

Private LoRa 기반 어구 자동식별 시스템의 거리 측정 시험

Test of Communication Distance Measurement of Fishing Gear Automatic System Based on Private LoRa

이성렬^{1*} · 김세훈²

¹목포해양대학교 항해정보시스템학부

²올래디오 주식회사 기업부설연구소

Seong-Real Lee^{1*} · Se-Hoon Kim²

¹Division of Navigational Information System, Mokpo National Maritime University, Jeollanam-do, 58628, Korea

²Corporate Technology Institute, Company of allRadio, Gyeonggi-do, 14088, Korea

[요 약]

해양은 지구 표면의 70.8%를 차지하기 때문에 해양 산업에서 IoT 기술의 적용은 넓은 영역에 배치된 수많은 장치로부터 다양한 정보를 수집하고 활용하는 것이다. LPWA는 통신 거리가 넓은 특징으로 해양에 배치하기에 매우 적합한 통신이다. 본 논문에서는 전자 어구 식명제를 실행하기 위한 핵심기술인 private LoRa를 기반으로 실해역 성능 거리 실험은 진행하였다. sx1276을 기반으로 한 private LoRa 모듈을 개발하였고, 게이트웨이는 private LoRa로 수신 받은 데이터를 SKT Cat. M1을 이용하여 서버로 데이터를 전송하도록 개발하였다. 해발 599 m에 게이트웨이를 설치하고 25 km, 40 km, 60 km에서 데이터 송수신 실험을 한 결과, 각각 96.1%, 97.1%, 96.2%의 통신 성공율을 보이는 것을 확인할 수 있었다.

[Abstract]

Since the ocean accounts for 70.8 percent of the earth's surface, the success of IoT technology in the marine industry is to collect information from devices placed in a wider range. LPWA is a feature with a wide range of communication and is very suitable for deployment in the ocean. In this paper, the real-sea performance distance experiment was carried out based on Private LoRa, a key technology for executing the electronic phrase real-name system. A private LoRa module based on sx1276 was developed, and Gateway was developed to transfer data received by private LoRa to the server using SKT Cat. M1. After installing gateways at 599 meters above sea level and experimenting with data transmission and reception at 25 km, 40 km and 60 km, we were able to see that the communication success rate was obtained to be 96.1%. 97.1% and 96.2% respectively.

Key word : Low power wide area, Marine observation, Maritime IoT service, Ship resource, Marine industry.

<https://doi.org/10.12673/jant.2020.24.2.61>



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.

Received 26 November 2019; Revised 5 December 2019

Accepted (Publication) 23 December 2019 (30 April 2020)

*Corresponding Author; Seong-Real Lee

Tel: +82-61-240-7264

E-mail: reallee@mmu.ac.kr

I. 서론

사물 인터넷 (IoT; internet of things) 기술은 정부 부처에서도 관심을 갖는 4차 산업혁명 기술 중 하나이다 [1]-[3]. 2016년 해양수산부가 실행계획을 발표한 유실 어구에 의한 피해를 최소화하기 위한 목적의 전자 어구 실명제를 구현하기 위하여 IoT 기술을 접목하고자 하는 연구가 진행되고 있다[4]-[6].

해양은 지구 표면의 70.8%를 차지하며, 국가의 영토로 인정 받는 영해의 기준은 12 해리 (22.224 km)로 매우 넓은 범위에서 해양 산업이 이루어지고 있다. 이러한 넓은 영역의 해양에서는 수많은 어구들을 이용하여 어업을 행하고 있고, 어업 과정에서 불가피하게 발생하는 유실어구들에 의한 피해는 해양을 심각하게 오염시키고 있다. 이러한 유실어구들에 의한 해양 오염을 최소화 하기 위해 전자 어구 실명제를 실시하고 있으며, 전자 어구 실명제에 도입하여 사용하는 IoT 기술은 우리나라 전역의 해양에서 사용하는 수많은 어구들로부터 정보를 수집하는 기술을 적용하는 것이다. 본 논문에서는 전자 어구 실명제 실행을 위한 구체적 기술 개발로써 어구 자동식별 모니터링 시스템 구현에 필요한 선결 과제인 LPWA (low power wide area)를 기반으로 하는 private LoRa 모듈을 실패역에 배치하여 전송 거리를 측정하는 실험을 진행하고자 한다.

실험은 해양 IoT 기술에 적용할 수 있는 LPWA의 기술 중 LoRa 기술과 LTE Cat. M1을 적용하여 실험을 진행하였다. 실험에 사용된 LoRa는 private LoRa로 1번 부터 24번까지의 채널을 사용하는 LoRa를 뜻한다. Private LoRa는 LoRa의 전송 클래스 중 C 클래스를 적용한 모듈이다. 실험구성에서 어구는 GPS의 정보를 수신하여 private LoRa 모듈을 통해 게이트웨이로 장치의 ID와 위치 정보를 전송하고 게이트웨이는 어구로부터 수신받은 데이터를 LTE Cat. M1을 통해 서버로 데이터를 전송하도록 환경을 구축하였다. 실제 게이트웨이는 해양 관측이 가능한 LoS 지점을 찾아 충남 보령시에 위치한 옥마산의 해발 599 m에 설치하여 실험을 진행하였으며, 부이(buoy)는 게이트웨이를 설치한 지점으로부터 25 km, 40 km, 60 km가 떨어진 지점에 배치하여 통신 실험을 진행하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 유럽의 도심지역과 교외 지역에서 LoRaWAN의 통신 거리를 측정한 관련 연구에 관해서 설명하였다. 3장에서는 본 논문에서 측정할 실험에 사용된 private LoRa 기반 어구 식별 시스템, 게이트웨이, 서버용 모니터링 프로그램 그리고 실험 환경에 관해 설명한다. 4장에서는 실제 시험에 관한 내용 및 결과에 관해 설명하고, 마지막 5장에서 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

2-1 도시 중심의 LoRaWAN 통신 거리 실험

Libelium은 LoRaWAN을 도심지역에 대한 IoT 서비스 기술로 적용하기 위해 도심에 LoRaWAN 모듈을 배치하여 실험을 진행하였다[7]. 실험은 유럽의 스페인에서 진행되었으며, 표 1의 설정으로 실험을 진행하였다. 노드와 게이트웨이의 거리는 P1은 830m, P2는 960 m, P3는 1,070 m, P4는 1,530 m, P5는 863 m이다. 50개의 데이터를 전송하는 시험을 한 결과 통신 시험결과 P1은 96%, P2는 92%, P3 98%, P4 98%, P5 100%의 전송 성공률의 결과를 얻었다.

2-2 교외 지역의 LoRaWAN 통신 거리 실험

Townsley는 LoRaWAN을 교외 지역에서 자동차를 상대로 적용할 수 있는지에 대한 연구를 진행하기 위해 유럽의 파리에서 자동차에 LoRaWAN 모듈을 배치한 후 실험을 진행하였으며, 표 2의 파라미터의 값을 이용하였다[8].

교외 지역의 LoRaWAN 전송 거리 실험은 유럽의 파리에서 진행되었으며, 표 2의 파라미터를 이용하였다.

표 1. 도시 중심의 LoRaWAN 통신 시험 파라미터
Table 1. City-centered LoRaWAN communication test parameters.

Parameter	Value
Communication environment	NLOS
Spreading Factor	12
Output Power	14 dBm
Frequency Band	868 MHz
Gateway installation height	12 m



그림 1. 도시 중심에서의 LoRaWAN 통신 실험 환경
Fig. 1. LoRaWAN communication experiment environment in the city center.

표 2. 교외 지역의 LoRaWAN 통신 시험 파라미터
Table 2. Suburban area LoRaWAN communication test parameters.

Parameter	Value
Communication environment	NLOS
Spreading Factor	7, 9, 12
Output Power	14 dBm
Frequency Band	868 MHz

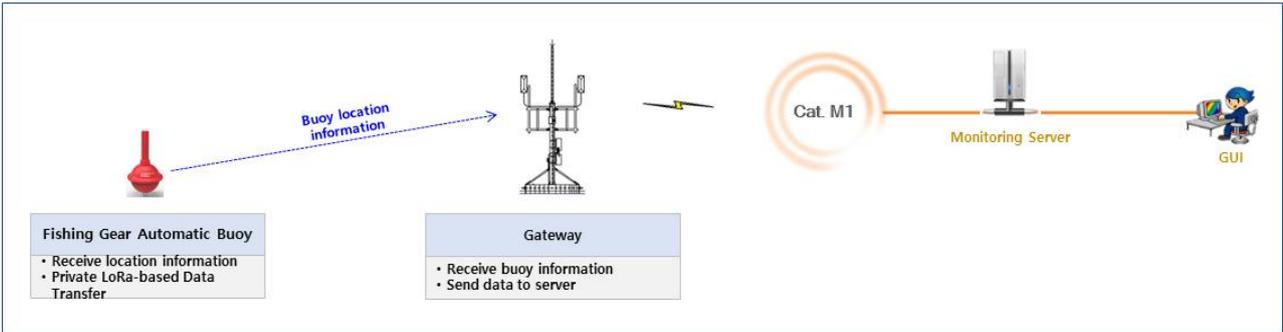


그림 4. Private LoRa 전송 거리 시험 구성도
 Fig. 4. Private LoRa transmission distance test diagram.

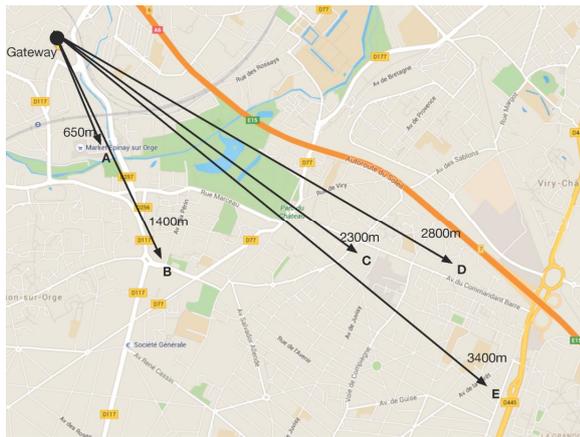


그림 2. 교외 지역에서의 LoRaWAN 통신 실험 환경
 Fig. 2. LoRaWAN communication experiment environment in the suburban area.

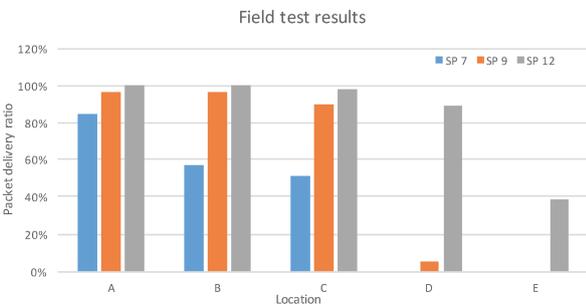


그림 3. 교외 지역에서의 LoRaWAN 통신 실험 결과
 Fig. 3. LoRaWAN communication test results in suburban areas.

Townsley는 실험진행 시 특이점으로 시험 당일의 습도 및 온도를 추가로 기술하였다. 실험 당일의 파리의 온도는 15 °C였으며, 습도는 55%이다. 게이트웨이와 LoRa 단말과의 거리는 650 m ~ 3,400 m로 그림 2와 같이 5개의 지점을 설정하여 실험하였으며, 게이트웨이는 가정집의 2층에 설치하였고, LoRa 단말기는 자동차의 내부에 설치한 후 실험을 진행하였다. 1,000 회의 전송을 수행한 결과 가까운 거리에 배치된 노드는 확산인자가 7, 9, 12 모두 80% 이상으로 수신하였으나, 1,400 m 지점

과 2,300 m 지점에서는 확산인자 값이 12일 경우에만 80% 이상을 수신하였고, 확산 인자 값이 7인 경우는 데이터 대부분을 수신하지 못하였다. 3,400 m에서 진행된 통신 시험의 결과 인자 값이 12일 경우에만 데이터를 수신하였으나 수신된 데이터는 40% 미만으로 매우 낮은 성능을 보이는 것을 확인하였다. 교외 실험 결과는 그림 3에 나타내었다.

III. 시험 환경 구성



그림 5. 어구 및 게이트웨이 위치 및 데이터 모니터링 프로그램
 Fig. 5. LoRaWAN communication test results in suburban areas.



그림 6. 게이트웨이 설치 장소
 Fig. 6. Gateway installation place.



그림 7. 부이 설치 장소
 Fig. 7. Buoy installation place.

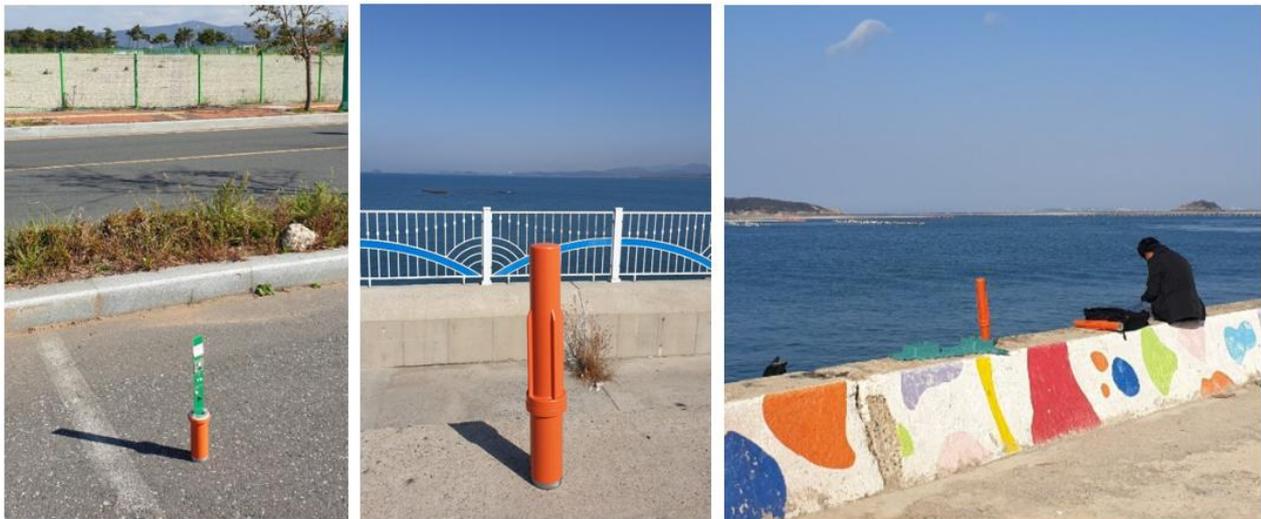


그림 8. 부이 데이터 전송 위치
 Fig. 8. Buoy data transfer location.

어구 식별 시스템에 사용된 부이의 메인보드의 MCU는 ST 사의 Stm32l152RE를 이용하였으며, 통신 모듈은 Semtech사의 sx1276 모듈을 이용하여 개발하였다. 부이 모듈의 위치를 파악하기 위해 GNSS 모듈을 메인보드에 연결하여 수신된 위치 데이터를 전송하도록 프로그래밍하였다. 게이트웨이는 전원 공급이 가능하도록 설계되었으며, omni 안테나를 적용하였고, private LoRa 모듈에서 수신한 데이터를 서버로 전송하기 위해 SK Telecom사의 LTE Cat. M1 통신 모듈을 부착하고, UDP로 데이터 통신을 수행하도록 프로그래밍하였다. 그림 4는 전송 거리 시험 구성도이다.

서버용 모니터링 프로그램은 C#언어를 이용하여 개발하였으며, 게이트웨이에서 LTE Cat. M1으로 수신받은 데이터를 출력하도록 프로그래밍하였다. 그림 5는 개발된 모니터링 프로그램이다.

시험 구상도를 기반으로 실험 환경을 구축하였다. 그림 6은 게이트웨이가 설치된 장소를 나타낸 그림이다. 게이트웨이는 해상 관측이 가능한 충청남도 보령시 남포면 옥마산 정상에 설치하였으며, 데이터를 전송하는 부이는 그림 7과 같이 25 km

지점은 서천군 춘장대 해안, 40 km 지점은 군산항 7부두, 60 km 지점은 군산 선유도 해안에 부이를 배치하여 실험을 진행하였다.

IV. 실험 및 결과

실험에 사용된 private LoRa의 주요 파라미터는 표 3에 나타내었다. 25 km 지점에서는 102회의 데이터를 송·수신하는 실험을 진행하였으며, 4 km 지점에서는 104회의 송·수신실험을 진행하였고, 60 km 지점에서 208회의 송·수신실험을 진행하였다.

그림 8은 모니터링 프로그램을 통해 수신된 데이터를 나타낸 것이다. 부이의 ID, 위도와 경도, 수신 신호 세기, SNR, 시퀀스 넘버, 수신시간이 저장된다. 그림 8부터 10은 25 km 지점과 40 km 지점, 60 km 지점에서 수신된 신호의 세기를 나타낸 것이다. 25 km 지점은 최대 수신 세기 -100, 최소 수신 세기 -109, 평균 -105.7이며, 50 km 지점은 최대 수신 세기 -118, 최소 수신 세기 -127, 평균 -121.8이 측정되었으며, 60 km 지점에서는 최대 수신 세기 -126, 최소 수신 세기 -131, 평균 -128.4가 측정되

었다. 표 4는 수신한 데이터의 수신 성공률을 나타낸 것이다. 25 km 지점을 P1, 40 km 지점을 P2, 60 km 지점을 P3으로 표현하였다.

표 3. Private LoRa의 통신 파라미터

Table 3. Communication parameters of private LoRa.

Parameter	Value
Communication environment	LOS
Spreading Factor	12
Transmit Power(uplink/downlink)	14 /20 dBm
Frequency	918.3 MHz
Bandwidth	125 kHz
Coding Rate	4/5
Antenna Gain	2 dBi

Buoy_ID	Latitude	Longitude	Rssi	Snr	Seq Num	Time
5060708	35.826867	126.41717	-127	-54	0	2019-10-31 14:29
5060708	35.826867	126.41717	-128	-61	1	2019-10-31 14:30
5060708	35.826867	126.41717	-129	-58	2	2019-10-31 14:30
5060708	35.826867	126.41717	-127	-54	3	2019-10-31 14:30
5060708	35.826867	126.41717	-128	-57	4	2019-10-31 14:30
5060708	35.826867	126.41717	-129	-52	6	2019-10-31 14:30
5060708	35.826867	126.41717	-127	-56	7	2019-10-31 14:31
5060708	35.826867	126.41717	-127	-57	8	2019-10-31 14:31
5060708	35.826867	126.41717	-126	-51	9	2019-10-31 14:31
5060708	35.826867	126.41717	-127	-57	10	2019-10-31 14:31
5060708	35.826867	126.41717	-126	-54	11	2019-10-31 14:31
5060708	35.826867	126.41717	-129	-61	12	2019-10-31 14:31
5060708	35.826867	126.41717	-127	-53	13	2019-10-31 14:31
5060708	35.826867	126.41717	-129	-64	200	2019-10-31 14:58
5060708	35.826867	126.41717	-130	-70	201	2019-10-31 14:58
5060708	35.826867	126.41717	-128	-66	202	2019-10-31 14:58
5060708	35.826867	126.41717	-129	-65	203	2019-10-31 14:58
5060708	35.826867	126.41717	-130	-69	204	2019-10-31 14:59
5060708	35.826867	126.41717	-130	-71	205	2019-10-31 14:59
5060708	35.826867	126.41717	-131	-70	206	2019-10-31 14:59
5060708	35.826867	126.41717	-130	-69	207	2019-10-31 14:59

그림 8. 수신 데이터 및 서버 저장 데이터

Fig. 8. Receiving data and server saving data.

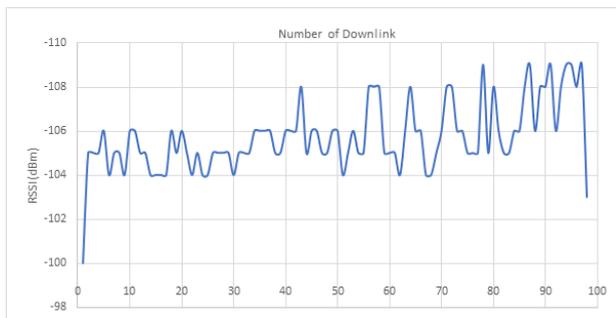


그림 9. 25 km 지점의 수신 신호 세기

Fig. 9. Receive signal strength at 25 km.

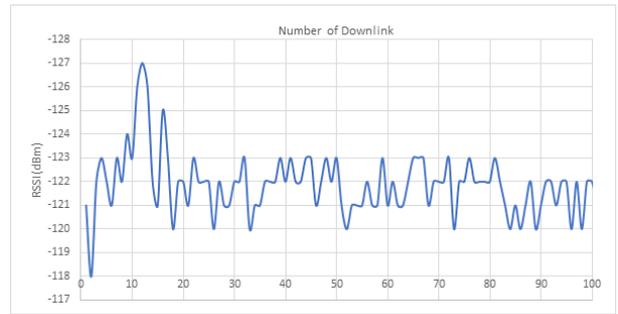


그림 10. 25 km 지점의 수신 신호 세기

Fig. 10. Receive signal strength at 25 km.

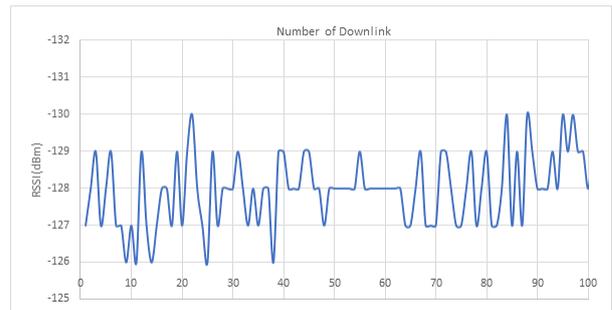


그림 11. 25 km 지점의 수신 신호 세기

Fig. 11. Receive signal strength at 25 km.

표 4. 위치별 전송 시험 결과

Table 4. Transmission test result by location.

Point	Uplink	Downlink	Communication success rate	RSSI Average
P1	102	98	96.2 %	-105.7
P2	104	101	97.1 %	-121.8
P3	208	200	96.1 %	-128.4

Sx1276의 데이터 시트를 통해 125 kHz의 대역폭에서 확산 인자가 12일 때, 최대 수신 감도는 -136 dBm으로 본 논문에서 실험한 60 km 지점과 데이터를 비교했을 때, 60 km보다 더 멀리 통신할 수 있음을 확인할 수 있었으며, 60 km 지점에서도 충분히 신뢰성 있는 데이터를 수신할 수 있음을 확인할 수 있었다.

V. 결론

2016년 해양수산부가 실행계획을 발표한 유실 어구에 의한 피해를 최소화하기 위한 목적의 전자 어구 실명제에 도입하기 위한 어구 자동식별 모듈은 조업이 시작되는 영해에서부터 원양어업이 진행되는 바다까지 넓은 범위에 설치되어 정보를 게이트웨이를 통해 서버로 전송하게 된다. 특히 해양이라고 하는 특이점이 존재하는 환경에서 게이트웨이의 설치 장소는 제약되며, 이를 극복하기 위해서는 넓은 범위를 관리할 수 있는 통신 시스템이 전자 어구에 적용돼야 한다. LPWA 기술은 저전력

으로 넓은 범위의 통신이 가능한 통신 시스템으로 해양 IoT에 적용하기에 매우 적합하다. 본 논문에서는 LPWA의 기술 중 private LoRa를 기반으로 어구 식별 부이를 개발하였으며, 이를 실제 해역에 배치하여 전송 거리 측정 실험을 진행하였다. 게이트웨이는 해양을 관측할 수 있는 장소를 선정하여 충청남도 보령시에 위치한 옥마산 599 m 지점에 설치하고, 부이는 25 km, 50 km, 70 km 지점에 설치하여 통신 거리 시험을 진행하였다. 실험 결과, 25 km 지점에서 데이터 전송 신뢰성은 96.1%, 50 km 지점에서 97.1%, 60 km 지점에서 96.2%의 데이터 전송 신뢰성을 보이는 것을 확인하였으며, 60 km 지점에서 측정된 최대 수신 신호 세기를 검토한 결과 60 km 이상의 범위에 존재하는 부이도 검출할 수 있음을 확인하였다.

Acknowledgments

이 논문은 2019년 해양수산부 재원으로 해양수산 과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(어구 자동식별 모니터링 시스템 개발).

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, 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*, Vol. 5, No. 6, pp. 521-530, Dec. 2015.
 [4] 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.
 [5] J. M. Kwak, S. H. Kim, and S. Real Lee, “Buoy-launched terminalequipment and ship-launched gateway equipment based on LoRa for identification of fishing gear,” *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, Vol. 22, No. 5, pp. 779-786, Mar. 2018.
 [6] S. R. Lee and S. H. Kim, “Test of wireless node of fishing gear automatic monitoring system in LoRa commercial network,” in *Proceeding of The Korea Institute of Information and Commutation Sciences Conference*, Busan: Korea, pp.470-473, 2019.
 [7] Libelium Adds Extreme Range Wireless Connectivity to Waspnote IoT Sensors [Internet]. Available: <http://www.libelium.com/extreme-range-wireless-sensors-connectivity-through-buildings-in-city-lora-868mhz-915mhz>
 [8] A. Augustin, J. Yi, T.H. Clausen and W. M. Townsley, “A study of LoRa: long range & low power networks for the internet of things,” *Journal of the Sensor*, Vol. 16, No. 9, pp. 1466, Oct. 2016.



이 성 렬 (Seong-Real Lee)

1990년 2월 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과 (공학사), 1992년 8월 : 한국항공대학교 대학원 통신정보공학과 (공학석사)
 2002년 2월 : 한국항공대학교 대학원 통신정보공학과 (공학박사), 2002년 6월~2004년 2월 : (주)에이티엔 기술연구소장
 2004년 3월~현재 : 국립목포해양대학교 항해정보시스템학부 교수
 ※관심분야 : WDM 전송 시스템, 광의 비선형 현상 분석, 광 솔리톤 전송



김 세 훈 (Se-Hoon Kim)

1995년 2월 : 한남대학교 전자공학과 (공학석사)
 1995년 1월 ~ 2016년 9월 : 동원시스템즈(주) 수석연구원
 2016년 10월 ~ 현재 : 올레디오 주식회사 수석연구원
 ※관심분야 : 이동통신, IoT, 근거리통신, 해양(해상 및 수중)통신