JKIICE Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering

한국정보통신학회논문지 Vol. 22, No. 5: 779~786, May 2018

LoRa 기반 어구 식별용 부이 장착 단말 및 어선용 게이트웨이

곽재민 · 이성렬*

Buoy-launched Terminal Equipment and Ship-launched Gateway Equipment Based on LoRa for Identification of Fishing Gear

Jae-Min Kwak · Seong-Real Lee*

Division of Navigational Information System, Mokpo National Maritime University, Jeollanam-do, 58628, Korea

요 약

해양수산부는 2016년 유실어구에 의한 피해를 최소화하기 위해 전자어구실명제 실행계획을 발표하였다. 어구의 과다사용 및 폐어구 저감을 위해 어구의 종류 및 위치, 사용자의 실명을 포함한 정보를 IoT 기반의 통신을 이용하여 어선 및 관제센터에 효율적으로 전송할 수 있는 기술이 필요하다. 본 논문에서는 전자어구실명제를 실행하기 위한 LoRa 기반의 부이 장착 단말 장치와 어선용 게이트웨이를 제안한다. SEMTECH사의 SX1276 칩 사양과 ISM 대역인 900 MHz 대역을 사용하여 1(게이트웨이):200(부이) 통신이 가능하도록 설계하고 제작하였다. 또한 전자어구실명제 실행의 기술적 제안으로써의 실증을 위해 해상 시험 결과를 분석하였다.

ABSTRACT

Ministry of oceans and Fisheries declared action plan for the electric fishing gear using real name in order to prevent overusing the fishing gear and to reduce discarded fishing gear. It is needed for a technique that can efficiently transmit the information including the type and location of the fishing gear and the user's real name to the fishing boat and the control center using IoT-based communication. In this paper, we propose the buoy-launched terminal equipment and ship-launched gateway equipment based on LoRa technology for effectively executing the electric fishing gear using real name. We design and fabricate to communicate 1(gateway):200(buoy) each other under 900 MHz ISM band by using SEMTECH SX1276 chip. Also, we experiment the test on the sea and analyze the test results to prove the implementation possibility of the proposed equipments for the electric fishing gear using real name.

키워드 : 전자어구실명제, LoRa 통신, 해양 IoT, 게이트웨이, 부이

Keyword : Electric fishing gear, LoRa, Marine IoT, Gateway, Buoy

Received 14 March 2018, **Revised** 17 March 2018, **Accepted** 23 March 2018

*** Corresponding Author** Seong-Real Lee(E-mail:reallee@mmu.ac.kr, Tel:+82-61-240-7264)
Division of Navigational Information System, Mokpo National Maritime University, Jeollanam-do, 58628 Korea

Open Access http://doi.org/10.6109/jkiice.2018.22.5.779 pISSN:2234-4772

ⓒThis is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/li-censes/by-nc/3.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright ⓒ The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

Ⅰ. 서 론

현대 사회에서는 컴퓨터의 연결뿐만 아니라 사물 사이의 인터넷 연결을 통하여 사물 주변에서 일어나는 상황을 관찰, 정보 수집, 환경 제어 등을 할 수 있는 사물 인터넷 (IoT; internet of things) 기술이 주목받고 있다 [1-3]. 최근 사물 인터넷 디바이스는 가격이 저렴하고 사용하기 쉬운 하드웨어와 소프트웨어 기반의 오픈 소스 플랫폼들이 많이 개발되어 제공되고 있는 상황이다. 특히, 외부 상황을 관찰하는 다양한 센서를 활용하여 정보를 수집하고 사물 인터넷 클라우드 서버나 스마트 기기에 직접 데이터를 전송하는 기술이 활발히 연구되고 있다[4-6].

해상 또는 해양에서도 IoT를 융합하여 어업, 운송, 여객 서비스 등에서 안전 및 업무 효율성을 제고하고자 노력하고 있다. 특히, 2016년 해양수산부가 실행 계획을 발표한 유실어구에 의한 피해를 최소화하기 위한 목적의 전자어구실명제를 구현하기 위하여 IoT 기술을 접목하고자 하는 연구가 진행되고 있다 [7]. 전자어구 실명제를 위해서는 어구의 과다사용 및 폐어구 저감을 위해 어구의 종류 및 위치, 사용자의 실명을 포함한 정보를 IoT 기반의 통신을 이용하여 어선 및 관제센터에 효율적으로 전송할 수 있는 기술이 필요하다[8, 9]. 어구 모니터링 및 관제 기술 체계를 구현하기 위해서는 어구 관리, 어선 및 육상에서의 원격 모니터링 및 관제 기술 등의 자동화가 이루어져야 한다. 어구에 설치된 전자부이로 부터의 위치정보를 받아 어선의 GPS 플로터 상에 전시하는 기술은 상용화되어진 상태이나, 어구의 상태 정보 및 자동식별 부이 등을 통한 어구 및 어장 정보를 종합적으로 제공하는 어구 모니터링 기술 및 어선을 위한 종합지원 모니터링 기술, 육상에서의 관제센터 운용 기술 등의 연구는 부족한 실정이다.

이에 본 논문에서는 어구의 위치 및 유실 여부를 판단할 수 있는 부이(buoy) 장착 단말 장치와 어선에 설치되어 이들 단말과 통신하고 관제 센터로 정보를 전송할 수 있는 게이트웨이를 LoRa 기반으로 설계 제작한 결과와 실험 결과를 보여 전자어구실명제를 실행할 수 있는 기술적 방법을 제안하고자 한다.

Ⅱ. LoRa 기반 어구 자동식별 시스템 설계 및 제작

그림 1은 본 연구를 통해 구현하고자 하는 어구 자동식별 시스템의 개요도를 나타낸 것으로 안강망, 자망 등의 어구마다 일정 간격으로 설치된 부이 내에 어구의 위치와 어구 유실 여부 등의 정보를 어선에 설치된 게이트웨이에 업로드해주는 단말 장치, 이들 단말들과 실시간으로 1:N 통신을 수행하고 육상 통합기지국과 통신하는 어선용 게이트웨이 장치, 어선들을 통해 관리하는 모든 어구를 모니터링하는 역할의 육상 통합기지국 장치로 구성된다.

어구 자동식별 시스템을 제작하는데 있어 주요한 목표는 어선에 LoRa 기반 게이트웨이를 설치하고 어선으

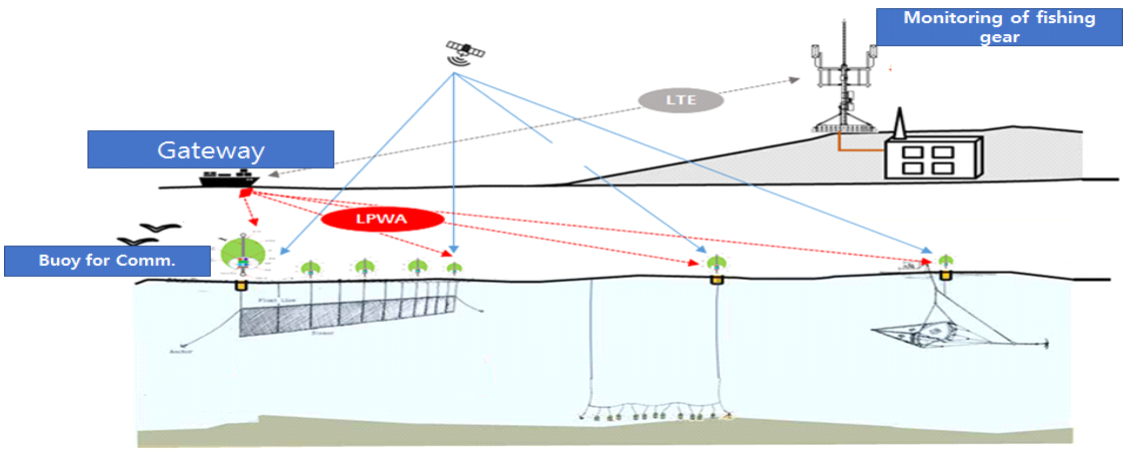

Fig. 1 The configuration of the automatic monitoring system for identification of fishing gear.

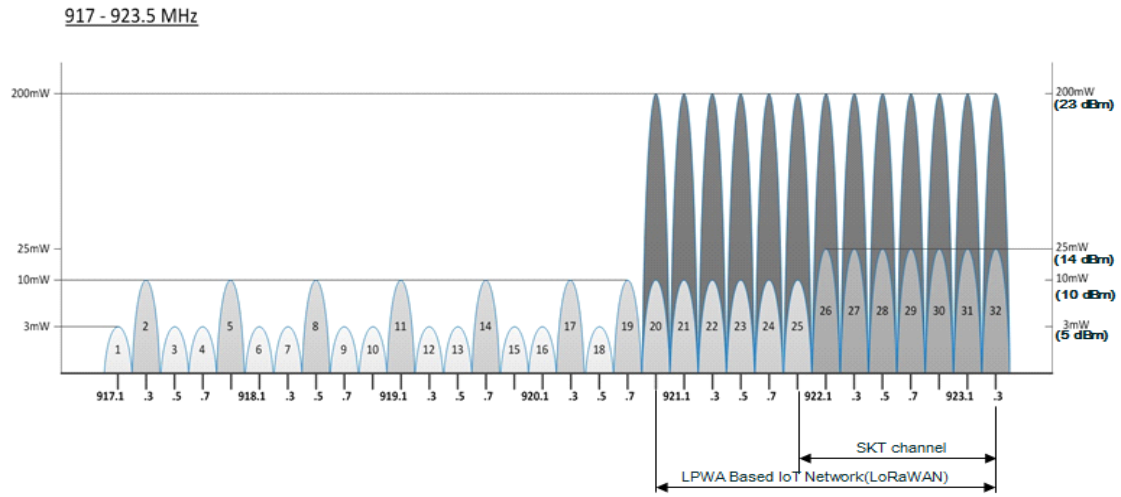

Fig. 2 The frequency allocation by using SX1276 chip for identification of fishing gear.

로부터 10 km 반경 이내에 위치한 최대 200개의 어구 식별 부이와의 해상 IoT 통신 서비스를 제공하는 것이며, 어구식별 부이는 어선용 게이트웨이와 통신을 위해 LoRa 기반 단말 장치와 어구의 유실여부를 판단하는 센서 및 부이 위치를 확인할 수 있는 GNSS 수신기 장착하는데 있다.

2.1. LoRa 칩 선택과 주파수 선택

어선용 게이트웨이나 부이 내장 IoT 모듈 개발에 있어 현재 가격 대 성능비가 비교적 우수한 SEMTECH사의 SX1276 LoRa chip을 대상으로 전자 어구 식별 서비스를 위한 주파수 대역과 채널 할당 방식을 설계하였다. SEMTECH사가 제공하는 data sheet를 살펴보면 SX1276가 사용할 수 있는 주파수 대역은 137-1,020 MHz이고 대역폭은 125 kHz이다.

우선 주파수 할당을 위한 주파수 대역 선택에 대해 제안하면, 개발 편의성 등 다양한 이유로 무선국 검사 대상에서 제외되는 ISM (industrial scientific and medical) 대역을 사용할 필요가 있다. 우리나라는 ISM 대역 중 RFID/USN 이용 대역으로 917~923.5 MHz를 할당하고 있는데 이 대역이 SX1276의 주파수 대역에 포함된다. 따라서 917~923.5 MHz를 선택할 수 있으며, 그림 2와 같이 이 대역 중에서도 다양한 송출 출력이 보장된 920.9 MHz부터 923.3 MHz까지의 대역 (125 kHz의 채널 간격)을 사용하였다.

2.2. 부이 장착 통신 모듈 설계 및 제작

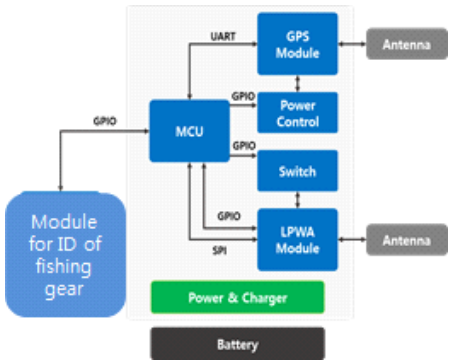

Fig. 3 The hardware configuration of the module built in buoy.

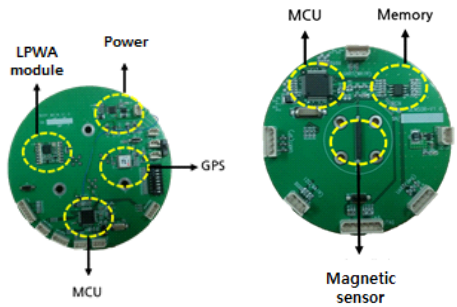

Fig. 4 The manufactured hardware of the module built in buoy.

그림 3은 부이에 내장되는 LoRa 기반 모듈의 하드웨어의 전체적인 구조를 나타낸 것이고, 그림 4는 제작된 모듈을 나타낸 것이다. 그림 3과 4를 비교해 보면, 설계 단계에서 어구 유실 여부를 판단하기 위해 압력 센서를 사용하고자 하였으나, 파도 등의 외부 힘에 의해 압력 값이 쉽게 변동될 수 있어 어구 유실 판단의 기준 값을 설정하기 어렵다는 판단에 따라 제작 단계에서는 마그네틱 센서를 사용하여 자속에 의한 절점의 on/off에 따라 어구 유실 여부를 쉽게 판단할 수 있도록 하였다.

또한 LoRa 통신 모듈과 GPS 모듈을 하나의 하드웨어에, 마그네틱 센서를 이용한 어구 유실 여부 판단 모듈을 다른 하드웨어로 구성하여 복층으로 제작하였다.

2.3. 어선용 게이트웨이 설계 및 제작

그림 5는 어선에 설치되는 게이트웨이의 하드웨어의 전체적인 구조를 나타낸 것이다. 어선에 장착되는 게이트웨이는 부이와 LoRa 채널로 연결되어 부이로부터 정보를 수집하는 역할을 하며, MCU, 저전력통신 4채널 모듈, Ethernet PHY 및 전원부로 구성된다.

게이트웨이는 200대 이상의 부이를 관찰하기 위하여 4채널 방식의 구조로 개발하고, 국내 무선설비규칙 제30조에 준하여 제작하였고, 소유자의 어구식별 부이 신호만을 검출하는 기능과 어구식별 부이에서 송출하는 정보를 모두 검출하는 기능 등이 구현되도록 그림 6과 같이 제작하였다.

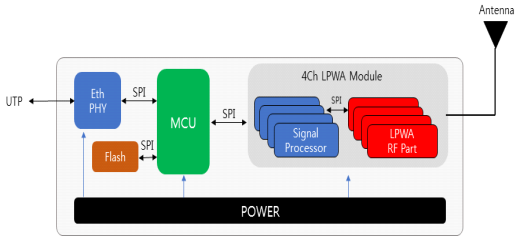

Fig. 5 The hardware configuration of the gateway.

Fig. 6 The manufactured gateway.

그림 7은 1대의 게이트웨이가 200대의 부이와 통신할 수 있는 MAC 프레임 구조를 나타낸 것으로, 국내 전파법 상의 LBT (listen before talk) 방식을 기반으로 구성하였고, 게이트웨이에서 송신되는 frame control slot을 기반으로 TDD star network을 형성하고, PHY header 필드에 각 data slot의 SF가 설정(네트워크 상태에 따른 data rate 가변)되도록 하였고, SE-alloc 필드에서는 상향/하향 링크가 가변되도록 설계하였다.

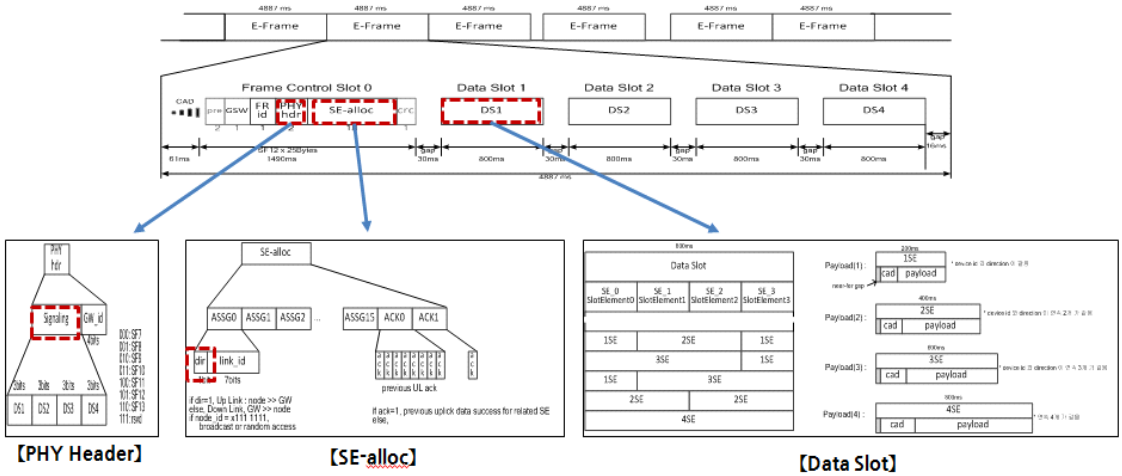

Fig. 7 The MAC configuration for 1:200 communication.

Ⅲ. 시험 결과 및 분석

본 장에서는 2018년 02월 01일 전라남도 목포시 목포해양대학교에서 수행되었던 부이 LoRa 통신거리 및 단위 기능 시험에 대한 세부 내용을 기술함으로써 본 논문에서 설계하고 제작한 LoRa 기반 어구 자동식별 장치가 해양수산부가 실행하고자 하는 전자어구실명제의 기술적 솔루션임을 증명하도록 한다.

3.1. 시험 환경

다음은 시험 환경과 시험의 기본적인 내용을 정리한 것이다.

- 시험 장소 : 전라남도 목포시 달리도 인근 해상
- 시험 일시 : 2018년 02월 01일 14:00 ~ 2018년 02월 01일 16:00
- 시험 내용 : 어구식별 부이의 통신거리 및 단위 기능 시험
- 시험 대상 : 어구식별 부이 4EA

통신 링크는 그림 8과 같이 구성하였다. 즉 어구 식별 부이와 통신할 게이트웨이 및 PC는 전라남도 목포시 목포해양대학교 “대학본관” 옥상에 설치되었다. 원활한 통신을 위해 지상으로부터 최대한 높은 위치에 설치하였으며, 게이트웨이와 PC는 RS232를 이용하여 데이터 통신을 하도록 구성하였다. 시험에 사용된 어구식별 부이 모듈은 총 4대로, 모듈에 각각 TNI00001 ~ TNI00004의 식별 ID를 부여하였다.

통신거리 및 단위 기능 시험은 부이 모듈 3대로 시행하였다. 각각의 부이는 1 ~ 3번으로 명칭되며, 개발한 LPWA 통신 모듈 및 GPS 모듈, 어구유실 센서 모듈이 장착되었다.

3.2. 시험 방법

LoRa 통신거리 시험은 그림 8에서 보는 바와 같이 목포해양대학교가 보이는 달리도의 선착장인근에서 수행되었다. 측정 위치에 도착한 후 게이트웨이와 부이를 동작시켜 게이트웨이와의 통신 여부를 확인하였다.

지상과 해상에서의 통신 손실여부를 판단하기 위해 최초 동작은 육상에서 통신 여부를 확인하였으며, 통신이 원활하다고 판단될 경우 해당 부이에 무게 추를 달아 해상에 띄우고 수거를 위해 노끈으로 위치를 고정시켰다.

게이트웨이는 목포해양대학교의 대학본부 옥상에 설치를 하였으며, RS232 케이블을 통해 5층 로비의 노트북과 연결하여 데이터 수신을 확인하였다. GUI의 ListView 기능을 통해 수신된 데이터를 표시하였고, 최신 데이터를 맨 위로 올라오며, 접속된 부이만 ListView에 표시되도록 관리하였다. 어구 유실 센서의 값은 0(or 48)과 1(or 49)이 전송되도록 하였으며, 실험 시간은 약 2시간 정도 소요되었다.

3.3. 시험 결과

통신거리 시험을 육상과 해상으로 나누어 수행하였다. 육상 통신거리 시험 결과, 지상에 있는 게이트웨이와 약 3.6 km 거리의 육지에서 1 ~ 3번 부이 모듈이 정상적으로 통신하는 것을 확인하였으며, 측정된 부이의 신호 수신 세기는 -95 ~ -105 dBm로 측정되었다.

해상 통신거리 시험 결과, 해상에 있는 게이트웨이와 약 3.6 km 거리의 해상에서 1 ~ 2번 부이 모듈이 정상적으로 통신하는 것을 확인하였으며, 측정된 부이의 신호 수신 세기는 -98 ~ -119 dBm로 측정되었다.

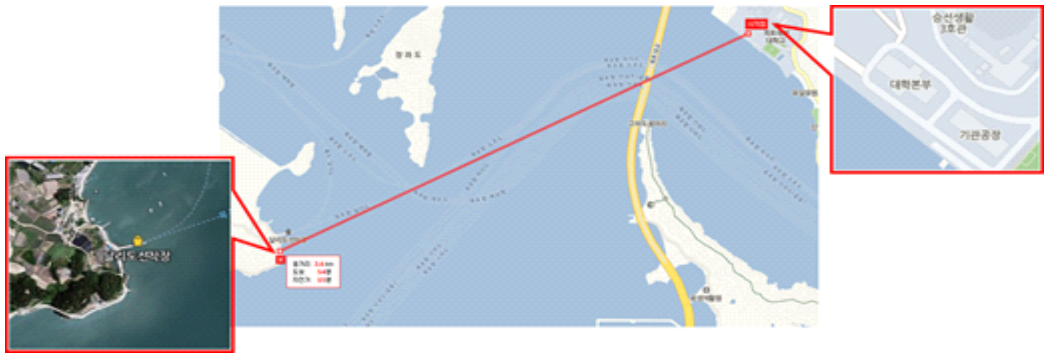

Fig. 8 The test setup of measuring link budget.

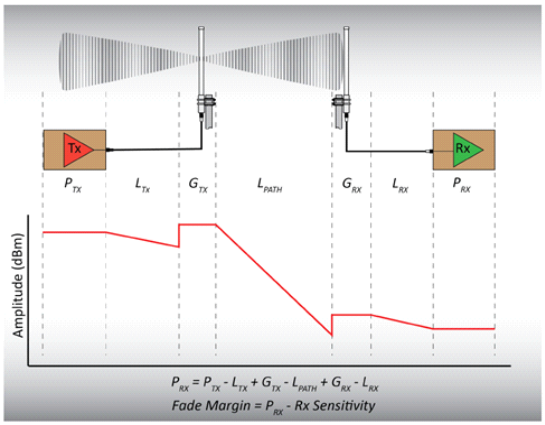

Fig. 9 The concept of calculating link budget.

부이의 어구 식별 센서의 단위 기능을 확인하기 위해 1 kg과 500 g의 추를 단 부이 1 ~ 2의 어구 식별 데이터 수신 값을 확인하였다. 실험 결과, 무게 추 500 g을 단 부이는 '0' 값을 전송하였으며, 무게 추 1 kg을 단 부이는 '1'을 값을 전송하는 것을 확인하였다.

3.4. 시험 결과 분석

통신거리 시험을 육상과 해상으로 나누어 수행하였다. 육상 통신거리 시험 결과, 지상에 있는 게이트웨이와 통신거리 및 단위 기능 시험 결과, 통신 거리 시험은 3.6 km 지점에서 수신 전력이 120 dBm 이내로 들어옴에 따라 3.6 km 이상의 거리에서도 원활하게 통신이 가능할 것으로 판단되며, 향후 5 km, 8 km, 10 km 지점 등 점차 거리를 늘리는 시험을 진행해야 한다.

어구 식별 센서의 단위 기능은 '0' 또는 '1'의 값이 어구에 달린 무게 추에 따라 각각 들어옴을 확인함으로써 정상 수행동작이 되는 것을 확인할 수 있으며, 향후 데이터 분석을 위해 저장하는 기능을 추가적으로 삽입함으로써 어구 식별 알고리즘의 밑바탕으로 사용해야 할 것이다.

부이 시료의 높이와 시험 거리를 바탕으로 예측치와 실제 측정값과의 차이를 비교 분석하였다. 즉 시험에서 측정거리에 따른 link budget을 계산한 값과 실제 측정한 값을 비교하여 정량적 목표인 10 km에서의 통신 가능성에 대해서 검토하였다.

Table. 1 Equipment specifications for test.

Factor	Input value	Remark
Height of gateway (m)	20	-
Height of buoy (m)	0.3	Buoy #1,2 = 0.3 m, Buoy #3 = 3 m
Tx power (dBm)	16	-
Intensity of receiver (dBi)	5	-
Intensity of transmitter (dBi)	2	-
Distance (km)	3.6	

Table. 2 Equipment specifications for test.

Distance	Height	Theoretical value	Measured value
3.6 km	3 m	-90 dBi	-92 dBi
	0.3 m	-109 dBi	-110 dBi
10 km	0.3 m	-127 dBi	-

그림 9는 link budget을 계산하기 위하여 필요한 변수들을 나타낸 것이며, 표 1은 시험에 사용된 게이트웨이와 단말의 사양을 정리한 것이다. 그리고 표 2에 3.6 km에서의 이론적 계산 값과 결과 값을 비교하였으며, 정량적 목표인 10 km에서의 이론적인 link budget을 계산하였다. 표 2에서 거리는 부이와 게이트웨이 사이의 직선 거리이며, 높이는 이 두 장치 간의 안테나 높이 차이를 의미한다.

3.6 km에서의 시험 결과를 보면 단말의 높이에 따른 이론적 계산과 측정값이 거의 일치함을 알 수 있다. 본 과제에서의 목표인 10 km에서의 link budget에 따른 수신신호가 이론적으로 -127 dBm이며, 현재 제작된 부이의 최저수신감도(MDS)는 -132 dBm임을 감안하면 10 km 통신에도 문제가 없을 것으로 판단한다.

Ⅳ. 결 론

본 논문에서는 어구 자동식별 시스템 구축에 필요한 어구 장착 단말과 어선용 게이트웨이 장치를 900 MHz 주파수 대역을 사용하는 LoRa 기반으로 설계하고 제작한 결과를 확인하였고, 제안한 기술과 장치들이 본 연구의 목적인 해양수산부가 실행하고자 하는 전자어구

실명제의 기술적 솔루션임을 시험을 통해 증명하였다.

우선, 제안한 ISM 대역의 주파수를 5개 채널로 할당하고 이를 바탕으로 1:N 통신이 가능하도록 설계한 MAC 기술에 의해 최대 1:200 통신이 기술적으로 큰 문제없이 가능함을 확인하였다. 또한 시험을 통해 비록 시험 환경이 부이와 게이트웨이 간 거리가 3.6 km로 제한은 되어 있었지만 측정값과 이론값의 비교를 통해 전자어구실명제를 유효하게 운용할 수 있는 거리인 10 km에서도 큰 장애 없이 통신이 가능함을 확인하였다.

따라서 본 논문을 통해 제안한 기술과 장치들이 LoRa 기반의 어구 장동식별 기술 외에 일반적인 해상 IoT 통신 시스템과 인명 구조 등의 해상 안전 시스템 분야 등 다양한 분야에서 활용될 것으로 기대한다.

ACKNOWLEDGEMENT

This study was supported by research fund from Institute for Information & Communications Technology Promotion (No.2017-0-01719, Development of LPWA-based buoy installation terminal for fishing gear identification and gateway for fishing ships).

REFERENCES

[1] J. S. Roh and Y. J. Cho, IoT "Platform and control App design for wireless data transmission," *Journal of Advanced Navigation Technology*, vol. 21, no. 1, pp. 72-77, Feb. 2017.

[2] S. T. Nam, C. Y. Jin, and D. G. Kim, "A priority analysis on mobile telecom internet of things using the AHP (analytic hierarchy process)," *Journal of The Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 21, no. 6, pp. 1191-1196, June 2017.

[3] W. C. Jung, S. S. Lee, and J. H. Park, "Design of optimal snow melting system with snowfall image processing based on the IoT technology," *Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology*, ISSN:2383-5281, vol.5, no.6, pp. 521-530, Dec. 2015.

[4] S. H. Kim, "Internet of things technology," *The Institute of Electronics and Information Engineers*, vol. 43, no. 3, Mar. pp. 64-71, 2016.

[5] D. Zeng, S. Guo, and Z. Cheng, "The web of things: a survey," *Journal of Communications*, vol. 6, no. 6, pp. 424~438, Sep. 2011.

[6] H. Cai, L. D. Xu, B. Xu, C. Xie, S. Qin and L.Jiang "IoT-based configurable information service platform for product lifecycle management," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 10, no. 2, pp. 1558-1567, Feb. 2014.

[7] H. G. Hwang, B. S. Kim, Y. T. Woo, I. S. Shin, Y. H. Yu, and W. S. Baek, "A development of smart phone-connected fishing net tracking and management system," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 21, no. 2, pp. 401-408, Feb. 2017.

[8] Ministry of Oceans and Fisheries. The management policy of the fishing nets (press release on 2015. 11. 9) [Internet]. Available: http://www.mof.go.kr/article/view.do?articleKey=9829&searchSelect=title&searchValue=%EC%96%B4%EA%B5%AC%EA%B4%80%EB%A6%AC&boardKey=10&menuKey=376&currentPageNo=1.

[9] Ministry of Oceans and Fisheries. The management policy of fishing nets for life cycle (press release on 2015. 10. 25) [Internet]. Available: http://www.mof.go.kr/article/view.do?articleKey=9693&searchSelect=title&searchValue=%ED%8F%90%EC%96%B4%EA%B5%AC&boardKey=10&menuKey=376&currentPageNo=1.

곽재민(Jaemin Kwak)

2002년 8월 : 한국항공대학교 대학원 통신정보공학과 공학박사
2003년 7월 - 2008년 2월 : 전자부품연구원 SoC 연구센터 책임연구원
2008년 3월 - 현재 : 목포해양대학교 항해정보시스템학부 부교수
※관심분야 : 디지털통신시스템, 유무선 통신신호처리, IoT

이성렬(Seong-Real Lee)

2002년 2월 : 한국항공대학교 대학원 통신정보공학과 공학박사
2002년 3월 - 2004년 2월 : (주)에이티앤 기술연구소 연구소장
2004년 3월 - 현재 : 목포해양대학교 항해정보시스템학부 교수
※관심분야 : IoT 융합 서비스, 광대역 통신망, 광통신