

어구 자동 식별을 위한 전자 부이의 통신 거리 및 위치 오차 검증

Verification of Communication Distance and Position Error of Electric Buoy for Automatic Identification of Fishing Gear

김성율¹ · 임춘식¹ · 이성렬^{2*}

¹(주)알씨엔

²목포해양대학교 항해정보시스템학부

Sung-Yul Kim¹ · Choon-Sik Yim¹ · Seong-Real Lee^{2*}

¹RCN Co.,Ltd., Daejeon, 34025, Korea

²Division of Navigational Information System, Mokpo National Maritime University, Jeollanam-do, 58628, Korea

[요 약]

전자 어구 실명제는 ‘풍요로운 어장’ 조성과 해양 환경 보호를 실행할 수 있는 주요 정책 중 하나이다. 또한 어구 자동식별 시스템은 LPWA 등의 통신과 멀티 센싱 기술을 활용하여 위 정책을 실현할 수 있는 해양 IoT 서비스 중 하나이다. 어구 자동식별 시스템은 해상에 부유하고 있는 전자 부이로부터 어구의 위치 및 유실 정보를 수집하고 어민이나 육상 관제국에게 제공한다. 어구 자동식별 시스템을 구성하는 전자 어구와 통신 장치들을 개발하였다. 본 논문에서는 전자 어구와 어선에 설치되는 무선 노드 사이의 통신 거리 측정과 전자 어구의 위치 정보 오차 측정 내용 및 결과에 대해 살펴본다. 측정 결과 통신 결과 목표치인 30 km의 2배인 62 km 거리에서 LOS 통신이 가능한 것을 확인하였고, 위치 오차는 목표치인 CEP 5 m 보다 적은 1 m의 결과를 얻었다. 따라서 본 연구를 통해 개발된 어구 자동식별 시스템의 서비스 영역과 정확도가 더욱 신장될 것으로 기대된다.

[Abstract]

The real-name electric fishing gear system is one of the important policy capable to build ‘abundant fishing ground’ and to protect marine environment. And, fishing gear automatic-identification system is one of IoT services that can implement above-mentioned policy by using communication such as low power wide area (LPWA) and multi-sensing techniques. Fishing gear automatic-identification system can gather the location data and lost/hold data from electric buoy floated in sea and can provide them to fishermen and monitoring center in land. We have developed the communication modules and electric buoy consisted of fishing gear automatic-identification system. In this paper, we report the test results of communication distance between electric buoy and wireless node installed in fish boat and location error of electric buoy. It is confirmed that line of sight (LOS) distance between electric buoy and wireless node is obtained to be 62 km, which is two times of the desired value, and location error is obtained to be CEP 1 m, which is smaller than the desired value of CEP 5 m. Therefore, it is expected that service area and accuracy of the developed fishing gear automatic-identification system is more extended.

Key word : Automatic identification of fishing gear, Electric buoy, Marine IoT, Communication coverage, Location error.

<https://doi.org/10.12673/jant.2021.25.5.397>



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 13 October 2021; Revised 14 October 2021

Accepted (Publication) 27 October 2021 (30 October 2021)

*Corresponding Author; Seong-Real Lee

Tel: +82-61-240-7264

E-mail: reallee@mmu.ac.kr

1. 서론

4차 산업혁명 기술 중 사물 인터넷 (IoT; internet of things) 는 기술 난이도가 비교적 높지 않기 때문에 진화 속도가 다른 기술에 비해 빠르고 결과적으로 다양한 산업 분야에서 다양한 형태로 활용되고 있다[1]. 다른 정부 부처와 마찬가지로 현재 해양수산부도 해상 또는 해양에서도 IoT를 융합하여 어업, 운송, 여객 서비스 등에서 안전 및 업무 효율성을 제고하고자 노력하고 있다. 특히 해양환경 보호와 풍요로운 어장 조성의 실효성 제고를 위해서는 그물, 통발 등 어구 (fishing gear)의 과다 사용 방지, 어구의 유실 방지 및 폐어구 위치 파악과 수거 등에 있어 ICT 기술의 활용이 필요하다. 이와 관련한 대표적 정책이 전자 어구 실명제이다 [2],[3].

전자 어구 실명제를 위해서는 해상에 포설되는 전자 부이 (buoy), 어선, 관리 선박, 육상 관제국 등의 구성되어야 한다. 전자 부이는 어구의 위치 및 상태를 센싱하고 실시간으로 육상 관제국 전송하여야 하며, 육상 관제국은 수신된 모든 부이 정보를 모니터링함과 동시에 관리 선박들로 필요 정보를 보내주어야 한다. 그리고 각 관리 선박은 무선 라우터를 통해 관리하고 있는 어선들에게 자기 어구 정보를 제공해 주어야 한다 [4],[5].

이러한 전자 어구 실명제에 필요한 제반 장치 및 통신 기술을 해양수산부의 ‘수산실용화기술개발사업’을 통해 개발하였다. 전자 부이와 육상 관제국, 육상 관제국과 관리 선박, 관리 선박과 어선 간의 통신 방식으로는 IoT에 가장 적합한 NB-IoT 와 LoRa (low power long range)의 LPWA (low power wide area)를 채택하여 개발하였고, 최근에는 상용화에 있어 그 실용성을 높이고자 LPWA보다 통신 속도가 높은 3GPP Release13 표준인 LTE Cat.M1 방식을 추가 적용하여 개발하였다.

개발된 시스템의 기능과 성능이 목표치에 부합하는지를 검증하기 위하여 다양한 시험을 수행하였다. 우선 SKT Cat. M1 방식으로 개발된 private LoRa 모듈을 사용한 통신 거리 시험에서 해상에 포설된 전자 부이와 해발 599 m에 설치된 게이트웨이 간 10 km 이상의 거리에서 평균 96% 이상의 통신 성공률을 확인하였다[6].

또한 private LoRa 모듈 외에 상용 SKT LoRa 모듈의 유효 통신 거리를 확인하기 위하여 어선에 장착되어야 하는 무선 노드를 육지에 설치하여 고정하고, 부이 위치를 옮겨가며 1분 단위로 1회씩 위치 정보를 송수신하는 방식의 시험도 진행하였다[7]. 이 시험 중 상용 SKT LoRa 시험에서는 송신한 정보를 무선 노드가 확인하는 방법으로 polling과 subscription을 각각 적용하여 수행하였다. Polling은 일정 시간 간격으로 가장 최신의 데이터를 확인하는 방법이며 subscription 방식은 송신 수마다 플랫폼에 요청하는 방식이다. 시험 결과 private LoRa, polling 방식의 상용 SKT LoRa, subscription 방식의 SKT LoRa 모두 30 km 이상 거리에서 90% 이상의 통신 성공률을 보이는 것을 확인하였다. 또한 polling 방식의 상용 SKT LoRa의 평균

지연 시간은 47초인데 비해 subscription 방식은 평균 268초로 늘어났다.

선행된 시험들의 한계는 어선에 설치되어야 할 무선 노드가 육상에 설치되었다는 점이다. 이 점은 해상에서의 통신 환경이 육상에 비해 열악하여 개발된 통신 장치들의 신뢰성의 항상성을 보장할 수 없다는 것을 시사한다. 그리고 두 번째 시험에서 얻은 수신 확인 프로토콜에 의한 평균 지연시간이 비교적 길게 늘어났다는 결과는 전자 어구 모니터링 시스템의 실시간성 확보에 장애가 될 수 있다는 점이다.

전자 어구 모니터링을 위한 각 장치 간 통신 목표 거리 30 km는 우리나라 연근해를 서비스 영역으로 설정했기 때문이다. 상기의 시험을 통해 개발된 LPWA 기반 통신 장치들의 통신 거리 목표치 30 km를 충분히 달성했으나 무선 노드가 육상에 고정된 경우에 대한 결과이다. 개발된 시스템들의 성능 확인을 위한 육상 시험이나 실험실 수준의 시험에서의 목표치는 실험역에서의 실증시험 목표치보다 도전적으로 설정해야 한다. 육상 시험이나 실험실 수준의 시험에서의 가장 단순한 목표치 설정은 실험역에서의 실증시험 목표치의 두 배로 하는 것이다. 즉 전자 어구와 무선 노드가 60 km 이격된 환경에서 90% 이상의 통신 성공률을 목표치로 삼을 수 있다. 그리고 이 목표치에 대한 신뢰성을 보완하기 위하여 하나 이상의 성능을 추가할 필요가 있다. 본 논문에서는 전자 부이의 위치 오차를 추가하였다. 그 목표치는 CEP 5 m 이하로 설정하였다.

본 논문에서는 개발된 전자 부이의 실용화를 위해 필요한 통신 거리 (무선 노드와의 통신 거리)와 전자 부이 위치 오차의 시험에 대해 보고하고자 한다.

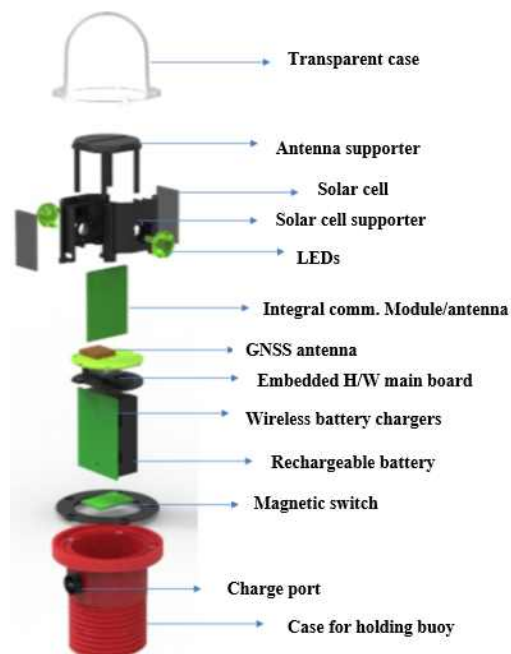


그림 1. 어구 자동식별을 위한 전자 부이의 구성
 Fig. 1. Configuration of electric buoy for automatic identification of fishing gear.



그림 2. 제작된 전자 부이의 형상
Fig. 2. Shape of fabricated electric buoy.

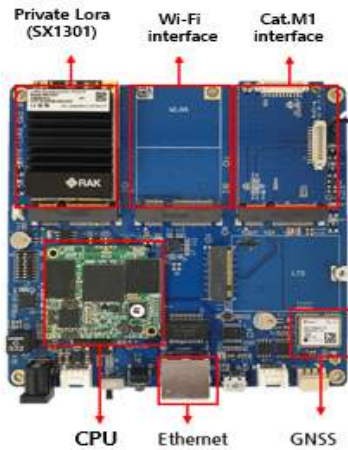


그림 3. 제작된 무선 노드 하드웨어
Fig. 3. Hardware of fabricated wireless node.

II. 어구 자동식별을 위한 전자 부이와 무선 노드

그림 1과 그림 2는 각각 논문을 통해 개발한 어구 자동식별을 위한 해상 전자 부이의 전체적 구성도와 제작 결과물을 나타낸 것이다. 전자 부이의 메인 보드에는 LoRa 통신 기능과 위치 정보 모니터링을 위한 GNSS 기능이 구현되어 있다.

그림 3은 어선에 설치되는 무선 노드, 즉 무선 게이트웨이의 메인보드를 나타낸 것이다. 어구 자동식별 외의 다양한 해상 IoT 서비스 제공을 위해 상용 SKT LoRa (즉 Cat.M1) 통신 모듈 뿐만 아니라 private LoRa 통신 모듈도 포함시켜 제작하였다.

III. 전자 어구의 성능 시험

3-1 시험 항목 및 목표치



그림 4. 시험 구성도
Fig. 4. Test configuration.

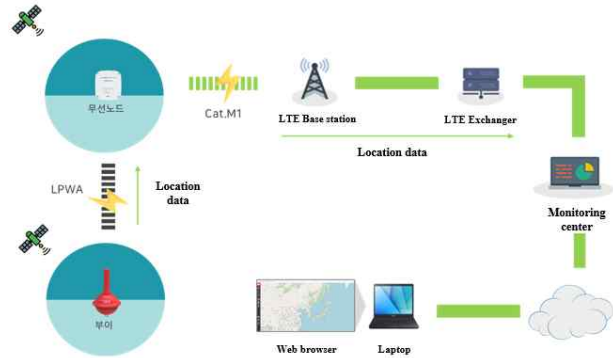


그림 5. 최대 전송 거리 시험을 위한 시스템 구성
Fig. 5. System configuration for maximum communication distance test.

어구 자동식별을 위한 전자 어구의 성능 시험 항목은 두 가지로, 우선 최대 전송 거리를 측정하였다. 목표치는 60 km 이상이고 기준은 통신 성공률 85% 이상으로 설정하였다. 또 하나는 전자 부이가 GNSS로부터 취득한 위치 정보의 오차로 목표치는 CEP 5 m 이하이다. 여기서 CEP (circular error probability)는 항해 시의 위치 정밀도 측정치로 실제 수평 좌표에서 오차 타원에서 그 반경을 나타낸다. 이 값은 현재 위치가 실제 위치에 있을 확률이 50%임을 나타낸다.

본 시험에서는 어구 자동식별 전자 부이 1대와 어선용 무선 노드(게이트웨이) 1대를 그림 4와 같은 점대점 방식으로 링크를 구성한 가장 간단한 구조를 채택하여 수행하였다.

3-2 최대 전송 거리 시험 방법

어구 자동식별을 위한 전자 어구의 최대 통신 거리 측정은 LPWA의 21번 채널 (921.1MHz)를 사용하였고, 통신 간격(주기)은 20초로 설정하여 수행하였다. 본 시험의 구성도는 그림 5와 같다.

최대 전송 거리 시험은 ① 서버에서 모니터링 프로그램 실행, ② 어선용 무선 노드 전원 on, ③ 서버 접속 확인, ④ 어구 자동식별 전자 부이는 어선용 무선 노드와 60 km 거리 이상의 장소로 이동, ⑤ 어구 자동식별 부이 전원 on, ⑥ 모니터링 프로그램에 수집된 어선용 무선 노드 위치 정보와 어구 자동식별 부이 위치 정보를 통해 60 km 이상에서 통신 성공 여부 확인의 절차와 방법을 통해 수행하였다.

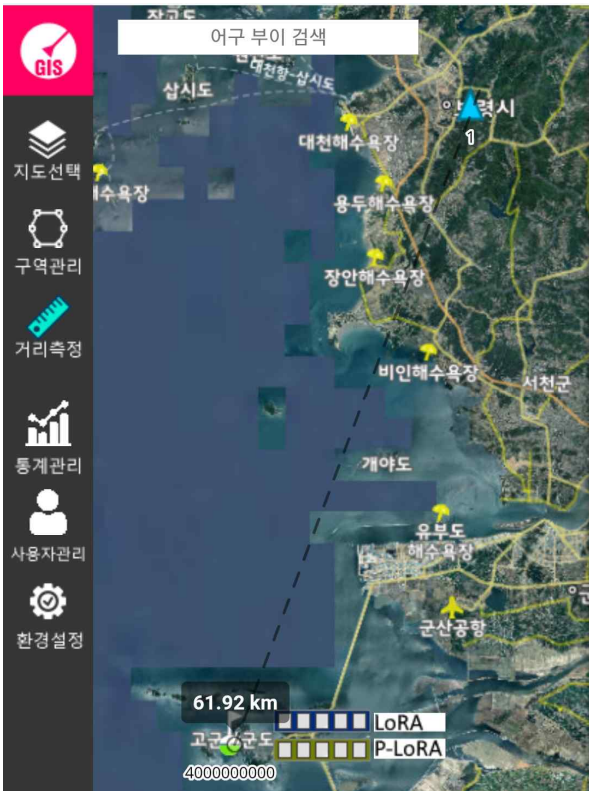


그림 6. 최대 전송 거리 측정을 위한 전자 부이와 무선 노드의 설치 위치

Fig. 6. Install positions of electric buoy and wireless node for measuring maximum communication distance.

3-3 위치 오차 시험 방법

어구 자동식별을 위한 전자 어구 위치의 오차 측정도 최대 통신 거리 측정에서와 같은 주파수와 통신 간격을 설정하여 수

행하였다. 본 시험의 절차는 그림 4의 구성을 통해 다음과 같이 하였다. ① 어선용 무선 노드와 노트북 연결, ② 모니터링 프로그램 실행, ③ GPS 신호의 회절 현상이 최대한 적게 반영되는 장소에 어구 자동식별 부이 배치, ④ 어구 자동식별 부이 전원 on, ⑤ 어구 자동식별 부이 배치 장소에서 GPS 정보 수집, ⑥ 어구 자동식별 부이가 연결된 후 약 3분 동안 대기, ⑦ 수신된 어구 자동식별 부이의 GPS 정보 수집, ⑧ 어구 자동식별 부이에서 수신한 GPS 정보와 기준 좌표값을 비교하여 /거리 오차 산출.

IV. 전자 어구 성능 시험 결과

4-1 최대 전송 거리 시험 결과

그림 6은 전자 어구가 설치된 위치 (좌표 상 35°48'48.9"N 126°23'49.9"E, 충남 보령시 성주면 개회리 소재 옥마산)와 선박용 무선 노드가 설치된 위치(좌표 상 36°19'14.6"N 126°38'12.4"E, 전북 군산시 옥도면 장자도 부근)를 지도 웹에 표시한 것이다. 두 장치 간 LoS (line of sight) 거리는 61.92 km 이다.

확산 계수 (SF) 12로 설정하여 20초 간격으로 총 102회 통신을 수행하면서 각 통신 회차별 통신 성공 여부와 더불어 수신 신호 강도 (RSSI; received signal strength indication), 신호 대 잡음비 (SNR)을 측정하였다. 측정 결과 평균 수신 신호 강도는 -122.85 dBm (최소 -126 dBm, 최대는 -117 dBm)로 얻어졌다. 에러 없이 프레임이 수신한 횟수는 총 83회로 통신 성공률은 81.3%로 얻어졌다. 통신 성공률이 높지 않은 이유는 유실된 프레임의 경우 SNR이 -20 dB로 비교적 낮은 경우라는 것을 확인하였고, 낮은 SNR은 통신 거리를 비약적으로 60 km 이상으

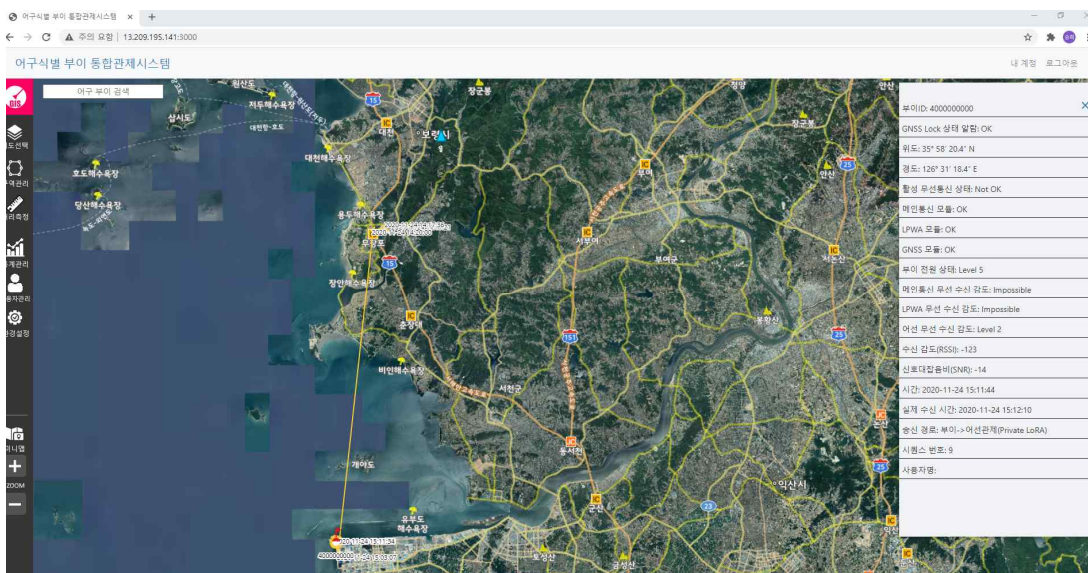


그림 7. 전자 부이의 위치 오차 측정을 위한 전자 부이와 무선 노드의 설치 위치

Fig. 7. Install positions of electric buoy and wireless node for measuring location error.

로 설정한 점과 주위 환경 잡음이 존재한 점 등을 고려할 수 있을 것이다.

4-2 위치 오차 시험 결과

위의 최대 전송 거리 측정에서와 동일한 위치 (좌표 상 35°48'48.9"N 126°23'49.9"E)에 전자 어구를 설치하였다. 그러나 서버는 그림 7에 표시된 위치로 이동 설치하여 측정을 수행하였다. 전자 부이가 설치된 지도 앱 상의 좌표는 좌표 측정계로 측정된 값과 일치하지 않았다. 오차 측정의 간편성을 위해 좌표 측정장치의 값인 북위 31.81357도와 동경 126.3972도를 기준 값으로 설정하여 위치 오차를 측정하였다.

105회 측정 결과 오차가 발생한 경우는 총 102회였고, 이들 평균, 즉 평균 위치 오차는 1.32 m로 계산되었다. 102회의 오차 중 95% 범위 내 최대 오차는 3.12 m로, 50% 측정 범위 내 최대 오차는 1.00 m로 얻어졌다. 즉 본 논문을 통해 개발된 GNSS 모듈을 통해 전송된 위치 정보는 95% 신뢰도를 갖고 실제 위치값에 비해 약 3 m 정도의 오차만 갖는 것을 확인하였다.

V. 결 론

해양수산부의 수산실용화기술개발사업으로 개발된 어구 자동 식별 전자 부이의 실용성 제고를 위해 필요한 최대 전송 거리와 위치 오차의 시험 내용을 살펴보았다.

시험 결과 개발된 전자 부이는 무선 노드와 최대 약 62 km 거리에서 약 81%의 성공률로 통신할 수 있는 것을 확인하였다. 목표치인 85% 성공률에는 미치지 못하는 결과이지만 원래의 통신 거리 목표치인 기존 30 km로 두 장치 간 거리를 축소하게 되면 85% 이상의 통신 성공률이 얻어질 것으로 예상할 수 있는 측정값이라고 판단할 수 있다. 본 시험은 실제 해상에서의 시험이 아닌 해상 대 육상 링크에서 수행되었다. 향후 실제 해역에서의 시험은 본 시험에서 얻어진 프레임 손실의 원인, 즉 신호 대 잡음비 개선과 RSSI 개선을 통해 보완하면 실용화를 위한 성능을 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

위치 오차 시험을 통해 개발된 GNSS 모듈과 프로세싱을 이용하면 95% 신뢰 수준에서 위치를 3 m 정도의 오차 범위 내에서 전자 부이를 활용할 수 있다는 것을 확인하였다. 해상 어업 활동에서 활용되는 위치 정보는 그 정확도가 매우 클 필요가 없다는 점에서 본 시험을 통해 확인한 위치 오차 범위는 실용화 측면에서 충분히 활용 가능할 것으로 판단된다. 더욱이 통신 거리를 60 km가 아닌 30 km 정도로 줄이면 오차의 크기는 더욱 감소될 것으로 판단된다.

Acknowledgements

이 논문은 2021년 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] J. M. Kwak, S. H. Kim and S. R. Lee, "Design of marine IoT wireless network for building fishing gear monitoring system," *Journal of Advanced Navigation Technology*, Vol. 22, No. 2, pp. 76-83, Apr. 2018.
- [3] 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.
- [4] J. M. Joung, H. J. Park, M. S. Kim, M. S. Kwak, and H. J. Seon, "Implementation of automatic identification monitoring system for fishing gears based on wireless communication network and establishment of test environment," *Journal of Institute of Korean Electric and Electronic Engineering*, Vol. 25, No. 1, pp. 193-200, Mar. 2021.
- [5] J. M. Kwak and S. R. Lee, "Buoy-launched terminal equipment 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, May 2018.
- [6] S. R. Lee and S. H. Kim, "Test of communication distance measurement of fishing gear automatic system based on private LoRa," *Journal of Advanced Navigation Technology*, Vol. 24, No. 2, pp. 61-66, Apr. 2020.
- [7] H. J. Park, J. M. Joung, S. Pranesh, M. S. Kim, and K. S. Kim, "Performance analysis of automatic fishing gear monitoring system over seawater," *Journal of Institute of Korean Electric and Electronic Engineering*, Vol. 24, No. 4, pp. 1069-1073, Dec. 2020.



김 성 율 (Sung-Yul Kim)

1998년 2월 : 충남대학교 컴퓨터공학과 (공학사)
2001년 8월 : 충남대학교 대학원 컴퓨터공학과 (공학석사)
2004년 1월 ~ 2015년 6월: ㈜ 휴메이트 수석 연구원
2015년 9월~현재 : ㈜알씨엔 수석 연구원
※관심분야 : 임베디드 시스템 개발



임 춘 식 (Choon-Sik Yim)

1976년 2월 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과 (공학사), 1986년 2월 : 한국항공대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
1992년 3월 : (일)오코하마국립대학교 정보통신공학과 (공학박사), 1980년 6월~2014년 4월 : 한국전자통신연구원 책임연구원
2014년 3월~현재 : ㈜알씨엔 대표
※관심분야 : 무선패킷통신, 디지털 이동통신, ITS, IoT통신 등



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