

해양 IoT 무선통신기반 어구식별장치 개발

강성인*, 조신희**

*대림대학교 AI시스템과, **올래디오 주식회사

e-mail: *sikang@daelim.ac.kr, **shcho@allradio.co.kr

Development of identification device for fishing gear based on maritime IoT Wireless Communication

Seong-in Kang*, Shin-ho Cho**

*Dept. of AI System, Daelim University College, **Allradio Inc.

요약

본 논문에서는 어구 자동식별 부이용 저전력·장거리 통신 모듈 및 제어 시스템, 부이 구조물 등을 개발하여 해양 IoT 무선통신 기반 어구식별 부이의 설계 및 운영 방법을 제안한다. 개발된 어구식별 부이는 실용성 제고를 위해 필요한 최대 전송 거리 60Km와 위치 오차 CEP 2.5m 이하의 정확도를 가지고 약 95.36%의 성공률로 통신할 수 있는 것을 확인하였다. 또한, 다양한 통신환경 아래 해상 대 육상 링크에서 신호 대 잡음비 개선과 RSSI 개선을 통해 실용화를 위한 성능을 얻을 수 있었다.

1. 서론

우리나라의 바다환경은 최근 기후변화와 온실효과 등으로 인해 환경이 변화하고 수산자원의 남획으로 인해 수산물 자원감소를 초래하고 있다. 또한 수산물 어획량을 늘리기 위해 그물의 종류가 다양화되고 사용되는 양도 늘어나고 있다. 이로 인하여 우리나라의 좁은 어장 특성 상 어장이 밀집되고 경쟁조업에 의해 어구가 서로서로 얽히어 잊어버리는 경우도 빈번히 발생하여 폐 유실 어구가 증가하고 있다. 또한 저인망이나 연안에서 조업하는 권현망 등과 같은 예인성 어구에 의해 부설되어 있는 어구들이 유실되는 경우가 늘고 있다.[1]

최근 연근해역에서는 해양에 버려진 폐 어망 및 폐 로프 등 해양쓰레기의 발생량이 계속적으로 증가하고 있으며, 이로 인하여 어획량의 감소 및 어업활동에 큰 피해를 주고 있다.[1]

우리나라 정부에서도 해양 환경 보전을 위하여 해양 폐기물 정화사업을 추진하고 있으며, 그 일환으로 해양 쓰레기 수매사업, 해양 폐기물 정화사업 등 연간 590억원의 예산을 투입하고 있다. 최근 조업 중에 인양된 폐어구를 다시 투기하지 않고 육상으로 가져오는 등의 방법으로 침체어망의 감소를 위하여 노력하고 있으나, 플라스틱을 원료로 하는 제품들은 자연 환경 중에서 분해되기 어렵고, 소각할 경우에는 다이옥신 등의 유해물질이 발생될 수 있으므로 사용 후 그 처리에 많은 비용이 소요되고 특별한 주의가 필요하다. 또한, 이와 같

은 방법으로는 침체어망의 발생을 근원적으로 방지할 수는 없으며 보다 적극적인 방법의 강구가 필요하다.[2][3]

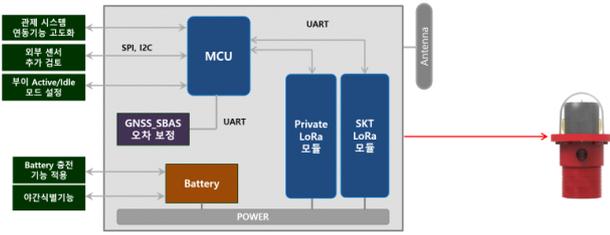
이를 해결하기 위한 노력으로 정부에서는 「어구 관리법」을 제정하고 2016년 12월 13일에 행정절차를 거쳐서 입법예고하였고, 우선적으로 어구를 식별할 수 있는 전자부이의 개발, 수중 어구와의 음향통신 기술개발, 원거리의 개별 어구를 식별하고 관리할 수 있는 육상 통합 관제시스템 개발 등에 관한 연구가 이루어지고 있다. [2][3]

본 논문에서는 어구의 과다 사용 및 폐 유실 어구 저감을 위하여 조업 어구의 종류 및 위치 정보를 파악하기 위하여, 어구 자동식별 부이용 저전력·장거리 통신 모듈 및 제어 시스템, 부이 구조물 등을 개발 하여 해양 IoT 무선통신 기반 어구식별 부이를 제안하였다.

2. 해양 IoT 무선통신기반 어구식별 부이

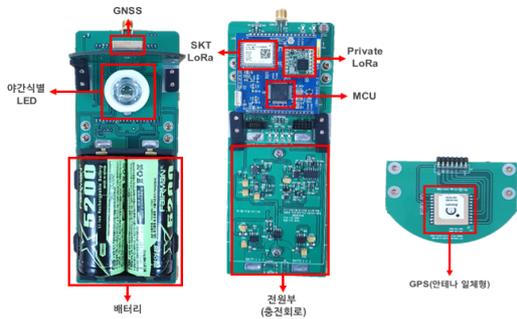
2.1 부이장착 무선디바이스용 통신모듈

그림 1은 부이장착형 무선디바이스를 구성하는 통신 모듈의 구성도이다. 통신 모듈은 2종의 LPWA 단말 모듈이 장착되고 다른 모듈과 Interface 기능을 담당하는 Base Board로 구성되어 있다. 해당 통신모듈에 의해 육상기지국과의 통신은 상용망을 사용하며, 어구 소유주의 정보 관리 체계 구축하는데 활용된다.



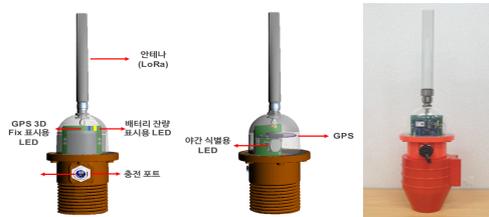
[그림 1] 부이장착 무선디바이스용 단말

그림 2는 제작된 부이장착 무선디바이스용 단말 보드로서, LoRa 통신 기능과 위치 정보 모니터링을 위한 GNSS 기능이 구현되어 있다. 또한, 어구 위치의 개인 정보화를 위하여 Private LoRa 패킷에 AES-128 암호화를 적용하여 구현하였고, 부이 ID를 SKT LoRa 모듈의 EUI(Extended Unique Identifier, 64 bits) 정보를 취득하여 부이의 ID로 사용하는 방법으로 구현하였다.



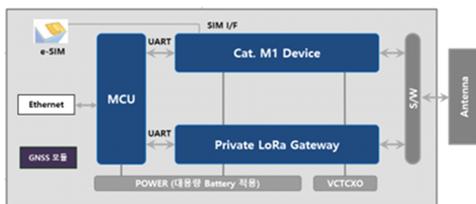
[그림 2] 부이장착 무선디바이스용 단말 보드

부이장착 무선디바이스를 탑재하기 위한 기구 디자인 및 제작 형상을 그림 3에 나타내었다. 상단 케이스를 가공하여 외장형 안테나가 장착되도록 하였고, 침수를 방지하기 위하여 방수 커넥터 내에 진원스위치를 구성하였다. 또한 외부 커넥터와 기구 사이에 방수를 위하여 오링을 적용하여 구현하였다.



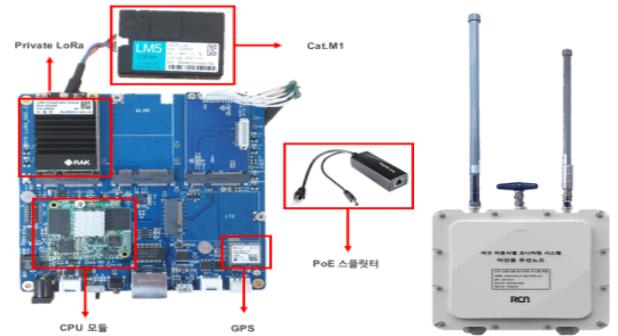
[그림 3] 부이장착 무선디바이스용 기구 구성 및 형상

2.2 어선 및 관리선박용 무선노드



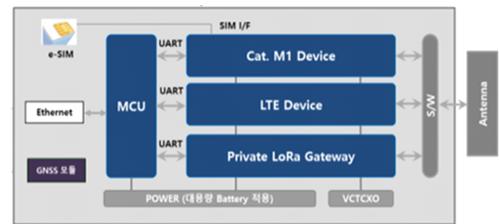
[그림 4] 어선용 무선노드의 구조

어선에서 상위망과의 연동, 어구식별 부이와의 통신을 위하여 어선용 무선노드를 그림 4에서 나타내었다. 어선용 무선노드의 통신모듈은 상위망 연동을 위한 Cat. M1 모듈과 부이장착용 무선디바이스와의 연동을 위한 Private LoRa Gateway 모듈을 장착하였고, 어구 식별 장치 및 어선용 관제단말과의 Interface 기능을 담당하는 Base Board로 구성하였다. 어선용 무선노드는 Private LoRa 서브 보드, Cat.M1 서브보드, 메인 보드로 구성하였고, 전원 공급을 위한 PoE(Power of Ethernet) 스플릿터를 적용하였다. 그림 5는 어선용 무선노드의 RF 모듈과 기구 형상을 나타내었다.

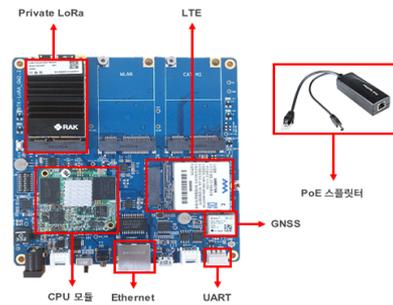


[그림 5] 어선용 무선노드 단말보드 및 구성

그림 6에서 나타낸 관리선박용 무선라우터는 관리영역에 위치한 모든 부이 정보 제공을 위한 육상통합기지국 Data를 수신하고 육상통합기지국에서 제시하는 특정 부이의 정보를 수집하여 육상통합기지국으로 전송하는 역할을 수행한다. 관리선박용 무선라우터는 Private LoRa 서브 보드, LTE 서브보드, 메인보드, 전원 공급을 위한 PoE(Power of Ethernet) 스플릿터로 구성된다. 그림 7은 관리선박용 무선라우터의 구성을 나타내었다.



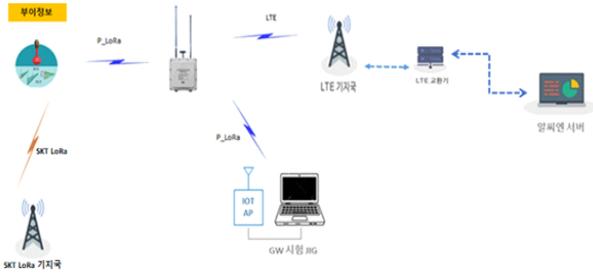
[그림 6] 관리선박용 무선라우터의 구조



[그림 7] 관리선박용 무선라우터의 구성

3. 해상 IoT 무선통신기반 어구식별 부이의 성능시험

부이장착형 무선디바이스의 성능을 시험하기 위하여 우선 최대 전송 거리를 측정하였다. 실험역 검증을 위해 다양한 통신환경(온도, 파고, 지역 등)에 따라 실험을 진행하였고, 60Km 이상의 통신거리 확보를 위하여 적절한 소형 육상 기지국 연동하여 실험하였고, 25Km 이상의 통신거리 확보를 위한 상용 기지국 연동하여 실험하였다.

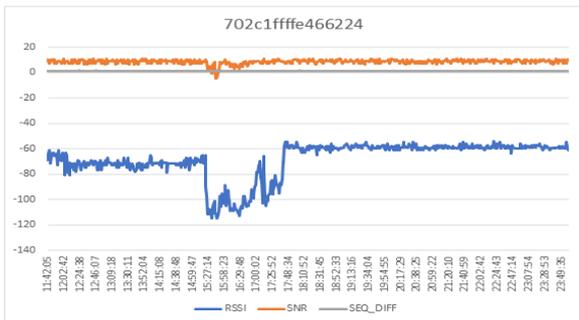


[그림8] 게이트웨이 테스트 지그를 활용한 부이의 통신 성능검증



[그림 9] 실험역 검증을 위한 부이 구성 및 소형 육상 기지국

부이장착형 무선디바이스의 성능을 시험하기 위하여 우선 최대 전송 거리를 측정하였다. 실험역 검증을 위해 다양한 통신환경(온도, 파고, 지역 등)에 따라 실험을 진행하였고, 60Km 이상의 통신거리 확보를 위하여 적절한 소형 육상 기지국 연동하여 총 1240회 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 -68.45 dBm (평균)로 SNR은 8.45dB(평균) 얻어졌다. 에러 없이 프레임을 수신한 횟수는 총 633회로 통신 성공률은 99.36%로 얻어졌다.



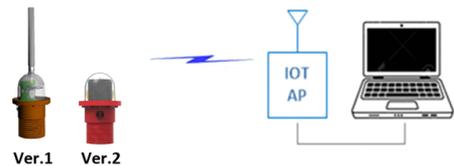
[그림 10] RSSI 및 SNR 분석

[표 1] 통신성공률 분석

항 목	내용		
	최소	최대	평균
RSSI	-115	-54	-68.4531
SNR	-5	11	8.451456
SEQ_DIFF	1	2	1.006
통신 성공률	99.35691%(송신:622, 수신:618)		

또 하나는 전자 부이가 GNSS로부터 취득한 위치 정보의 오차로 목표치는 CEP 2.5m 이하이다. 여기서 CEP (circular error probability)는 항해 시의 위치 정밀도 측정치로 실제 수평 좌표에서 오차 타원 에서 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 11와 같은 점대점 방식으로 링크 를 구성한 가장 간단한 구조를 채택하여 수행하였다. , 실험을 통하여 평균 위치 오차는 1.32 m로 계산되었다. 오차 중 95% 범위 내 최대 오차는 3.12 m로, 50% 측정 범위 내 최대 오차는 1.00 m로 얻어졌다.



[그림11] 테스트 지그를 활용한 부이의 통신 성능검증

4. 결 론

본 논문에서는 조업 어구의 종류 및 위치 정보를 파악하기 위하여, 어구 자동식별 부이용 저전력·장거리 통신 모듈 및 제어 시스템, 부이 구조물 등을 개발하여 해상 IoT 무선통신 기반 어구식별 부이를 개발하였다.

어구식별 부이의 실용성 제고를 위해 필요한 최대 전송 거리 60Km와 위치 오차 CEP 2.5m 이하의 목표치를 제시하였다. 시험 결과 개발된 전자 부이는 무선 노드와 최대 약 60 km 거리에서 약 95.36%의 성공률로 통신할 수 있는 것을 확인하였다.

또한, 해당 시험은 실제 해상에서 다양한 통신환경 아래 해상 대 육상 링크에서 수행되었다. 신호 대 잡음비 개선과 RSSI 개선을 통해 실용화를 위한 성능을 얻을 수 있었다.

위치 오차 시험을 통해 개발된 GNSS 모듈과 프로세싱을 통해 이용하면 95% 신뢰 수준에서 위치를 2.5m 정도의 오차 범위 내에서 전자 부이를 활용할 수 있다는 것을 확인하였다.

본 논문을 통해 개발된 어구 자동식별 부이를 통해 조업 어구의 위치를 파악이 가능해지고, 선박의 안전운항을 통한 해상사고 감소가 기대된다. 또한 유실어구 및 도난어구, 폐어구

를 줄임으로써 해양생태계 보호 및 폐어구 수거 비용 감소가 기대된다.

감사의 글

“이 논문은 2023년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(어구 자동식별 모니터링 시스템 개발)”.

참고문헌

- [1] 허남희, “어구 자동식별 장치의 설치방안에 관한 연구”, 제주대학교, 2020년 8월
- [2] 이구원 외 4인, “전자어구 실명제 도입을 고려한 어구 자동식별 모니터링 시스템 리빙랩 모델 도출”, 한국수산해양기술학회 춘계학술대회, 2021. 5
- [3] 정주명 외 4인, “무선통신망 기반 어구자동식별 모니터링 시스템 구현 및 시험환경 구축”, 한국전기전자학회 Volume 25 Issue 1, 2021. 3