

## 임업인의 신체 이상 징후 실시간 감지 및 재해 조기경보 사물인터넷 구축에 관한 연구

박인규<sup>1\*</sup>, 함운철<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(주)티알 연구소장, <sup>2</sup>전북대학교 전자공학부 교수

### A Study on Real-Time Detection of Physical Abnormalities of Forestry Worker and Establishment of Disaster Early Warning IOT

In-Kyu Park<sup>1\*</sup>, Woon-Chul Ham<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Director of Research, TR Co., Ltd.

<sup>2</sup>Professor, Dept. of Electronic Engineering, Jeonbuk National University

**요약** 본 논문에서는 임업인의 신체 이상 징후를 실시간 모니터링하여 응급 조치를 수행함과 동시에 인근의 산불이나 산사태와 같은 자연재해 또는 열사병에 대한 알람을 제공하는 IOT 구축을 제안한다. 임업인에게 제공되는 노드에 6축 센서, 온도 센서, GPS, LoRa를 포함하도록 하고, LoRa 통신을 이용하여 측정된 데이터를 게이트웨이를 통해 네트워크 서버에 송신한다. 네트워크 서버는 6축 센서 데이터로 임업인의 신체 이상 징후 여부를 판단한 후 GPS 위치를 추적하여 응급 조치를 수행한다. 온도 데이터를 분석한 후 열사병 가능성이 있는 경우 또는 인근에서 산불 및 산사태가 발생했을 경우에 알람을 제공한다. 본 논문에서는 노드 및 게이트웨이를 제작하고, 네트워크 서버를 구축하여 얻은 데이터를 분석하여 임업인의 신체 이상 징후 실시간 감지 및 재해조기경보 IOT 구축이 가능함을 확인하였다.

**주제어** : 임업인, 실시간 이상 징후 감지, 재해 조기경보, LoRa, 사물인터넷

**Abstract** In this paper, we propose the construction of an IOT that monitors foresters' physical abnormalities in real time, performs emergency measures, and provides alarms for natural disasters or heatstroke such as a nearby forest fire or landslide. Nodes provided to foresters include 6-axis sensors, temperature sensors, GPS, and LoRa, and transmit the measured data to the network server through the gateway using LoRa communication. The network server uses 6-axis sensor data to determine whether or not a forester has any signs of abnormal body, and performs emergency measures by tracking GPS location. After analyzing the temperature data, it provides an alarm when there is a possibility of heat stroke or when a forest fire or landslide occurs in the vicinity. In this paper, it was confirmed that the real-time detection of physical abnormalities of foresters and the establishment of disaster early warning IOT is possible by analyzing the data obtained by constructing a node and a gateway and constructing a network server.

**Key Words** : Forestry Worker, Real-Time Anomalies Detection, Early Disaster Alerting, LoRa, IoT

\*Corresponding Author : In-Kyu Park(eleriron@hanmail.net)

## 1. 서론

### 1.1 연구 배경

강원도 정선군 임업인 후계자로서, 임산물 재배와 더불어 우려되는 부분이 항상 존재하고 있다.

즉, 갑작스러운 신체 이상이 발생하거나, 야생동물의 습격을 받았을 때, 또는 산불과 같은 자연재해가 발생했을 때 신속한 대처가 필요하게 된다.

통계청의 조사에 의하면, 2019년 농업 인구는 224만 명이고, 임업 인구는 17만 명으로 농업 인구의 약 7.5%에 해당한다[1].

또한 산림청의 조사에 의하면 2020년 주요 7개 업종 기준으로 조사한 전국의 전문 임업인 현황은 Table 1에 나타난 바와 같이 6만5천 명에 이른다[2].

Table 1. National Forestry Workers Status

Area	Total
Nationwide	65,918
Gyeonggi-do	2,308
Gangwon-do	8,591
Chungbuk-do	2,773
Chungnam-do	6,605
Jeonbuk-do	7,816
Jeonnam-do	14,897
Gyeongbuk-do	11,163
Gyeongnam-do	11,586
Jeju Island	179

고용노동부의 통계에 의하면 2018년 임업 분야의 산업재해자는 Fig. 1에 나타난 바와 같이 제조업, 건설업, 통신업, 광업 다음으로 많은 1,041명이다[3].

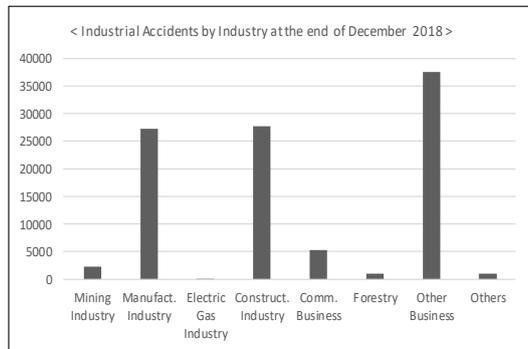


Fig. 1. Occurrence of Industrial Accidents

그리고, 산림청의 통계에 의하면 2019년 산불로 인한 사상자 현황은 Fig. 2와 같다[4].

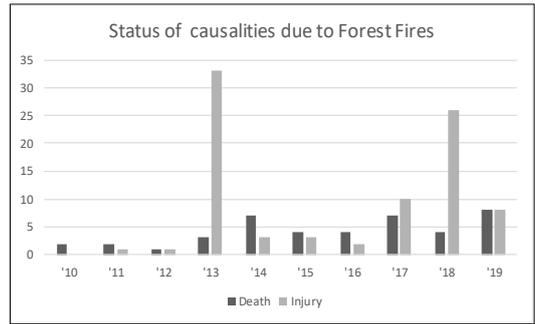


Fig. 2. Status of casualties due to Forest Fires

임업의 인구는 농업 인구보다 현저하게 적으나, 재해율은 농업보다 상당히 높다. 본 논문에서는 임업 분야의 재해율을 낮추는 방안으로 임업인 전용의 사물인터넷 (Internet of Things) 시스템을 제안한다. 산악 지역에서 작업하는 임업인의 신체 이상 징후(중상 및 사망으로 인하여 움직임이 없는 상태)를 실시간 감지하여 구조작업을 신속하게 수행함과 동시에 인근에서 자연재해가 발생할 경우에 임업인에게 조기에 경보를 송출하여 임업인이 신속하게 안전한 장소로 대피할 수 있도록 하는 임업인 전용의 사물인터넷 시스템을 연구하여, 임업인의 재해율을 줄이는 데 기여하고자 한다.

## 2. 기존기술

### 2.1 사물인터넷 개요

사물인터넷은 MCU(Micro Controller Unit), 센서 및 통신 기능이 내장된 하나의 독립된 디바이스를 관심 사물에 부착하고 무선통신으로 관심 사물을 연결하는 기술이다.

사물인터넷에 이용되는 무선통신 종류가 Table 2에 나와 있으며, 본 논문에서는 전송 속도는 낮지만, 장거리 통신이 가능한 LoRa 통신을 이용한다[5].

Table 2. Comparison between communication Protocol

Characteristics	Bluetooth	Zigbee	Wi-Fi	LoRa
Max. end-devices	~ 255	64,000 ~	Depends on Number of IP address	5,000 ~
Peak Current Consumption	30mA	30mA	100mA	17mA
Range	~ 10m	10 ~ 100m	~ 100m	15Km ~
Data-rate	1Mbps	250Kbps	11Mbps, 54Mbps	0.290 ~ 50Kbps
Topology	Star	Star, Mesh	Star, Point-to-point	Star

## 2.2 사물인터넷 응용

산업 현장에서의 재해경보 사물인터넷 시스템에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. GPS를 통해 근로자의 위치를 파악하고, 일산화탄소 및 온습도 센서를 통해 위험요소 감지한 후 LoRa 통신망을 이용하여 모니터링하고 근로자에게 위험 상황을 알려주는 연구가 진행되었다[6]. 선박 내/외부 승선자의 위험 상황을 감지하는 시스템에 대한 연구도 진행되었다[7].

또한, 신체 이상 징후를 감지하는 사물인터넷 시스템 개발에 관한 연구도 진행되었다. 치매 환자의 위치를 추적한 후 일정 범위 이상을 벗어나면 보호자에게 알림을 제공한다[8]. 더 나아가, 심박을 측정한 후 ECG 및 MSP 데이터를 이용한 개인별 인증에 관한 연구도 진행되었다[9].

이외에도, 사물인터넷에 대한 다양한 분야가 연구되고 있다. 사물인터넷 기반의 수도 원격 검침에도 적용되고 있으며, 교량 유지 관리 시스템도 연구되고 있다[10,11].

## 3. 제안기술

### 3.1 기술 개요

산악지역에서 갑작스러운 신체 이상, 산불 및 산사태 등과 같은 자연재해, 야생동물의 습격 등이 발생했을 때 이를 실시간 감지하여 구조작업을 신속하게 수행할 수 있도록 하고, 인근에서 발생한 재해 발생 시에 임업인에게 조기에 경보를 송출하여 임업인이 신속하게 안전한 장소로 대피할 수 있도록 하는 사물인터넷 시스템을 제안한다.

### 3.2 시스템 구성

LoRa 기반의 사물인터넷 시스템 구성도는 Fig. 3과 같으며, 여러 개의 노드(Node)와 1개의 게이트웨이(Gateway) 및 네트워크 서버로 구성된다. 노드는 임업인이 착용하고 있어야 할 허리 착용형 밴드로써, 측정된 GPS 좌표와 6축 센서 및 온도 데이터를 게이트웨이에 전송하는 역할과 게이트웨이로부터 수신된 알람에 대해서 버저와 LED를 동작하는 역할을 한다. 게이트웨이는 노드에서 수신한 데이터를 Wifi 통신을 이용하여 네트워크 서버로 전송하는 역할과 네트워크 서버로부터 수신된 알람을 노드로 전송하는 역할을 수행한다.

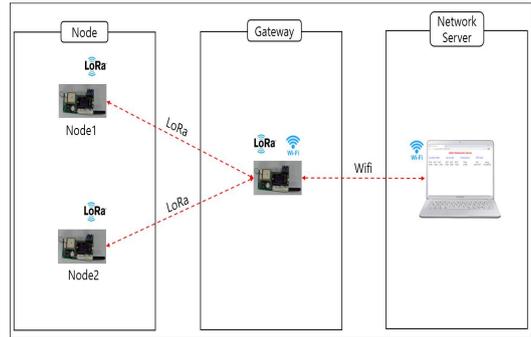


Fig. 3. LoRa Based IoT System Block diagram

노드는 작업에 용이한 허리 부위 착용형 밴드이다. 평상시 움직임, 온도 값 및 GPS 좌표가 1분 이내 간격으로 LoRa 통신을 이용하여 네트워크 서버에 전송된다. 노드에서 재해 알람을 수신할 경우 버저 음과 동시에 맨눈으로 확인이 가능하도록 LED가 점등 된다. 긴급 도움이 필요한 경우에는 임업인이 밴드에 장착된 긴급버튼을 눌러서 도움을 요청한다.

최근에는 라이브러리 코드를 제공함으로써 하드웨어를 쉽게 구성하여 테스트가 가능한 아두이노 보드를 많이 사용하고 있다.

본 논문에서 제안하는 허리 착용형 노드는 Fig. 4와 같이 구성된다. MCU(ESP32)에 MPU6050(6축 센서 및 온도 센서)이 I<sup>2</sup>C 통신 라인에 연결되고, GPS 모듈은 Tx/Rx(RS232) 라인에 연결된다. LoRa 모듈은 SPI 통신 라인에 연결되고, 버저와 긴급버튼 및 LED는 GPIO에 연결된다. 배터리는 10A 용량의 보조배터리를 사용하였다.

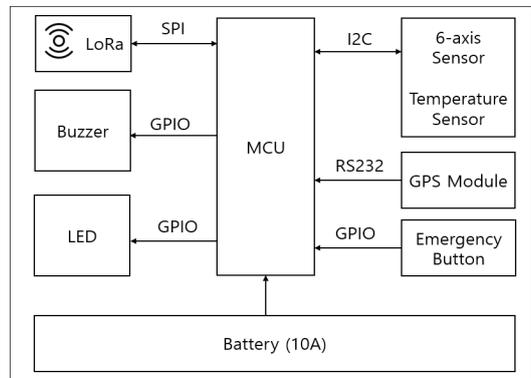


Fig. 4. Block diagram of Node

게이트웨이는 6축 및 온도 센서와 GPS 모듈, 버저, LED, 버튼을 제외하고 노드와 동일한 MCU 모듈을 사

용하며, LoRa 통신과 Wifi 통신 기능이 내장되어 있다.

노드에 대한 하드웨어 구성품 및 사양이 Table 3에 나와 있다.

Table 3. Node Hardware Spec.

List	Main Function	Appearance
MCU Module	Name : ESP32 LoRa MCU : ESP32 Flash : 4MB LoRa : SPI	
GPS Module	Name : GPS NEO-6M Power : 3V ~ 5V Baudrate : 9600	
6-axis & Temp. Sensor	Name : MPU-6050 Interface : I2C Accelerometer : ±2G~±16G Gyroscope : ±250~±2000d/s Temperature : ±1℃	
Etc	Buzzer 1EA LED 1EA Switch 1EA Battery 1EA	

### 3.3 LoRa 토폴로지

LoRa 설치 환경 및 용도에 따라서 노드 수가 적으면 성형(Star) 형태를 사용하고, 노드 수가 많으면 여러 개의 게이트웨이로 구성되는 하이브리드(Hybrid) 형태를 사용한다.

본 논문에서는 50개 미만의 노드가 게이트웨이와 1초 간격으로 통신한다는 환경을 고려하여, 성형 형태를 사용한다. Fig. 5는 하나의 게이트웨이에 6개의 노드가 구성된 토폴로지(Topology)를 보여주고 있다.



Fig. 5. Start-type Topology

### 3.4 순서도

Fig. 6은 게이트웨이의 순서도(Flowchart)를 나타내고 있다. 게이트웨이는 서버로부터 커맨드 데이터가 있는지를 모니터링하다가, 커맨드가 수신되면 커맨드를 노드에 전송한다. 노드로부터 데이터가 수신되면, 이에 따른 요청 데이터를 서버에 전송한다.

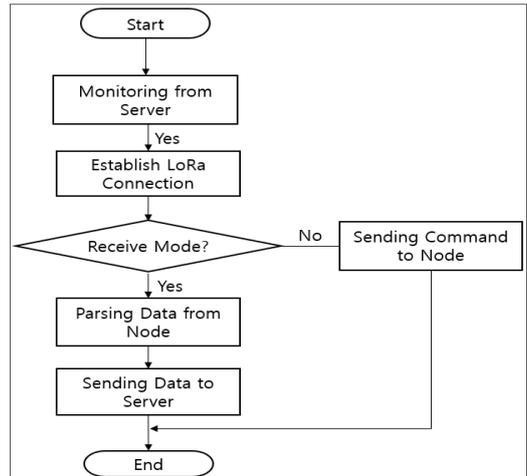


Fig. 6. Flowchart of Gateway

Fig. 7은 노드의 순서도를 나타내고 있다. 노드는 게이트웨이에서 수신된 커맨드를 분석한 후에 경보가 있을 시에는 버저와 LED를 동작시키며, 네트워크 서버의 요청에 따라서 GPS 및 6축 데이터, 온도 데이터를 전송한다.

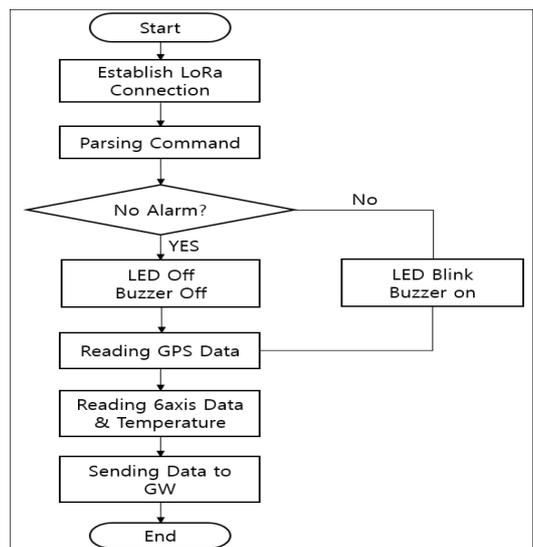


Fig. 7. Flowchart of Node

### 3.5 데이터 패킷 구조

LoRa의 데이터 패킷 구조가 Fig. 8에 나와 있으며, Payload는 최대 242바이트가 가능하다.

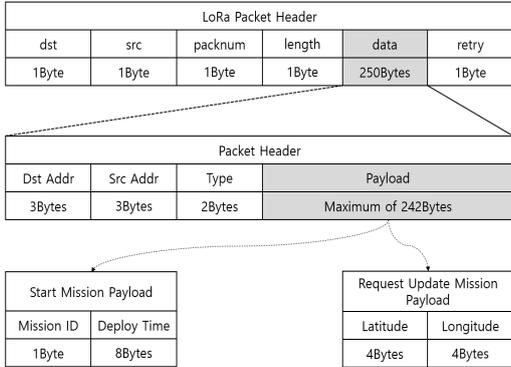


Fig. 8. LoRa's Data Packet Structure

본 논문에서는 노드에 센서 데이터를 포함하여 23바이트, 게이트웨이 모듈에 1바이트를 이용한다. Fig. 9에 송/수신 데이터 패킷 구조가 나와 있다.

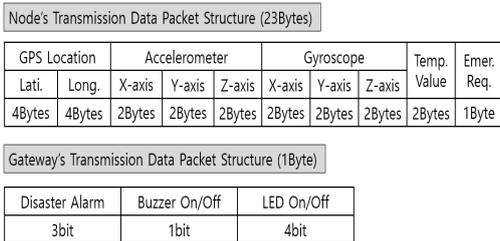


Fig. 9. Node and Gateway Data Packet Structure

## 4. 기능 구현

### 4.1 기능 구현 개요

노드 및 게이트웨이에 필요한 GPS 데이터 수신 기능, 6축 및 온도 센서 데이터 획득 기능, LoRa 송/수신 기능, 버저, LED 및 긴급 버튼을 포함하고 네트워크 서버에 대한 하드웨어 및 펌웨어를 개발하여 각 기능들이 정상적으로 동작함을 확인하였다.

### 4.2 기능 구현

노드의 MCU 보드에 GPS를 연결하고 펌웨어를 구현한 후에, 이동하면서 위도 및 경도를 확인한 결과, 구글 맵에 이동 거리에 대한 위치가 정확하게 표시되고 있음을 확인하였다. Fig. 10은 GPS 수신 결과와 구글

맵에서 확인한 결과가 나와 있다.

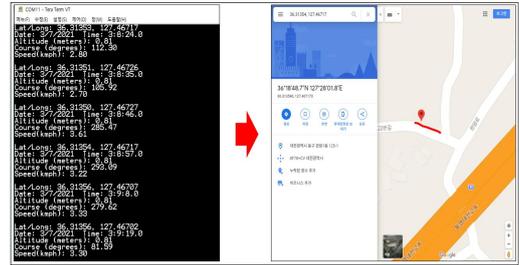


Fig. 10. GPS Receiving Data

노드의 움직임 감지하는 MPU-6050은 I<sup>2</sup>C 통신 방식을 이용한다. MCU가 제공하는 커맨드에 맞추어 획득된 raw 데이터를 MCU에 제공하게 된다. MCU는 획득한 가속도 값, 자이로 값 및 온도 값을 LoRa 통신을 이용하여 게이트웨이에 전송한다. Fig. 11은 게이트웨이가 노드에서 수신한 6축 데이터, 온도 데이터, GPS 좌표를 시리얼 통신을 이용하여 PC에 실시간으로 출력하는 화면을 보여주고 있다.

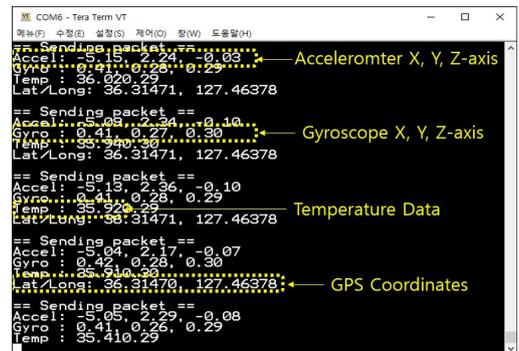


Fig. 11. LoRa Receiving Data

Fig. 12는 Wifi를 이용하여 게이트웨이에서 수신한 데이터를 네트워크 서버에 실시간으로 표시하고 있다.

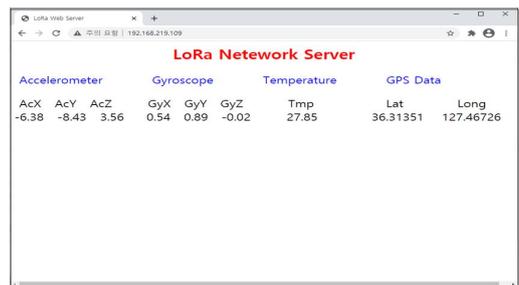


Fig. 12. Network Server Program

## 5. 통합 시험

### 5.1 시험 개요

야외 시험을 위해서 노드 2대와 게이트웨이 1대, 그리고 네트워크 서버용 노트북 1대를 이용하였다.

노드 1은 이동하면서 데이터를 획득하는 용도로 사용하였고, 노드 2는 정지 상태에서 데이터를 획득하는 용도로 사용하였다. 게이트웨이는 LoRa 통신을 이용하여 노드 1과 노드 2에서 획득한 데이터를 Wifi를 이용하여 노트북에 실시간 전송하는 용도로 사용하였다.

Fig. 13에 통합 시험에 사용된 보드 및 100m 이내의 거리에서 휴대용 배터리가 포함된 노드를 허리에 착용하고서 시험을 진행하는 환경이 나와 있다.

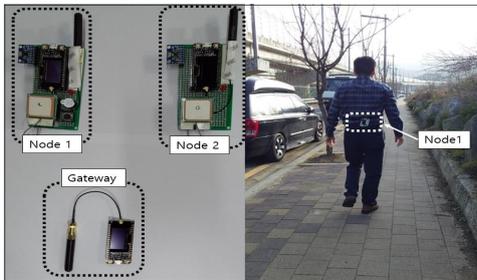


Fig. 13. Field Test Environment

### 5.2 시험 결과 분석

Fig. 14와 Fig. 15는 약 2분 30초 동안에 이동할 때와 정지했을 때 획득한 3축 가속도 데이터를 나타내고 있다. 획득한 데이터를 분석한 결과, 이동할 때와 정지했을 때 가속도 데이터의 최댓값, 최솟값 및 최대-최소 편차값이 Table 4와 같이 조사되었다. x축 및 y축의 이전 값과 현재 값을 비교한 차이에 대한 문턱값을 2로 설정하였을 때 이동 상태와 정지 상태에 관한 판단이 가능함을 확인하였고, z축의 변화량은 적은 관계로 제외하기로 하였다.

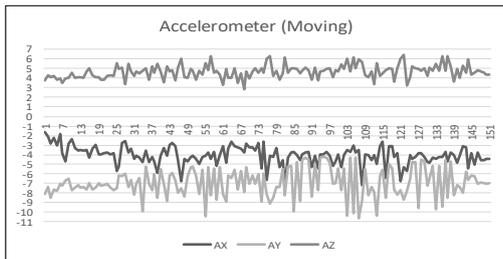


Fig. 14. Accelerometer Data Graph (Moving)

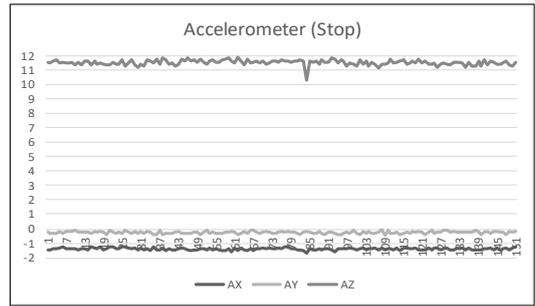


Fig. 15. Accelerometer Data Graph (Stop)

Fig. 16과 Fig. 17은 약 2분 30초 동안에 이동할 때와 정지했을 때 획득한 3축 자이로 데이터를 나타내고 있다. 획득한 데이터를 분석한 결과, 이동할 때와 정지했을 때 자이로 데이터의 최댓값, 최솟값 및 최대-최소 편차값이 Table 4와 같이 조사되었다. x축 및 y축의 이전 값과 현재 값을 비교한 차이에 대한 문턱값을 0.2로 설정하면 이동 상태와 정지 상태에 관한 판단이 가능함을 확인하였고, z축의 변화량은 적은 관계로 제외하기로 하였다.

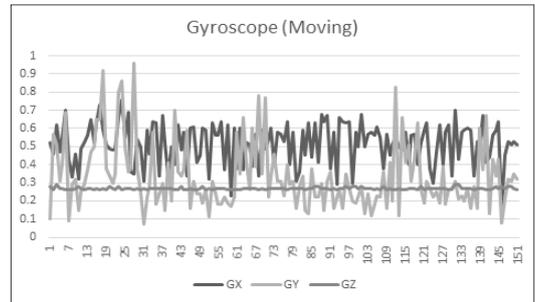


Fig. 16. Gyroscope Data Graph (Moving)

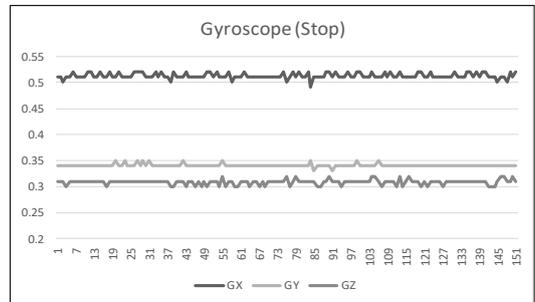


Fig. 17. Gyroscope Data Graph (Stop)

Fig 18은 임업인이 작업 중인 현장의 온도 데이터를 나타내고 있다. 현장의 온도 데이터는 서버에 전송되고,

서버에서는 열사량을 판단하는 용도로 사용한다. 한여름 중 서버에 수신된 현장의 온도가 고온으로 판단될 경우, 서버에서 야외에 작업 중인 임업인에게 알람을 제공하기 위해서 사용된다.

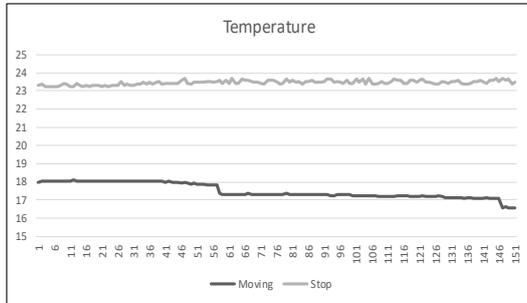


Fig. 18. Temperature Data Graph

Fig. 19와 Fig. 20은 이동할 때와 정지했을 때의 GPS의 위도와 경도 데이터를 나타내고 있다. 획득한 데이터를 분석한 결과 이동할 때와 정지했을 때의 상태를 구분할 수 있으나, 이상 징후에 대한 보조 수단과 위치 추적용으로 사용하도록 하였다.

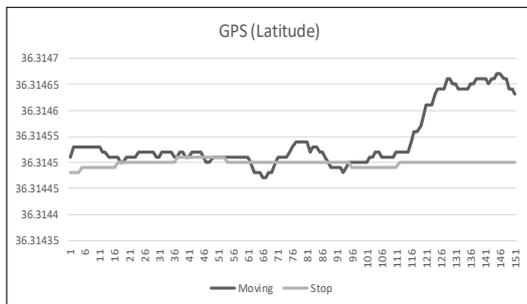


Fig. 19. GPS Latitude Data Graph (Moving vs. Stop)

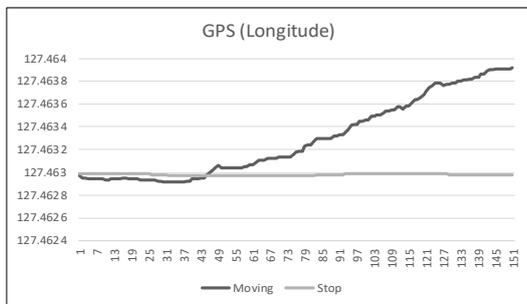


Fig. 20. GPS Longitude Data Graph (Moving vs. Stop)

Table 4는 시험 분석 데이터 및 설정한 문턱값을 나

타내고 있다. 설정한 문턱값을 기반으로 하여 시험한 결과, 노드의 LED의 점등과 버저의 알람 소리를 통하여 정보가 정상적으로 동작함을 확인하였다.

Table 4. Test analysis data and set threshold

Sensing	Status	List	Max.	Min.	Diff.	Alarm
Accel	Moving	AX	-1.62	-7.16	5.54	Normal
		AY	-4.18	-10.62	6.44	Normal
		AZ	6.42	2.8	3.62	-
	Stop	AX	-1.22	-1.67	0.45	Alarm
		AY	-0.04	-0.44	0.4	Alarm
		AZ	11.95	10.29	1.66	-
Gyro	Moving	GX	0.76	0.16	0.6	Normal
		GY	0.96	0.07	0.89	Normal
		GZ	0.29	0.26	0.03	-
	Stop	GX	0.52	0.49	0.03	Alarm
		GY	0.35	0.33	0.02	Alarm
		GZ	0.32	0.33	-0.01	-
GPS	Moving	Lati.	36.31467	36.31447	0.0002	-
		Longi.	127.46392	127.4629	0.00101	-
	Stop	Lati.	36.31451	36.31448	3E-05	-
		Longi.	127.46299	127.463	2E-05	-

## 6. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 임업인의 신체 이상 징후를 실시간 파악하여 신속한 조치를 함과 동시에 인근에서 발생한 산사태 및 산불과 같은 재해 조기 알람을 임업인에게 제공함으로써 인명피해를 최소화하기 위한 시스템을 연구하였고 실험을 통해서 사물인터넷 시스템이 정상적으로 동작함을 확인하였다. 앞으로 시스템의 상용화를 통하여 임업인의 재해율을 줄이는 데 기여하고자 한다.

향후 산악지형에서 장애물 유/무에 따른 LoRa의 정상 통신 유/무 및 통신 거리 시험, 울창한 숲속에서 GPS 데이터의 정확한 수신 시험, 10~50개의 노드 연결 시 정상 동작 여부 등 다양한 실험을 통해서 상업화 가능성을 시험할 예정이다. 아울러 국립공원원의 등산객에게도 활용이 가능한지에 대한 연구를 진행할 예정이다.

## REFERENCES

[1] KOSTAT. (2019). *2019 Agriculture, Forestry and Fisheries Survey Results* : Statistics Korea, (Online). <http://kostat.go.kr>

[2] Korea Forest Service. (2019). *2019 Forestry*

- Management Survey.* : Korea Forest Service. (Online). <https://www.forest.go.kr>
- [3] Ministry of Employment and Labor. (2020). *2020 Industrial Accident Status Statistical Information Report.* : Ministry of Employment and Labor. (Online). <http://www.moel.go.kr>
- [4] Korea Forest Service. (2020). *2020 Forest Fire Statistical Yearbook.* : Korea Forest Service. (Online). <https://www.forest.go.kr>
- [5] T. J Sheng et al. (2020). An Internet of Things Based Smart Waste Management System Using LoRa and Tensorflow Deep Learning Model. *IEEE Access*, 8, 148793-148811. DOI : 10.1109/ACCESS.2020.3016255
- [6] J. H. Seo, N. H. Kim & S. Y. Hong. (2019). Implementation of the Industrial Hazard Detection System using LoRa Network. *Journal of Information Technology Services*, 18(1), 141-151. DOI : 10.9716/KITS.2019.18.1.141
- [7] S. H. Park & M. S. Park. (2020). Measuring Inner or Outer Position of Ship Passenger and Detection of Dangerous Situations based LoRa WAN Communication. *Journal of Korea Multimedia Society*, 23(2), 282-292. DOI : 10.9717/kmms.2020.23.2.282
- [8] S. J. Lee, J. H. Choi, C. S. Seo, B. K. Park & B. Y. Choi. (2020). Implementation of Smart Shoes for Dementia Patients using Embedded Board and Low Power Wide Area Technology. *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, 24(1), 100-106. DOI : 10.6109/jkiice.2020.24.1.100
- [9] H. V. Kim et al. (2018). A Wearable Wrist Band-Type System for Multimodal Biometrics Integrated with Multispectral Skin Photomatrix and Electrocardiogram Sensors. *Sensors*, 18(8), 2738. DOI : 10.3390/s18082738
- [10] J. S. Park. (2020). Development of LoRaWAN IoT Automatic Meter Reading Systems. *Journal of the KIECS*, 15(5), 913-922. DOI : 10.13067/JKIECS.2020.15.5.913
- [11] J. O. Park, S. H. Park, K. S. Kim, W. J. Park & J. H. Kim. (2020). Bridge Monitoring System based on LoRa Sensor Network. *Computational Structural Engineering Institute of Korea*, 33(2), 113-119. DOI : 10.7734/COSEIK.2020.33.2.113

## 박 인 규(In-Kyu Park)

[정회원]



- 2000년 2월 : 원광대학교 전기전자공학부(공학사)
- 2002년 2월 : 전북대학교 전자공학과(공학석사)
- 2011년 2월 : 전북대학교 전자공학과(박사수료)
- 2019년 7월 ~ 2020년 12월 : (주) 큐니온 수석연구원
- 2021년 1월 ~ 현재 : (주) 티알 연구소장, 정선균 임업인 후계자
- 관심분야 : 임베디드 시스템, 사물인터넷
- E-Mail : eleriron@hanmail.net

## 함 운 철(Woon-Chul Ham)

[정회원]



- 1979년 2월 : 서울대학교 전자공학과(공학사)
- 1982년 2월 : 서울대학교 전자공학과(공학석사)
- 1988년 8월 : 서울대학교 전자공학과(공학박사)
- 1982년 2월 ~ 현재 : 전북대학교 전자공학과 교수
- 관심분야 : WINCE Device Driver, 로봇 및 소형비행체 제어, 강인한 적응제어, Mobile Embedded System
- E-Mail : wcham@jbnu.ac.kr