 장착하여 제작된 선의 추락자 경보 시스템의 송수신기이다. 송신기는 손목 밴드 및 목걸이 타입 등으로 착용을 할 수 있도록 3.7V/4500mA의 리튬이온 배터리를 사용하였고 수신기는 선박에 설치된 초단파무선전화의 전원을 공유할 수 있도록 제작하였다.

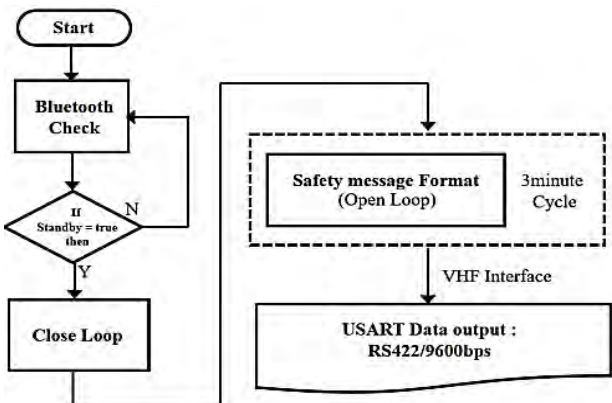


Figure 6: Bluetooth Control Software Flowchart

Figure 6은 선의 추락자 경보 시스템의 송수신기에 적용된 Close-Loop 알람과 초단파무선전화의 디지털선택호출 신호를 위한 Open-Loop 출력을 나타내는 소프트웨어 흐름도이다. 블루투스 모듈의 페어링 결과에 따라 정상적으로 연결이 완료되면 알람을 발생하고 일정 시간이 지나면 디지털선택호출의 메시지 포맷을 출력하도록 제작하였다.

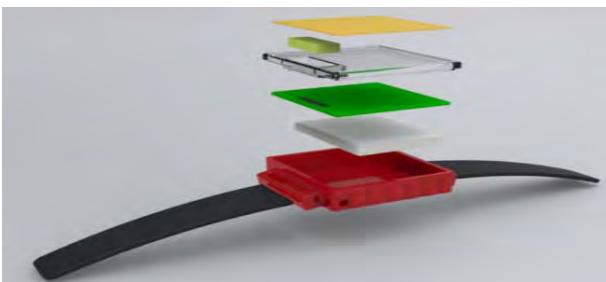


Figure 7: Design of Transmitter Equipment

Figure 7은 블루투스 모듈을 이용한 송신기의 조립도로서 해상환경에서의 사용을 위한 방수 구조와 마그네틱 방식 스위치(Read Switch)를 적용하였다. 또한 구조적으로 밴드를 이용하여 손목 및 팔 등에 착용할 수 있도록 설계 하였지만 목걸이 및 클립 등을 이용하여 다양한 형태로 착용이 가능하도록 제작 하였다. 송신기의 동작은 사용자가 물에 빠진 상황에서 긴급하게 작동할 수 있는 스위치를 수동 조작하도록 하는 것으로 주로 어업활동에 사용 시 해수 및 땀 등에 의해 오동작 할 가능성이 높은 수분 인식 자동 구동 방식은 배제하였다.

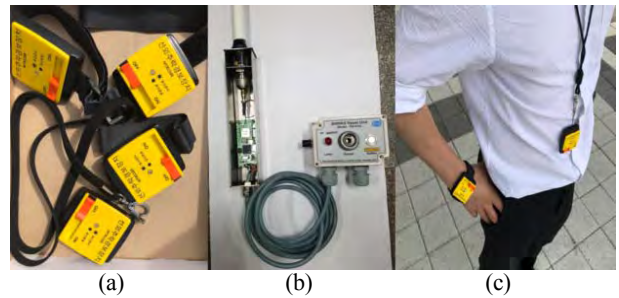


Figure 8: Wear of Transmitter and Receiver

Figure 8은 좌측부터 (a)송신기, (b)ACU와 결합된 수신기 그리고 (c)송신기를 손목과 목걸이 타입으로 착용한 모습이다. 해당 디자인과 모듈의 설계는 단거리 무선기기를 이용한 선의 추락자 경보 시스템의 동작 기능과 승선원의 착용에 대한 방법을 제시하고 최종적으로 성능을 확인하기 위한 해상환경 시험이 용이하도록 제작하였다.

4. 해상환경 시험 및 결과

소형어선에 대한 추락사고 시 빠른 대응을 위한 선의 추락자 경보 시스템은 송신기로부터 발신된 정보를 수신기가 인식하여 자기 선박 내에 알람을 발생하는 Close-Loop 기능과 선박에 설치된 초단파무선전화의 디지털선택호출 기능을 통해 원거리 메시지를 전송하는 Open-Loop로 동작하도록 설계하였다. 따라서 선박에서는 ACU의 연결 구성이 중요하다. 또한 전파환경은 육상과 해상에서의 특성이 다르게 나타나므로 해당 시료의 정상적인 기능과 성능 확인을 위한 해상환경 시험이 필수적이라 사료된다.

4.1 시험을 위한 시스템 구성 및 설정

해상환경 시험은 부산시 영도구에 위치한 한국해양대학교에서 송수신기를 약 200m 거리에서 송신기와 바다를 사이에 두고 입수 상태에서 수동 작동하여 경보 신호 데이터가 발생되도록 하였고, 수신기는 선박에 설치되는 것을 가정하여 해수면으로부터 서 약 3M높이에 안테나를 설치하였다. 또한 수신기는 ACU와 연결되어 알람을 발생하는 스피커와 LED 램프, 제어를 위한 리셋 버튼이 연결되고, ACU의 통신 출력은 시리얼 인터페이스를 통해 초단파무선전화와

연동되어 디지털선택호출 메시지를 전송하도록 설치하였다. 또한 추가적으로 수신전용 초단파무선전화를 설치하여 발신되는 디지털선택호출 메시지를 수신하도록 하였다.

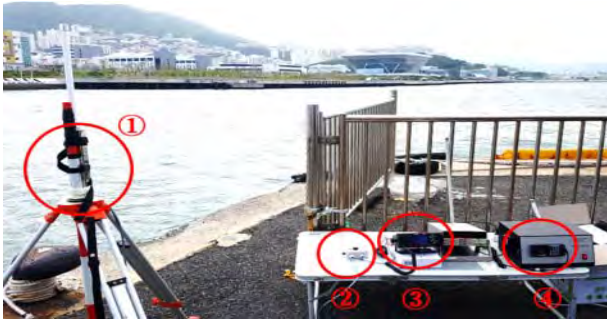


Figure 9: Man Overboard Alert System Configuration

Figure 9는 선 외 추락자 경보 시스템을 시험하기 위한 시스템 연결 구성으로 내용은 다음과 같다.

- ① Man Overboard Receiving Module and Antenna
- ② Close-Loop for Alarm Control Unit(ACU)
- ③ VHF Radio for DSC Transmission(Own Vessel)
- ④ VHF Radio for DSC Receive(Other Vessels)

4.2 시험 결과

선의 추락 상황으로 입수 상태에서 수동으로 신호를 발사하면 육상에 설치된 수신기에서 발신 신호를 감지하여 알람이 발생 되는지의 여부와 주변으로 디지털선택호출 메시지 데이터를 전송하고 정상적인 수신이 되는지 여부를 시험하였다.



Figure 10: Man Overboard of Sea Launch Posture

Figure 10은 앞서 2장에서 설명한 것과 같이 추락형태와 입수자세, 단말기의 착용위치 및 발사자세를 고려하여 입수상태에서 송신기를 수동 발사하는 모습이다. 제작된 송신기에 내장된 칩 안테나의 특성을 고려하여 Figure 10의 좌측은 송신기와 수신기가 정면으로 바라보며 송신하는 모습이고, 우측은 측면에서 바라보며 송신하는 모습이다. 송신기의 높이는 수신기에서 수신이 잘 이루어 질 수 있도록 팔을 들어 송신기 구동 이후 해수면에서 약 50cm 위치에 유지 하였다.

Table 5: Man Overboard Device of Filed Test Result

TEST	Receiving Time	Result	status
1	10 second over	Not Received	NOT
2	2 second	Received	DSC
3	10 second over	Not Received	NOT
4	10 second over	Not Received	NOT
5	10 second over	Not Received	NOT
6	2 second	Received	DSC
7	10 second	Received	DSC
8	2 second	Received	DSC
9	10 second	Received	DSC
10	2 second	Received	DSC

Table 5는 블루투스 모듈을 이용한 단거리 무선기기 기반 선외 추락자를 위한 소형어선의 경보 시스템에 대한 해상환경 시험 결과이다. 10회 수신 결과로 60%의 수신율이 확인되었고 발신과 수신 시간은 약 2와 10초로 나타났다. 이는 해수면에 가까워진 송신기에 대해서는 수신이 잘 되지 않는 현상, 즉 송신기에 사용된 칩 안테나와 직진성에 가까운 높은 주파수에 의한 전파의 반사손실로 인한 감쇠가 발생되어 블루투스의 대기 및 연결에 대한 페어링이 지연되어 해당 결과를 나타낸 것으로 확인 되었으며 블루투스의 페어링 기능으로 인해 다소 시간차이가 발생하는 것으로 확인 되었다.



Figure 11: DSC of Safety Call Message Receiving

Figure 11은 별도로 수신용으로 설치된 초단파무선전화에서 수신된 디지털선택호출 Safety Call 메시지의 수신된 내용을 확대한 것이다. 메시지의 내용에는 발신이 모든 선박을 대상으로 한다는 "ALL SHIPS" 메시지와 Call의 종류인 "SAFETY"가 수신됨을 확인되었고 이 결과 수신기에서 알람이 발생되면 디지털선택호출 메시지가 잘 전송됨을 알 수 있었다. 결론적으로 앞서 진행된 해상환경 시험과 같이 약 60%의 수신율을 보인 것은 블루투스의 페어링 방식으로 인한 연결 시간이 2~10초 정도로 차이가 발생되었기 때문이다. 또한 송신기의 위치가 수면에서 약 50cm 이내로 가까운 상태에서 발신할 경우와 사용된 칩 안테나의 방향성, 해수면에 의한 전파의 반사손실이 일어나는 것으로 해석할 수 있으며 이를 보완할 방법이 필요할 것이다.

5. 결 론

선의 추락자를 위한 소형어선의 경보 시스템(Man Overboard Alert System)은 단거리 무선기기를 이용하여 선외 추락자의 경보 신호를 자선에 전송하고 초단파무선전화와 연동하여 디지털선택호출 메시지를 전송함으로써 주변 선박 및 원거리 해안국까지 신호를 전달할 수 있는 방법으로 기존 시스템을 이용하여 손쉽게 적용할 수 있는 방법 중 하나이다. 또한 단거리 무선기기와 초단파무선전화를 사용하는 방법은 AIS 주파수를 사용하는 국제표준(Class M : MOB)과 다른 방식으로 디지털선택호출을 이용하는 현재 국내의 선박 관리 체계에 즉시 적용하여 소중한 인명을 보호할 수 있다는 장점이 있다. 따라서 본 논문에서는 적합한 단거리 무선기기의 선정과 선외 추락자의 입수형태를 분석하여 긴급 상황 시 빠르게 대처할 수 있는 방법과 그 시스템에 대하여 기술하였다. 하지만 단거리 무선기기에 적용된 블루투스 방식은 높은 주파수와 송신기의 칩 안테나 사용으로 해수면에 의한 반사손실이 발생되었고 이로 인하여 통신 연결속도 지연이 야기되어 수신율에 악 영향을 미치는 단점을 시험을 통해 확인하였다. 여러 가지 단거리 무선기기 중 적합한 RF 모듈을 선정하기 위해 송신기가 해수면으로부터 50cm 이상 높아야한다는 결론이 있었지만 실제 물에 빠진 상황에서 송신기의 높이를 유지하는 것은 쉬운 일이 아닐 것이다. 따라서 낮은 주파수와 이득이 높은 안테나를 사용하는 방안과 해수면에서 반사손실을 줄일 수 있는 방안을 추가 연구하여 수신율을 향상 시킬 수 있는 방법을 찾아야 할 것으로 사료된다.

후 기

본 연구는 우주핵심개발사업의 위성정보기반 개인용 탐색구조 단말기 개발과 관련하여 사용자의 개인 조난 신호 발사 장치에 대한 응용기술로 웨어러블 기기를 이용한 원격제어를 이용한 연구 결과이며 소형선박용에 적용할 수 있는 단거리 무선기기 기반 원격 제어 장치개발 결과이다.

Author Contributions

The following statements should be used “Methodology, J. H. Yim; Conceptualization, J. H. Lee and J. H. Yim; Software and Hardware, J. H. Lee; Investigation, J. H. Lee; Writing—Original Draft Preparation, J. H. Lee; Visualization, J. H. Lee; Data Curation, J. W. Kim; Writing—Review & Editing, J. W. Kim; Resources, D. K. Park; Funding Acquisition, D. K. Park. Formal Analysis, B. O. Kim; Supervision, B. O. Kim; Validation, J. G. Lim; Project Administration, J. G. Lim”.

References

- [1] J. H. Lee, J. H. Yim, and J. G. Lim, “Implement of digital selective calling function for the very high frequency radio telephone using the automic identification system,” *International Journal of Information and Communication Engineering*, vol. 21, no. 12, pp. 2232-2240, 2017 (in Korean).
- [2] S. R. Kim and J. S. Jeong, “A study on search and rescue method in man overboard using drone,” *Journal of Korea Institute of Intelligent System*, vol. 27, no. 3, pp. 236-240, 2017 (in Korean).
- [3] ITU Standard, “Digital selective calling system for use in the maritime mobile service,” Recommendation ITU-R M.493-14, 2015 [Online]. Available: <http://www.itu.int>, Accessed August 3, 2018.
- [4] J. W. Kim, B. O. Kim, J. G. Lim, J. H. Lee, J. H. Yim, and D. K. Park, “Developmental plan of man-overboard alert device of small fishing vessels: A study,” *Journal of navigation and Port Research*, vol. 42, no. 4, pp. 245-252, 2018 (in Korean).
- [5] H. J. Lee, K. H. Lee, H. G. Choi, C. J. Kim, H. J. Jeon, and K. I. Choi, A Study on Development of Standard of Type Approval Test for Always Wearable Life Jacket, TRKO201400026595, Korea Ship Safety Technology Authority, Korea, 2012. [Online]. Available: <http://www.ndsl.kr/>, Accessed August 5, 2018.
- [6] H. Jeong, “Automatic distress notification system working with an external VHF device in small ship,” *Korea Institute of Fire Science and Engineering*, vol. 27, no. 1, pp. 14-19, 2013 (in Korean).
- [7] S. M. Moon, J. Y. Son, and W. S. Jang, “Development of an information exchange software supporting multiple media communications in vessels,” *The Korea Society of Marine Engineering*, vol. 35, no. 5, pp. 647-653, 2011 (in Korean).
- [8] J. H. Lim, Life Jacket-Integrated Multiband Antenna for Search and Rescue, M.S. Dissertation, Electronic and Communication Engineering, Korea Maritime and Ocean University, Korea, 2015 (in Korean).
- [9] D. S. Han and M. S. Park, Enhanced Method of Connection Procedure for Bluetooth Device, M.S. Dissertation, Software Engineering, Korea University, Korea, 2008 (in Korean).
- [10] Bluetooth SIG, Bluetooth Core Specification, Version5, [Online]. Available: <http://www.bluetooth.org>, Accessed August 27, 2018.
- [11] Glossary of ICT, Bluetooth Standard and Features, [Online]. Available: <http://www.ktword.co.kr>, Accessed September 5, 2018.