

어구 자동 식별을 위한 NB-IoT 기반의 해양 트래커 부이 시스템의 전력 절감

Power Save of Marine Tracker Buoy System Based on NB-IoT for Identification of Fishing Gear

남성일 · 김민훈
네스랩(주)

Sung-II Nam · Min-Hoon Kim

NessLab Co. Ltd., Deajeon, 34028, 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. 그 중 트래커 해양 부이 시스템은 사물 인터넷 기반의 통신 기술 중 하나인 NB-IoT 통신을 이용하여 부이의 위치 및 수집된 상태정보를 관제센터에 전송하는 시스템으로써 장시간 해상에 배치되어 운용된다. 본 논문에서는 해양 트래커 부이 시스템을 저전력으로 운용하기 위한 알고리즘을 제안하고, 제안하는 알고리즘에 따라 설계 제작된 부이 장치의 소비 전류를 측정하고 그 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. The marine tracker buoy system, which is placed on the water for a long time, transmit the position data and the state data of the buoys to the control center in the ground by using NB-IoT channels. In this paper, we propose the algorithm for the low-power operation of the marine tracker buoy system is proposed and test results of current consumption in the marine tracker buoy system with the proposed algorithm is investigated.

Key word : Low-power operation, Buoy, Fishing gear, NB-IoT, Marine IoT.

<https://doi.org/10.12673/jant.2018.22.6.545>



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 29 November 2018; Revised 28 November 2018

Accepted (Publication) 20 December 2018 (30 December 2018)

*Corresponding Author; Sung-II Nam

Tel: +82-42-867-1081

E-mail: nsi3616@nesslab.com

I. 서론

4차 혁명을 선도할 수 있는 핵심 기술들 중에 사물 인터넷 (IoT; internet of things)은 가장 적용 범위가 넓은 것으로 예상되는 기술이다. 그리고 현재 다양한 산업 분야에서 융합의 형태로 진화되어 가고 있다. 이런 상황 속에서 IoT를 해상과 어업에 적용하려는 시도를 눈여겨보아야 한다 [1]. 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 [2]-[4].

1993년 국제연합식량농업기구 (FAO; Food and Agriculture Organization)는 ‘책임 있는 수산업 규범’을 마련하기 위해 어구표식의 기술적인 권고안을 수립하였다. 우리나라는 2005년 7월 1일 ‘어업허가 및 신고 등에 관한 규칙’ 개정으로 근해어업, 연안어업, 구획어업 일부에 대해 어구실명제를 규정하였다 [5]. 또한 우리나라 해양수산부는 ‘생애주기별 어구관리 방안’을 2015년 10월 23일 발표하였고 어구 관리법 제정을 현재 추진 중에 있다. 이러한 상황에서 해양수산부, 미래창조과학부 등 관련 부처와 기관, 그리고 업체를 중심으로 전자 어구 실명제가 제안되고 있고 이를 구현하기 위한 다양한 기술적 시도가 이루어지고 있다.

어구 실명제는 바다에 설치된 어구·어망에 부표 또는 깃발을 설치하여 소유자 어업허가 사항을 표시하는 제도로 어구의 실시간 자동식별로 어업경영의 합리화 및 어업분쟁을 해소하고, 적정 어구 설치에 의해 어획 노력량을 제한함으로써 남획 및 불법 어업 방지하며, 동일 어장 내에 어구의 중복 설치, 도난 어구 관리로 어업인 간의 어업 분쟁 해소하며, 폐(유실) 어구의 효율적 관리로 어장 환경 개선 및 어업인의 소득을 증대하는데 목적이 있다.

지금까지의 어구 자동식별 부이는 GPS를 이용하여 위치를 확인한 후 그 자료를 무선통신으로 사용자에게 보내는 것이 주요 기능이었다. 폐어구들에 의해 발생하는 유령어업 피해와 환경오염 방지를 위해 해양수산부의 전자어구 실명제가 국무회의를 통과하면서 기존 방식과는 차별성이 있는 어구관리 시스템 구축이 필요한 실정이다. 이는 실시간으로 관리할 수 있는 기술은 어구의 위치, 어구의 유실 상태 여부를 지속적으로 상위 관리장치로 전달하고 저장 및 분석하는 IT 기술의 접목이 필요함을 의미하고, 실시간 관리의 개념은 빠르게 수 만개 이상의 어구와 부이 접속하여 멀리 (20 km 이상을 서비스하는 광대역) 그리고 오랜 시간 (Battery 교체 없이 구동시간) 서비스를 제공하는 5G 개념의 무선통신을 의미한다. IoT 분야의 핵심 기술인 저전력 광대역 서비스 제공 (LPWA; low power wide area)은 IoT 기술이 산업 다방면에 응용 및 확대될 수 있도록 전 세계가 관심을 기울이고 있다. LPWA 기술은 20 km

이상을 저전력으로 통신할 수 있는 장점으로 가장 먼저 해상 안전 분야를 중심으로 적용되었고, 이후 수산 및 해상 산업분야로 응용을 확대하고 있는 추세이다. LPWA는 sub-GHz 대역을 사용하여 낮은 데이터 전송률, 저전력, 낮은 through-put의 응용 분야를 가질 수 있다는 특징이 있다 [6]. LPWA의 특징 중 저전력 (low-power)는 송출되는 신호의 전력이 낮다는 것을 의미한다. 신호의 송출 전력이 낮으면 시스템 전반의 소모 전력이 낮아져서 운용 시간을 늘릴 수 있지만 해상에서 신뢰성과 항상성을 갖는 어구의 위치와 상태를 모니터링 하기 위해서는 배터리의 사용 시간을 가능한 한 최고치로 늘려야 한다.

본 연구는 LPWA 기술 중 하나인 NB-IoT 통신을 이용하여 어구의 위치 및 상태 정보를 관제센터에 전송하는 트래커 해양 부이 시스템의 운용 시간 증대를 위한 저전력 운용 알고리즘을 제안하고자 한다.

II. IoT 기반 어구 자동 식별 시스템의 구성

IoT 기반 어구 자동 식별 시스템은 그림 1과 같이 부이 장착용 무선 디바이스, 어선용 무선 노드, 관리 선박용 무선 라우터로 구성된다. 본 연구에서는 미래 지향적인 NB-IoT 방식을 해상 IoT 망 주 통신 방식으로 결정하고 LoRa 기술이 적용되는 LPWA 방식을 해상 IoT 망 보조 통신 방식으로 결정하여 개발하였다.

어선용 무선 노드는 육상 통합 기지국으로부터 20 km 거리 내에서 NB-IoT 망을 이용하여 어선 소유의 부이 위치 정보를 수신하고 어선에 장착된 어구 식별 장치에서 수집하는 어구 정보를 육상 통합 기지국에 전달한다. 어선용 무선노드에 장착되는 LPWA 통신 모듈은 상위망 연동 없이 어구 자동 식별 부이의 무선 디바이스로부터 정보를 직접 수신 가능한 D2D 서비스를 제공한다. 관리 선박용 무선 라우터는 육상 통합 기지국으로부터 20 km 거리 내에서 LTE 망을 이용

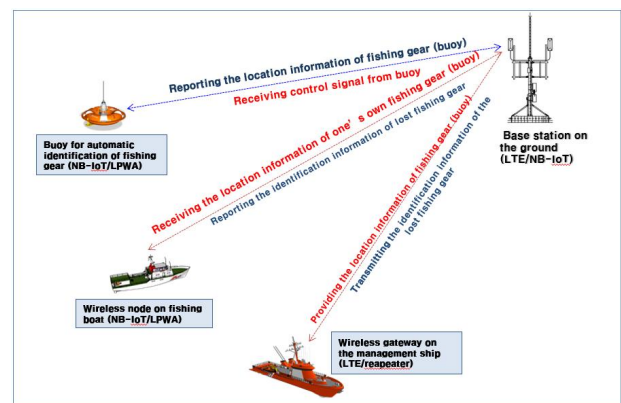


그림 1. IoT 기반 어구 자동 식별 시스템의 개념 및 구성도 [1]

Fig. 1. The concept and configuration of the identification system of fishing gear based on IoT [1].

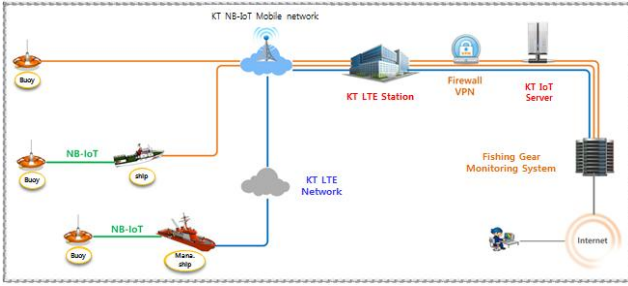


그림 2. 어구 자동 식별 부이의 정보 전송 체계
 Fig. 2. The information transmission system of the buoy for identifying fishing gear.

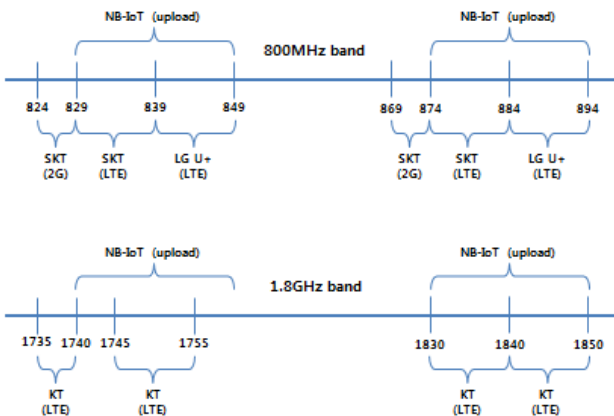


그림 3. 국내 LTE/NB-IoT 주파수 할당
 Fig. 3. The frequency allocation of LTE/NB-IoT of Korea.

하여 관리 선박이 관리하는 영역 내 모든 부이 위치 정보를 수신하고 관리 선박에 장착된 어구 식별 장치에서 수집하는 어구 정보를 육상 통합 기지국에 전달한다. 관리 선박용 무선 라우터가 송수신하는 어구 및 부이 정보가 매우 많기 때문에 (수 천개 ~ 수 만개) NB-IoT 망만으로 통신을 수행하기엔 용량이 부족하여 LTE 망을 이용한다. 관리 선박용 무선 라우터의 통신 모듈은 NB-IoT 서비스 망 확장을 위해 NB-IoT 중계기 기능을 추가로 구현할 수 있다.

그림 2는 어구 자동 식별 부이가 KT의 NB-IoT 망을 이용하여 육상 통합 기지국으로 정보를 전달하면 KT IoT 서버를 이용해 정보를 수신하고 어구 관리 육상 관제 시스템에 해당 정보를 전달하는 어구 자동 식별 부이의 정보 전송 체계를 나타낸 것이다. 어구관리 육상 관제 시스템에서 수집한 어구 자동 식별 부이의 정보는 KT NB-IoT 망을 이용하여 주변 어선에게 전달하고, 어선은 수신된 부이 정보를 이용하여 해당 부이와 유실 어구를 식별한다. 어구 관리 육상 관제 시스템에서 수집한 어구 자동 식별 부이의 정보는 KT LTE 망을 이용하여 주변 관리 선박에 재전달한다. 관리 선박은 수신된 부이 정보를 이용하여 해당 부이와 유실 어구를 식별하고, 어선과 관리 선박에 장착된 유실 어구 식별 장치에서 수집한 유실 어구 정보는 역순으로 육상 관제 시스템에 전달한다.

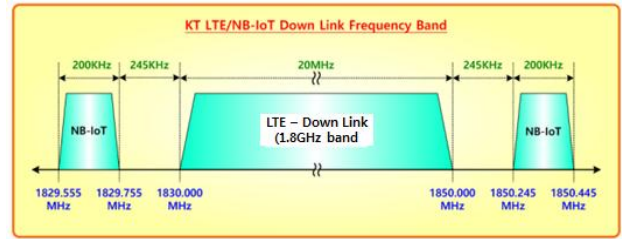


그림 4. LTE 대역 내에서의 NB-IoT 주파수 할당
 Fig. 4. The frequency allocation of NB-IoT within LTE band.

NB-IoT는 아래 그림 3과 같이 국내 이동통신 3사의 서비스 주파수가 확정되었다. NB-IoT는 LTE 대역의 guard band에 200 kHz 대역폭을 가진 carrier를 이용하여 IoT 서비스를 제공한다 (그림 4). 그림 3의 주파수 분배를 보면 SKT 보다 KT와 LGU+가 NB-IoT 서비스 제공이 유리하도록 LTE 주파수를 확보하고 있음을 알 수 있다.

III. 부이 장착 NB-IoT 단말 구조와 저전력 운용 알고리즘

본 논문에서는 그림 1의 전체 구조 중 부이 장착용 무선 디바이스 중 NB-IoT 통신 모듈의 장시간 사용을 위한 저전력 운용 알고리즘을 제안하고, 제안된 내용의 검증에 의해 알고리즘이 적용되어 설계 제작된 부이 장착용 무선 디바이스의 소모전류 시험 결과를 비교 분석해 보았다.

저전력 운용을 위해 통합 제어 임베디드 H/W와 S/W 개발하여 적용하는 방법으로 진행하였다. 부이의 저전력 운용은 통신 모듈에 해당되도록 설계·제작하였다. 저전력 운용 통합제어 임베디드 H/W의 구조는 아래 그림 5와 같고 다음과 같이 설계를 진행하였다.

- 저전력 운용을 고려한 통합 제어 S/W 탑재 [MCU].
- NB-IoT 통신 모듈, GNSS 모듈, 야간식별 LED 장치, 관리 시스템 연동 등에 대한 통합 제어/운용
- LED 장치 운용/제어 기술 탑재
- 도난, 유실 감지 관련 시스템과의 연동 지원
- 25 km 이상 NB-IoT 통신 거리
- GNSS 모듈 통합 : GNSS 오차 2.5m 이내

개발 목표로 한 이용 통신 모듈의 750 시간 이상 지속 운용을 위한 세부적 설계 방안은 다음과 같다.

- NB-IoT 통신 모듈 소모전력 산출
 - 1분 간격 50Byte 데이터 송신기준 5.4 A/H
- GNSS 소모전류 산출
 - 1분 간격 GNSS 운용 시 9.1659 A/H
- LED 등 소모전류 산출
 - 1분 간격 점등 운용 시 1.335 A/H

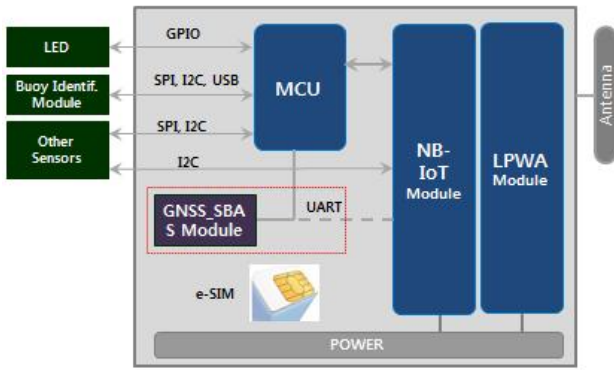


그림 5. 저전력 운용 통합 제어 임베디드 하드웨어
 Fig. 5. The configurations of the combined control embedded H/W for low-power operation.

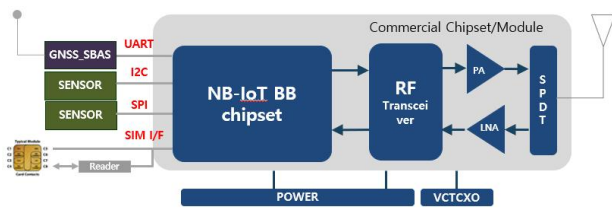


그림 6. 부이 장착 NB-IoT 단말 구조
 Fig. 6. The configurations of NB-IoT terminal built in buoy.

그림 6은 본 연구에서 설계한 부이 장착 무선 디바이스용 NB-IoT 단말의 구조이다. NB-IoT 모듈은 GPS 모듈로부터 얻은 위치 정보와 센서 모듈로부터 얻은 어구 상태 정보를 프레임화하여 육상 통합 기지국으로 송출한다. 본 연구에서 사용한 NB-IoT 칩셋은 Sercomm사의 TPB21 칩셋이다.

그림 7은 부이 장착 무선 디바이스를 구성하는 기능별 모듈 구조를 나타낸 것이고, 그림 8은 부이 장착 무선 디바이스의 저전력 운용을 위한 각 모듈 간의 제어 흐름을 나타낸 것이다. 무선 디바이스의 저전력 운용을 위해 시스템 운용 관리 모듈 내에 독립적으로 저전력 운용 서브 모듈을 구성하였다. 본 논문을 통해 제안하는 부이 장착 무선 디바이스의 저전력 운용을 위한 그림 7의 모듈 간의 동작 알고리즘은 그림 9에 정리하였다.

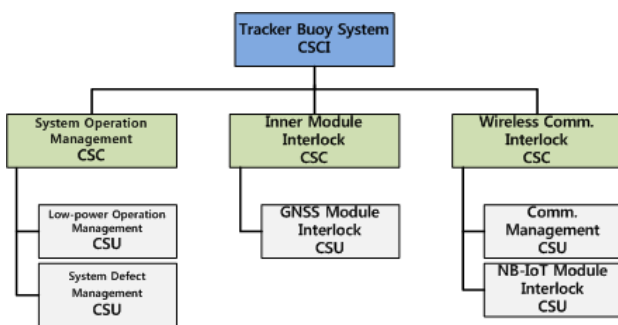


그림 7. 부이 장착 NB-IoT 단말의 기능 구조도
 Fig. 7. The functional configuration of NB-IoT terminal built in buoy.

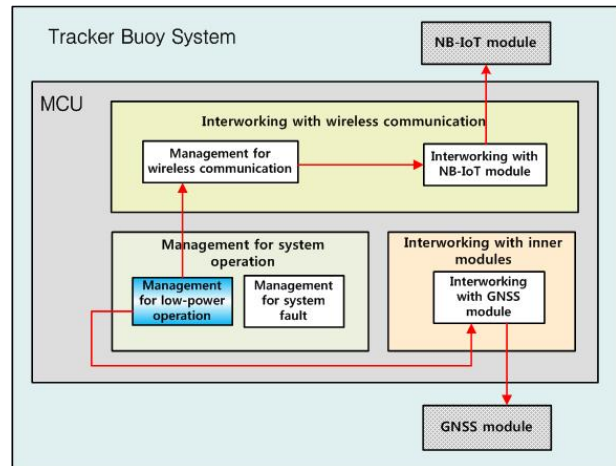


그림 8. 부이 장착 NB-IoT 단말의 저전력 제어 실행 절차
 Fig. 8. The control sequence for low-power operation of NB-IoT terminal built in buoy.

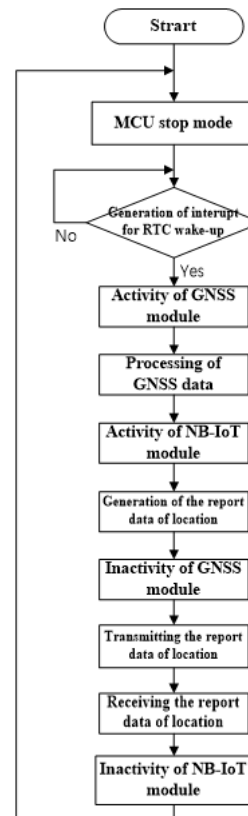


그림 9. 부이 장착 NB-IoT 단말의 저전력 운용 알고리즘
 Fig. 9. The low-power operation algorithm of NB-IoT terminal built in buoy.

전체적인 알고리즘은 다음과 같다. 부이 장착 무선 디바이스에 전원이 인가되면 부이 시스템 초기화를 완료한 후 MCU (micro controller unit) stop모드에 진입한다. 그 후, 최초 위치보고 생성 시점을 기준으로 위치보고 생성 주기인 5분 단위로 위치보고를 생성한다. MCU는 위치보고 생성 시점으로부터 30초

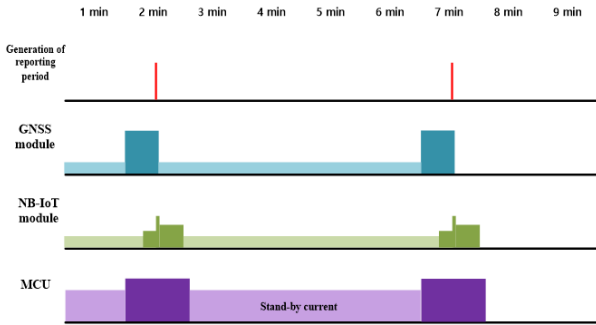


그림 10. 저전력 운용 시 각 모듈의 전력 소모
 Fig. 10. The power consumption of each modules under low-power operation.

전에 RTC가 자체적으로 발생시킨 인터럽트에 의해 wake-up이 되고 GNSS 모듈을 활성화시킨다. 활성화된 GNSS 모듈을 통해 여러 위성들의 신호를 추적하여 위치보고 데이터 생성 전까지 수집된 GNSS 데이터를 처리하여 현재 시간정보 및 가장 근접한 위치정보를 확보한다. 그리고 NB-IoT 모듈을 활성화시켜 NB-IoT 재등록을 통해 통신을 재개한다. 기 예약된 시간에 위치보고 데이터를 생성 후 GNSS 모듈을 비활성화시킨다. 기 생성된 위치보고 데이터를 NB-IoT모듈을 통해 송신하고 그에 대한 응답을 수신 후 NB-IoT 모듈을 비활성화시킨다.

그림 10은 그림 9의 저전력 운용 알고리즘을 운용할 때 주기 보고 생성 시점을 기준으로 1 Cycle 동작 시 각 저전력 제어기가 수행되는 모듈들의 전력 소비 상황을 상대적 수치로 표현한 것이다. 그래프 시작점에 전력 소비가 존재하는 이유는 각 모듈별 PSM (power save mode) 모드로 동작한다 하더라도 일정 수치의 대기 전류가 소모되기 때문이며, 그 이후는 저전력 운용 알고리즘에 따라 활성 및 비활성 이벤트에 따라 가변적으로 소모된다. GNSS 모듈은 위치 보고 생성 30초 전부터 활성화되어 위치보고 생성 시까지 활성화된다. 또한 NB-IoT 모듈은 NB-IoT 모듈 활성화 후 NB-IoT 재등록을 수행하고 위치보고 데이터를 무선으로 송신한 다음 30초간 수신 대기 후 모듈을 비활성화된다. MCU는 RTC에의 한 wake-up 시부터 모든 저전력 제어가 완료될 때까지 활성화 후 stop 모드로 전환된다. 위 그림에서 각 모듈은 stand-by 전류에 의해 약간의 소모 전류가 발생되지만 그림 9의 알고리즘이 적용되면 각 모듈의 stand-by 전류가 줄어들게 된다.

IV. 부이 장착 NB-IoT 단말의 소모 전류 측정 시험

본 연구를 통하여 설계 제작된 부이 장착 무선 디바이스의 시나리오별 소모전류를 측정하기 위하여 테스트를 수행하였다. 테스트를 수행하기 위하여 그림 11과 같이 부이 장착 무선 디바이스를 구축하였다. 무선 디바이스 구축에 사용된 모듈은

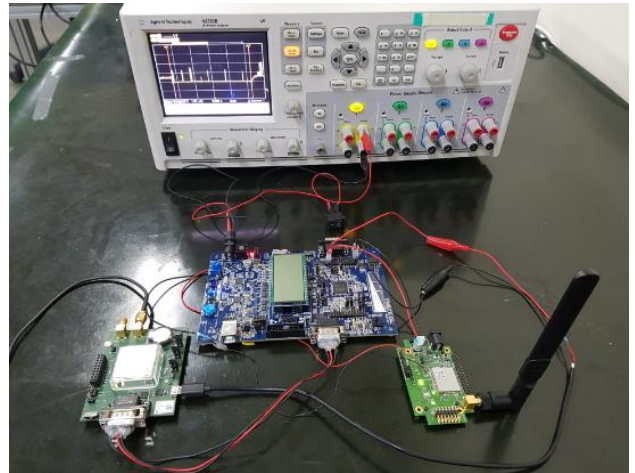


그림 11. 소모 전력 측정을 위한 시험 구성
 Fig. 11. The test setup for measurement of current consumption.

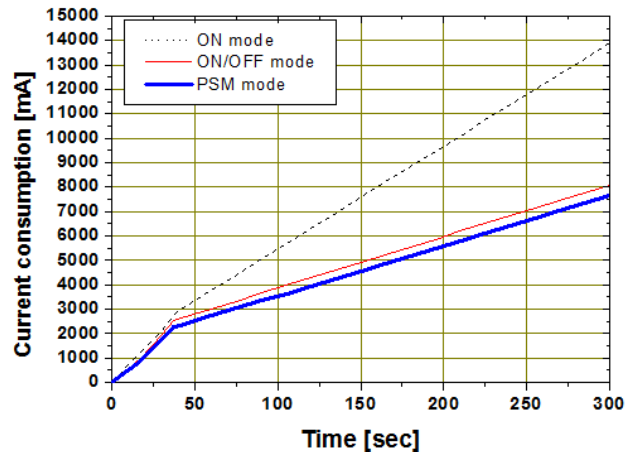


그림 12. 부이 운용의 3가지 시나리오에 대한 소모 전류
 Fig. 12. The current consumption of three scenarios of buoy operation.

다음과 같다.

- ① 시스템 제어 모듈 : MCU가 포함되어 있어 저전력 운용 알고리즘이 탑재되어 각 모듈별 저전력 제어 및 각종 데이터 처리 수행.
- ② GNSS 모듈 : 시간 및 위치정보 수신
- ③ NB-IoT 모듈 : NB-IoT 무선통신을 이용하여 데이터 송수신
- ④ GNSS 안테나 : 위성으로부터 GNSS 데이터를 수신하기 위한 안테나

그림 12는 본 연구에서 제안한 저전력 운용 알고리즘에 따라 설계 제작된 부이 장착 무선 디바이스의 소모 전류를 상태 보고 생성 주기 5분을 기준으로 3가지 시나리오로 측정된 결과를 나타낸 것이다. 그 중 첫 번째인 "ON mode"는 저전력 제어가 수행되는 모듈들을 항상 활성화시키는 모드이고, 두 번째인 "ON/OFF mode"는 저전력 제어 모듈들을 운용 타이밍을 이용

하여 활성화 및 비활성화를 제어하는 모드이며, 마지막 “PSM mode”는 저전력 운용 알고리즘 및 운용 타이밍을 활용한 운용 모드이다. PSM mode 시나리오에 적용된 모듈별 PSM 모드는 다음과 같다. GNSS 모듈은 cyclic tracking mode를 적용하였고 MCU는 DVFS (dynamic voltage and frequency scaling) 기법을 적용하였다. 그림 12는 각 시나리오 별로 운용한 경우에서의 시간에 따른 소모 전류를 측정한 것으로 “PSM mode”에서의 소모 전류가 “ON/OFF mode”, 즉 데이터 송출 여부에 따라 on/off로 운용되는 mode에 비해 다소 줄어드는 것을 확인할 수 있다.

V. 결 론

본 연구를 통해 LPWA 기술 중 하나인 NB-IoT 통신을 이용하여 어구의 위치 및 상태 정보를 관제센터에 전송하는 트래커 해양 부이 시스템의 운용 시간 증대를 위한 저전력 운용 알고리즘을 제안하였다.

부이 시스템에서의 저전력 운용을 위한 통합 제어 임베디드 H/W와 S/W를 통해 이루어졌고, 부이 통신 H/W를 구성하는 각 모듈 간의 제어 흐름에 따라 각 모듈에서 stand-by에 의해 소모되는 전류를 최소화하기 위한 제어 절차와 기준을 도출하고 적용하는 방법으로 저전력 운용 알고리즘을 구성하고 적용하였다.

또한 제안된 알고리즘에 따라 설계된 모듈들을 구성하여 소모 전류 시험을 3가지 모드에서 수행하여 제안된 알고리즘으로 동작 시 크지는 않지만 기존 ON/OFF 모드보다 전력 소모가 줄어드는 것을 확인하였다.

Acknowledgement

본 논문은 2018년도 정부(해양수산부)의 재원으로 한국해

양과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 20170388, 어구 자동 식별 모니터링 시스템 개발).

References

- [1] S. I. Nam and C. K. Kim, “Low power operation of NB-IoT based marine tracker buoy system,” in *2018 International Conference on Digital Contents*, Jeju: Korea, pp. 8-11, Oct. 2018.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] M. H. Jeon, Y. J. Jo, S. H. Kim and C. H. Oh “Design of GPS based LPWA module for marine IoT applications,” in *2018 International Conference on Future Information and Communication Engineering*, Pattaya: Thailand, pp. 161-164, June 2018.



남 성 일 (Sungil Nam)

1999년 2월 : 충남대학교 전자공학과 (공학사),
2002년 8월~2006년 1월 : 한국전자통신연구원 홈네트워크그룹 연구원,
2006년 5월~2010년 10월 : 서울통신기술(주) 네트워크사업그룹 선임연구원
2010년 12월~2012년 7월 : (주)창신정보통신 기술연구소 수석연구원
2012년 8월~현재 : (주)네스랩 HW개발팀 부장
※관심분야 : 임베디드 시스템, 사물인터넷 및 근거리 통신 기술

2001년 8월 : 충남대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)



김 민 훈 (Minhoon Kim)

2016년 2월 : 한남대학교 전자공학과(공학사)
2016년 1월~현재 : 네스랩(주) 사원
※관심분야 : 임베디드 시스템, 디바이스 드라이버, 어플리케이션