

원거리 해양환경 모니터링을 위한 LoRaWan 통신 기반 IoT 부표 개발 연구

(A Study on the Development of an IoT Buoy Based on LoRaWAN Communication for Remote Marine Environment Monitoring)

문희열*, 정연철**

(Hee Yeol Moon, Yeon Cheol Jeong)

요약

본 연구는 수온, 파고의 높이 등 바다 정보 측정과 원거리 모니터링이 가능한 IoT 부표를 개발한다. 국내에서 제공되는 해양 정보는 '바다누리 해양정보' 시스템에서 실시간으로 확인할 수 있다. 그러나 관련 서비스는 관측 장비 부위가 설치된 특정 지점으로 한계가 있어, 연안 어업에 종사하는 어민들이 필요로 하는 마을 앞 바다 정보와는 다소 거리가 있다. 따라서 센서와 LoRaWan 통신 기능을 가진 IoT 부표를 이용해 기후변화로 인해 빠르게 변화하고 있는 해양 정보를 모니터링할 수 있는 시스템을 구성한다. 또한 개발된 IoT 부표의 GPS 정보의 원격 모니터링을 통해 어구 관리 등 자산 보호에도 활용성을 높일 수 있다.

■ 중심어 : 부표 ; 사물인터넷 ; 해양환경 ; 어업

Abstract

This study develops an IoT buoy capable of measuring marine information, such as water temperature and wave height, and enabling remote monitoring. In Korea, marine information is provided in real-time through the 'Bada-nuri Marine Information System.' However, this service is limited to specific locations where observation equipment is installed, making it somewhat different from the local sea information required by coastal fishermen for their village's waters.

Therefore, a system is constructed to monitor rapidly changing marine information, driven by climate change, using an IoT buoy equipped with sensors and LoRaWan communication capabilities. Furthermore, the remote monitoring of the developed IoT buoy's GPS information can enhance its utility for asset protection, such as the management of fishing gear.

■ keywords : Buoys ; IoT ; marine environment ; Fishing

I. 서 론

사물인터넷(IoT) 환경 센서를 이용한 토양의 수분, pH 값과 작물 재배용 비닐하우스의 온도, 습도 및 이산화탄소 농도 등을 실시간 모니터링하여 농작물 상태를 관리할 수 있어 품질 향상과 생산성 제고 등 농업 분야에서 활용성을 확대되고 있다. 센서로 수집된 데이터의 분석을 토대로

작물의 생장을 예측하고, 최적의 수확 시기 결정에 도움을 주는 등 스마트 농업의 핵심 역할을 하고 있다. 농업 분야의 사물인터넷 장치의 정보 교환에는 넓은 지역에서 이루어지기 때문에 낮은 전력으로 통신하는 저전력 광역 네트워크 (Low Power Wide-Area Network, 이하 LPWAN) 기술이 적용된다. LPWAN 기술인 LoRaWan은 양방향 통신 프로토콜로 저전력, 장거리, 지역화 서비스와 같은 핵심 IoT 요구사항

* 정희원, 전남대학교 지식재산융합학과

** 정희원, 호남대학교 e스포츠산업학과

을 충족한다. 또한 게이트웨이를 활용하여 게이트당 반경 5~15km의 장거리에 적용할 수 있어 넓은 농어촌 지역에서 활용성이 높다. 또한 적은 메시지 전송에 적합하여 LoRa 모듈의 수요는 빠르게 증가하고 있다. LoRa 모듈을 이용한 단말에서는 센서 등에서 수집된 정보를 클라우드 서버 등에 데이터로 제공한다[1].

농수산 분야에서 IoT 기술 응용으로 작물의 실시간 모니터링으로 효율성 향상과 함께 물, 토지 등 자원의 효율적 운영이 가능하여 생산된 제품 품질 관리를 할 수 있어 안정적인 생산 활동에도움을 준다. 또한 실시간 모니터링과 인공지능 기술을 활용한 예측 시스템으로 잠재적 위협에 신속 대응할 수 있어 재산상의 손실을 줄일 수도 있다. 수산 양식업 분야에서도 인공지능과 빅데이터 기술을 융합한 미래형 스마트 양식업 IoT 기술 활용성을 엿볼 수 있다. IoT 센서를 통해 수집된 정보를 빅데이터와 인공지능을 적용하여 양식장의 수온, 양식 물고기 상태를 진단하여 사료의 양을 조절하는 등 스마트 양식은 안정적인 수산물 생산을 통한 소득 증대와 품질 보증으로 브랜드화에도 이바지할 수 있다.

항만이나 하천 등에서 수면 위에 띄워 어망의 위치, 항로 표지 바닷속 장애물 또는 암초의 위치를 알리는 표지로 사용되는 부표(buoy)는 가장 널리 보급된 어업 도구이다. 부표는 어구(漁具)의 위치를 알 수 있도록 하는 좌표와 같은 역할을 한다. 주로 스티로폼 재질의 부표는 최근 친환경 제품 재질의 부표가 개발, 보급되고 있으며 해양수산부에서는 '2025년까지 친환경 부표로의 완전 전환' 목표 달성을 2021년부터 친환경 부표 보급 사업을 본격 시작한 바 있다[2]. 또한 친환경 부표에 다양한 센서를 장착한 스마트 부표도 개발 보급되고 있다.

전라남도는 전체 21개 시군 중 16개 해양·수산 시군이 수산업에 종사하고 있으며 양식 어장은 해수면의 경우 전국의 74.4%, 내수면은 전국의 34%를 차지하고 있다[3]. 수산업 분야에서

IoT를 적용한 사례는 지속적으로 증가하고 있으며 기술 융합을 통해 수질/환경 모니터링, 양식 어류 스마트 먹이 투입 시스템, 어선 및 해양 안전, 항만 시설 관리 등 다양한 활용 사례를 찾아볼 수 있다. 전남지역의 김 양식업과 전복 양식장에서 IoT와 인공지능 빅데이터 플랫폼을 적용하여 수온, 염도 등 양식 환경 모니터링 등에 적용되고 있다. 해양산업에서 “스마트 수산은 정보통신기술(ICT)을 접목한 어업활동으로 실시간 자료수집, AI 기반 예측, 그리고 자동화된 시스템을 활용하여 해양자원의 효율적인 관리와 보존을 목표로 한다.”[4].

그러나 IoT 스마트 부표는 스티로폼 재질보다 가격이 높아 연안 어업에 종사하는 어민에게는 경제적인 측면에서 도입이 쉽지 않다. 따라서 본 연구에서는 저비용 IoT 부표를 개발하여 바다 정보의 활용성을 높이고자 한다. 바다 정보를 측정하기 위한 센서와 LoRaWan 모듈을 채택하여 저전력 시스템으로 구동이 가능한 IoT 부표를 설계, 제작하고 실증테스트를 위해 전남의 2곳을 선정하여 시뮬레이션을 진행하여 안정적인 구동을 확인하였다. 논문의 목차는 적용 기술의 특징과 사례, IoT 부표의 모듈 회로도 및 시제품 제작, 테스트 결과에 관해 기술한다.

II. 본 론

1. 적용 기술의 특징

가. 관련 연구 및 기술

국내의 대표적인 해양 정보 활용 기술 사례는 SK의 수중 음파를 이용한 통신 기술[5] 활용으로 이 기술을 적용하여 지진 등 바다 환경 모니터링이 가능해졌다. 또 다른 사례로 해양에 배치된 해양환경 센서 데이터를 실시간으로 확보하기 위해 IoT 플랫폼 기술을 활용해 다양한 종류의 자료수집과 장거리 통신

을 통해 육상의 제어센터에서 데이터를 실시간으로 전송할 수 있는 플랫폼[6]도 개발되었다. 그러나 개발된 기술은 공공재 성격이 강하여 내수면 또는 연안 어업에 종사하는 어민들에게 필요한 생활 정보 제공에는 다소 거리가 있다.

광주과학기술원(GIST)은 2024년 IoT 기술을 활용한 해양 생물 자원 관리를 위해 “해상 IoT 기술을 기반으로 어구마다 위치 정보를 송신하는 전자 부이를 부착하는 ‘어구 자동식별 모니터링 시스템’을 통해 어구의 소유자 및 종류, 위치 등을 실시간으로 모니터링할 수 있다”는 기술을 소개하기도 하였다[7].

본 논문에서 채택한 통신 기술인 LoRaWan (Long Range Wide Area Network)는 저전력 광역 통신망(LPWAN)으로 개방형 표준 프로토콜로 사물인터넷에 적합하게 설계되었다. LoRa 모듈은 GPS 정보를 이용한 주기적인 위치 정보, 선박 등의 연안에서의 비상 데이터통신용 및 선박의 위치 송신용, 가로등을 원격 장소에서 온·오프 제어하는 등 다양한 분야에서 응용되고 있다[1],[8]. LoRa의 장점은 낮은 전력 소비로 장거리 데이터 전송(최대 15km 이상)이 가능하고 초기 인프라 투자 비용이 적다는 점이다. 그러나 LoRaWan은 낮은 데이터 전송 속도로 인해 센서 네트워크에는 적합하지만, 대용량 데이터 처리 응용에는 적절하지 않다. 또한 IoT 기기의 배터리 전력 수요를 최소화하기 위해 지연 시간이 길고, 데이터를 중계할 전용 게이트웨이가 필요하다. 주요 활용 사례는 스마트 농업확산이나 IoT 기반의 농축산 솔루션 개발, 수자원 관리, 양식장과 같은 분야에서 적용하고 있다.

나. 기술 개발 필요성

시시각각 변하는 현재의 바다 정보는 국립해양조사원 바다누리 해양 정보 서비스*홈페이지에

서 해양 정보의 현황 및 자료를 확인할 수 있다. ‘실시간 해양관측’ 서비스를 통해 조위(潮位), 수온, 염분, 파고 등 다양한 정보를 제공받을 수 있다. 실시간 파고 높이를 알고 싶다면 [그림 1]과 같이 ‘항목선택’에서 ‘파고’ 메뉴를 선택하면 국내 바다에 설치된 조위관측소(2개소), 해양관측부이(36개소)에서 측정된 파고 정보를 확인할 수 있다. 전라남도 지역의 관측소는 진도 ‘우이도’와 완도 ‘생일도’에 설치되어 있고, 해당 지역을 선택하면 해당 시점의 파고 높이 정보를 확인할 수 있다.

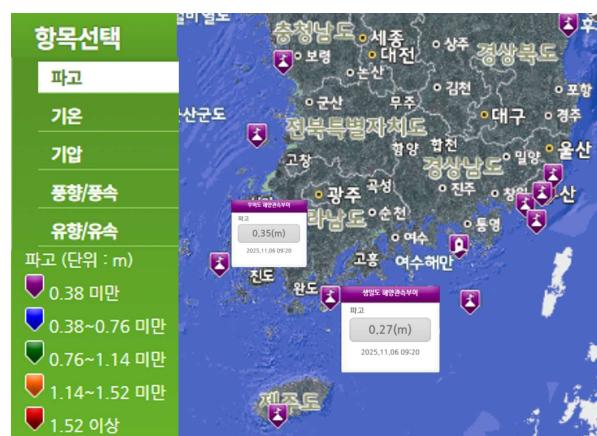


그림 1. 바다누리 파고 정보(화면 캡처 후 편집)

또한 ‘해양정보 다운로드’에서 자료검색도 가능하며, ‘OPEN API’ 이용약관에 동의하면 API 서비스를 통해 해양 정보를 XML 또는 JSON 형식으로 제공받아 연구에 활용할 수 있다. 그러나 관측을 위해 설치된 부이는 넓은 바다에서 수집된 정보로 연안 어업이나 양식업 어민들에게 직접적인 연관성이 있는 마을 앞 바다 정보 제공에는 한계가 있다. 따라서 시시각각 변하는 파고 정보, 바닷물 수온, GPS 정보 등 생활과 밀접한 해양 정보를 실시간으로 제공받아 어구의 위치를 파악하거나 양식장의 현재 상황을 실시간으로 관찰할 수 있는 생활형 저가의 보급형 부표 개발이 필요하다.

본 연구는 바다 양식장 등에 IoT 기능을 가진 저가형 부표를 설치하여 수온, 파고, 위치 데이터

* <https://www.khoa.go.kr/oceangrid/khoa/intro.do>

등을 수신하여 수집된 데이터를 분석하고 직접 어민들이 스마트폰 앱으로 볼 수 있도록 하는 부표 정보를 통해 바다 환경 모니터링이 가능해지게 하고, 이를 통해 다양한 바다 환경 변화에 대응할 수 있는 역량을 키우고 동시에 어민들의 어업활동에 도움이 되는 정보를 제공하고자 한다.

2. 주요 연구 내용

가. 시스템 구성도 및 모듈 설계

본 연구에 적용한 시스템 구성도는 [그림 2]와 같다. 앤드디바이스(IoT 부표)는 센서와 무선 데이터 전송하기 위한 LoRaWan으로 구성한다. 게이트웨이는 앤드디바이스에서 보낸 신호를 받아 네트워크 서버로 전달하고 서버에 전송된 데이터를 유효성 등을 검증하여 어플리케이션에서 응용 서비스를 제공하게 된다.

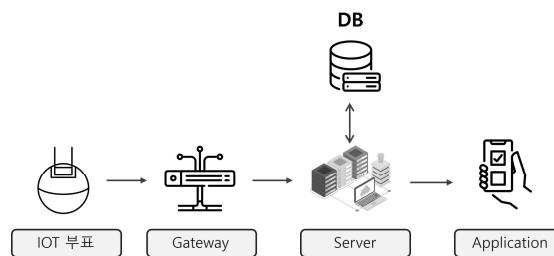


그림 2. 시스템 구성도

(1) IoT 부표 회로도 및 요구사항

LPWAN 통신 기반 IoT 부표는 LoRa 통신 모듈을 사용하였고, 온도, 파고 높이 측정용 고도, 위치추적 등 센서로 구성하여 [그림 3]과 같은 제작 회로도로 제작하였다. 마이크로 컨트롤러 ATmega328 AU(MCU) 보드를 적용하여 센서 데이터를 읽고 LoRa 모듈을 제어하여 데이터를 전송 명령을 처리한다. LoRa 모듈은 MCU에서 명령을 받아 부표의 위치, 센서값을 송신하는 기능과 게이트웨이로부터 원격 제어 명령, 설정 변경과 같은 데이터를 수신하는 역할을 담당한다.

모듈 2개를 이용하여 송신과 수신을 분리하여 데이터 전송 중에도 명령 수신과 같은 기능을 방해 없이 항상 수신 대기 상태를 유지할 수 있도록 하였다.

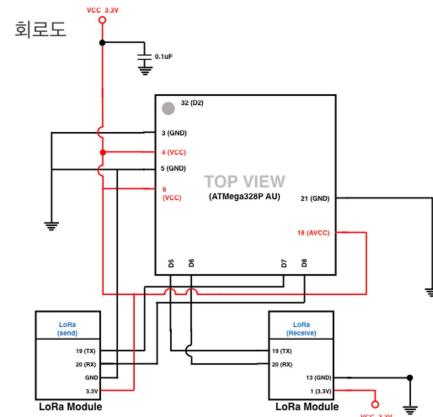


그림 3. IoT 부표 회로도

국내 통신법을 준수하기 위해 데이터 송수신을 위한 주파수 대역은 922.30MHz를 사용하였다. 전원 공급이 원활하지 않은 부표의 설치 환경을 고려하여 태양광 패널을 이용한 충전식 전원과 저전력을 위한 슬립 상태를 활성화하여 전력 손실을 최소화하고, 동시에 안정적인 전원 공급을 위해 레귤레이터를 장착하였다. ATMega328P MCU 기반으로 제작하였다[그림 4].



그림 4. IoT 모듈

전원 공급을 위한 태양광 패널을 이용한 배터리 충전을 통해 부표에 태양광으로 자체 전원을 제공하기 위해 설계 [그림 5]와 같은 전원 설계를 별도로 구성하였다.

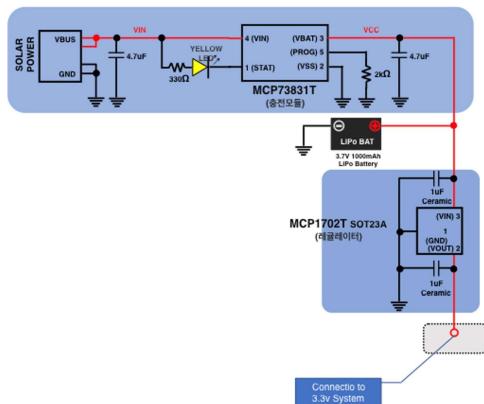


그림 5. 부표 전원 공급 회로도

전원 입력부인 태양광 패널(Solar Power)와 배터리 충전부인 MCP73831T와 레귤레이터를 사용하여 안정적인 전원을 공급하기 위한 장치 설계이다.

부표 데이터 송수신을 위한 요구사항으로 PLM-100 LoRa 모듈을 채택하고, UART1을 사용하여 TXD(transmit data out put), RXD(receive data input)를 설정하였다. 사용된 부품 구성은 <표 1>과 같다.

표 1. 사용 부품

순번	명칭	개수
1	ATMega328P-AU	1
2	PLM-100	2
3	MAX6675 k	1
4	BMP280	1
5	GPS	1
6	Solar Panel	1
7	LipoBattery 1,000mAh	1
8	Recharge Module	1
9	Coaxial Cable	1
10	Antenna	1
11	부표	1

(2) LoRa 모듈 세팅 및 AP 모듈 개발

IoT 부표와 서버 통신 AP 모듈 프로그램 언어는 C/C++을 사용하였고, AT Command 사용이 가능하도록 프로그래밍하였다. LoRaWan 통신과 GPS의 시리얼 통신에 병목현상이 없도록 구성하였으며 BaudRate는

115200을 넘지 않도록 하였는데 이는 Internal clock 8MHz MCU가 115200 이상을 지원하기 않기 때문이다. 또한 통신 파라미터 최적값을 구성하여 데이터 손실을 최소화하였다.

모듈 LPP Time 개발을 위한 파라미터는 Spreading Factor, Code Rate, Probe Period, Listen Timeout, TX Timeout, RX Timeout, RX Wait Timeout 등 7가지로 하였다.

표 2. AP 개발 요구사항 및 주요 내용

요구사항	주요 내용
Embedded 개발	-프로그래밍 언어: C/C++ -Sleep Mode -인터럽트를 이용한 Wake up -End Device 수신 Data 파싱 -데이터 송신 개발 -온도, 위치(고저), 위치(GPS) Data 송수신
Module LPP Timer 개발	-AT 커멘드 모드 -Baud Rate 115200 이하 -7개 setting 값 개발

타이머 개발은 LoRa 모듈 PLM-100 제조사의 매뉴얼을 적용할 때 통신이 불가능하여 자체 Timer 값을 설정하여 안정적인 데이터 송수신을 위한 LPP Timer 최적값을 <표3>과 같이 설정하였다.

표 3. End Device LoRa 모듈 LPP Time

연번	parameter	value
1	Frequency	922.30
2	Spreading Factor	7
3	Code Rate	4/8
4	Probe Period	3000ms
5	Listen Timeout	3300ms
6	Tx Timeout	632ms
7	Rx Timeout	465ms
8	Rx Wait Timeout	30ms

본 연구에서 사용한 LoRa 모듈 PLM-100 설정 값으로 콘솔 Baud Rate는 115200, UART Baud Rate는 9600으로 설정하였으며, SF(Spreading Factor)는 12로 하였다. 또한 빈도수(Frequency)는 922.30MHz로 대기시간 초과, 즉 서버에서 응답하기까지의 정해진 시간을 경과한 오류 발생에 대한 Listen Timeout은 3,300ms로 설정하였다. [그림 6]은 AT-Command로 설정한 보드 구성 결과값을 화면 캡처한 것이다.

```
=====
Board configuration
-----
Model : PL-EVK1
HW version : 0.2
FW version : 1.06
Lib version : 0.9.2
Manufacturer : PLNetworks
EUI : 14:0c:5b:ff:1f:98:ba
PAN ID : 0x0002
Console BaudRate: 9600
U-UART BaudRate: 9600
AES Enable : Disable
AES KEY :
pl_proto enable : 0
-----
RF Configuration
-----
Radio Modem : LORA
Frequency : 922.30
Preamble Len : 8
Sync word : 0x12
Spreading Factor: 12
bandwidth : 125KHz
code rate : 4/8
Output Power : 14dBm
PA Boost Mode : ON
-----
LPP Configuration
-----
Probe Period : 3000ms
Listen Timeout : 3300ms
TX Timeout : 14039ms
Rx Timeout : 13380ms
Rx Wait Timeout : 700ms
Radio always on : ON
Reries : 0
Sender Init Tx : ON
=====
```

그림 6. LoRa PLM-100 보드 설정 화면

센서 데이터 취득 후 데이터 송신을 위한 모듈과 데이터 송신 후 저전력을 수행하는 모듈 20분 슬립 방식 이후 다시 센서 데이터 취득 수 데이터를 송신하는 Loop으로 구성하였다. IoT 부표와 서버 통신을 위한 LPWAN 통신 기반 AP 모듈 코드는 다음과 같이 코딩하였다

```
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  L1Serial.begin(9600);
  L2Serial.begin(9600);
```

```
  Serial.println("AIcommand");
}

void loop() {
  L1Serial.listen();
  while(L1Serial.available() ) {
    Serial.write(L1Serial.read)
  }
  L2Serial.listen();
  .. 이하생략.
```

나. 부표 제작 및 테스트

(1) IoT 부표 시제품

부표는 주로 바다에서 사용되기 때문에 부식에 강한 플라스틱 재질로, 원통형으로 제작하였다. 구 상단에 데이터 송수신을 위한 안테나와 전원 공급을 위한 태양광 패널을 배치하였고, IoT 모듈은 내부에 고정하고 부식 방지를 위해 원통형 내부에 배치하여 [그림 7]과 같이 제작하였다.



그림 7. 부표 시제품

부표와의 통신을 위한 데이터 레코드는 다음과 같은 형식으로 구성하였다. AT+DATA 명령으로 8바이트 크기 데이터 뮤음을 LoRaWan 서버로 전송하는 명령과 데이터 수신 여부를 확인하는 필드와 각 센서 필드 값으로 구성한다.

표 4. 데이터 레코드 구성

레코드 필드	설명
AT+DATA=값	데이터 뮤음을 LoRaWan 서버로 전송 명령
RECV	메시지 성공적 수신 여부
H	높이(파고 높이 측정)
TEM	센서(온도 측정)
GPS	센서(위치 정보 측정)

수신된 데이터는 다음과 같이 구성된다.

AT+DATA=140C5BFFFF1F910C,
RECV:00019f:-116;H:21,TEM:20, GPS:35.02/126/77

수신된 데이터의 첫 번째 필드는 통신 모듈을 제어하기 위한 표준 명령어 집합을 알리는 신호인 'AT'와 데이터를 보내는 구체적인 동작을 지정하는 '+DATA'로 데이터 내용물을 구성되었다. '140C5BFFFF1F910C' 값은 데이터를 보내는 엔드디바이스와 서버 간의 데이터 스키마로 센서 '고유 ID' 등과 같은 사전에 정의된 값을 지정한다. 두 번째 필드 값은 데이터 수신 여부를 확인할 수 있는데 '00019f'는 3바이트를 수신하였고, -116은 수신된 신호의 강도를 나타내며 단위는 dBm이다. 즉, -116 dBm의 강도로 수신되었음을 의미하고 LoRaWan 기술 자체가 매우 낮은 신호에서도 통신이 가능하도록 설계되어 있기 때문에 정상적인 통신 범위이다. 또한 이 값은 업 링크에 대한 서버의 응답이다. 나머지 3개의 필드 값은 센서(파고 높이)를 측정하는 고저, 온도, GPS)에 대한 수신 값을 의미한다.

(2) 필드 테스트

실증테스트는 해양 지형과 내륙에서 진행하였다. 해양 테스트 지역은 전라남도 신안 중도 갯벌 도립공원과 갈마섬 방파제 두 지점에서 진행하였다. 개발된 부표의 내부 센서와 용도를 변경하여 내륙의 양식장 또는 작물 재배용 비닐하우스 등에서 응용 가능성을 점검하기 위해서다.

[그림 8] 두 지점의 직선거리 구간(총 직선거리 2.52km)으로 도보로 37분 거리이며 자전거로

약 9분 정도 구간에서 진행하였다.

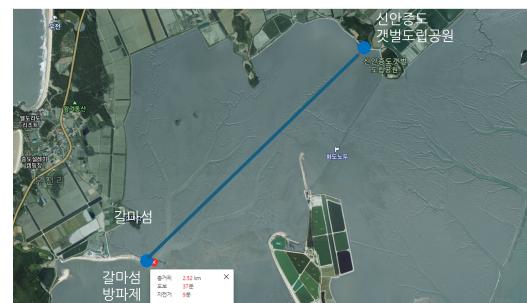
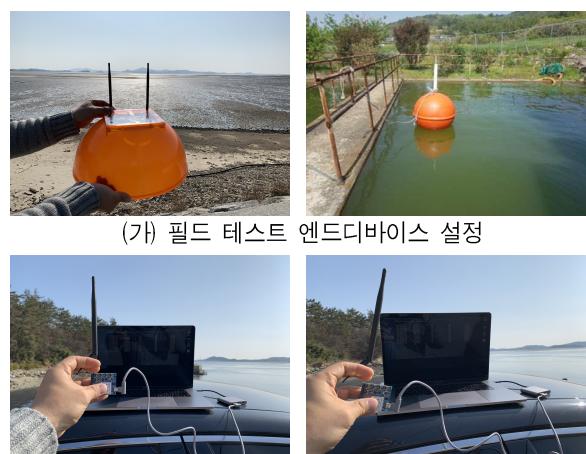


그림 8. 해양 필드 테스트 구간



(나) 필드 테스트 게이트웨이 설정

그림 9. 해양 필드 테스트

실증테스트에서 수신용 게이트웨이는 차량에 장착하여 이동하면서 데이터의 수신 여부를 확인하였다.

육지 테스트에서 엔드 장치(End Device)의 위치는 전남 무안군 몽탄면 호반로 562-15에 게이트웨이(Gateway Device) 위치는 몽탄면 당호리 875-220에 설정하여 진행하였다. 직선거리는 4.64km, 시간은 60분 동안 진행하였다.



그림 10. 육지 필드 테스트 구간

End Device와 Gateway Device 설정값은 다음과 같다.

End Device & Gateway Setting
BaudRate: 115200, Frequency : 922.30,
Spreading Factor : 12, Code Rate : 4/8,
Probe Period : 3000ms, Listen Timeout : 3300ms,
Tx Timeout : 14039ms, Rx Timeout : 13380ms

실증테스트를 통해 부표와 게이트웨이 사이에 다음과 같이 정상적인 데이터 수신을 확인하였다.

RECV:00019f:-113;TEM:12,HUM1:33,TEM2:20,MQ02:71, MQ04:90, DUST:0, FLAM:0

III. 결 론

사물인터넷(IoT)은 농수산업 분야에서 농장이나 양식장의 환경, 작물의 생육 데이터를 실시간으로 수집하고, 분석한 결과를 토대로 생산성을 높이거나 운영 효율성 극대화에 기여하고 있다. 특히, 실시간 모니터링으로 비닐하우스의 온도, 습도, 이산화탄소 농도, 양식장의 수온, 산소 등 센서로 수집된 실시간 정보를 통해 현장에서 문제가 발생하면 빠르게 감지하고 대응할 수 있는 체계를 구축할 수 있다. 또한 해상 양식장에서 설치된 부표 등에 설치된 다양한 센서를 통해 수온, 염분 데이터 등을 수집하고 수중 카메라로 양식장의 어류 활동성을 실시간으로 관찰하면서 원격 조작을 통해 사료 주기 등으로 인력을 효율적으로 사용할 수 있도록 하며, 돌발 상황에 대비할 수 있는 역량을 키운다. 특히, 기후변화에 따른 수온 변화와 적조(赤潮)와 같은 자연재해가 잦아지고 피해도 커지고 있어 적절한 해양환경 모니터링으로 대응체계의 구축이 필요하다.

본 연구는 저가 보급형 IoT 부표를 개발하여 연안 양식장 및 어민들에게 수시로 변화하는 해양환경에 대응할 수 있게 하며, 모니터링을 통해 어구(漁具)의 망설과 도난으로부터 재산 손해를 최소화할 수 있는 생활형 기술 개발로 그 의의가

있다고 할 수 있다. 바다의 수온, 파고, 염분, GPS 정보 등 다양한 데이터를 측정할 수 있는 센서를 부착하고 실시간으로 센서와 서버 간 양방향 메시지 전송을 현장 테스트를 진행하여 안정적인 데이터 송수신을 확인하였다. 이미 보급된 IoT 부표에 비해 저가형 보급이 가능하고 어민들의 어로 활동에 활용할 수 있는 생활형 기술로 의의 있다고 할 수 있다.

REFERENCES

- [1] 구성완, 류대우, “IoT 환경에서 LoRa 모듈의 장시간 사용을 위한 전류소모량 개선 방안,” 디지털콘텐츠학회논문지, 제23권, 제7호, 1307-1313쪽, 2022년 7월
- [2] 국가기후기술정보시스템, 국내외 동향 정보자료 <https://www.ctis.re.kr/ko/> (accessed Oct., 11, 2025).
- [3] 전라남도 누리집, 해양수산통계자료 <https://www.jeonnam.go.kr/> (accessed Oct., 11, 2025).
- [4] 횡병현, 노미진, “YOLO 모델별 독성 해양 생물 탐지 성능 비교 및 스마트 수산 기술 적용 가능성 탐색,” 스마트미디어저널, 제13권, 제11호, 22-29쪽, 2024년 11월
- [5] SKT‘수중 통신망 기술’로 바닷속 오염 감지(2021), <https://www.hankyung.com/article/202108261036i> (accessed Oct., 11, 2025).
- [6] 신희철, 백승재, “해양 환경 모니터링을 위한 해양 IoT 플랫폼 개발,” 정보와 통신, 제40권, 제8호, 55-60쪽, 2023년 7월
- [7] IoT 기술로 폐어구 찾아 관리한다(2024), <http://www.haesanews.com/news/articleView.html?idxno=129985> (accessed Oct., 11, 2025).
- [8] Poonam Maurya, Abhishek Hazra. “A Comprehensive Survey of Data-Driven Solutions for LoRaWAN: Challenges and Future Directions,” ACM Transaction on Internet of Things, vol. 5, no. 1, pp. 1-36, 2025.

저자소개



문희열(정회원)

2021년 호남대학교 문화산업경영학과
학사 졸업.

2023년 전남대학교 지식재산융합학과
석·박사통합과정 재학.

<주관심분야 : 생성형 AI, 컴퓨터 그
래픽스, 데이터 분석, 행동유발 디자인>



정연철(정회원)

1991년 전남대학교 전산통계학과 학
사 졸업.

1993년 전남대학교 전산학과 석사 졸
업(이학석사).

2004년 전남대학교 전산학과 박사 졸
업(이학박사).

<주관심분야 : 컴퓨터 그래픽스, 생성형 AI, 디지털미
디어, 데이터분석, 콘텐츠 기획>