



엣지 컴퓨팅을 적용한 산림 IoT망 설계에 관한 연구

이동한*, 고대식**

A Study on the Design of Forest IoT Network with Edge Computing

Dong-Han Lee*, Dae-Sik Ko**

본 연구는 산림청(한국임업진흥원) 산림과학기술 연구개발사업(2017063A00_1719-AB01)의 지원에 의하여 이루어진 것입니다.

요 약

4차 산업혁명이 활성화되면서 기관들마다 정보들을 수집하고 활용하기 위한 IoT망을 구성하고 있다. 산림청 또한 산림정보와 산림의 이용자들에 대한 정보를 수집하기 위하여 산악지역에 효율적인 망을 구성할 필요가 있다. 본 논문에서는 산림청의 데이터 기반 재해대응과 산림조사 그리고 고객서비스를 위한 산림 IoT망을 제안하였다. 대부분의 산림지역은 사람의 접근이 불편한 지역이 많으며 이러한 지역의 환경 정보를 수집하고 원격제어하기 위해서는 원거리 통신이 가능한 통신 방식이 필요하며 배터리를 적게 소모하는 것이 필요하다. 본 논문에서는 이러한 요구사항을 만족하기 위하여 통신 방식으로 비면허 대역의 LoRa와 면허대역의 LTE-M/LTE 통신 방식을 결합한 하이브리드 통신 방식을 설계하였으며 현장의 실시간 서비스와 원격지 통신장에서의 백업을 고려한 엣지 컴퓨팅을 적용하는 산림 IoT망을 제안하였다. 연구결과, 제안된 하이브리드망이 LoRa 독립 망에 비하여 전송속도 확보가 용이하고, 엣지 컴퓨팅을 적용하는 망이 현장서비스를 위한 지연시간이 감소되는 것을 확인하였다.

Abstract

As the 4th industry revolution becomes more active, organizations are forming IoT networks to collect and utilize information. The Forest Service is also in need of an efficient network to gather the information of forests and its users. In this paper, we propose two things: a disaster response plan based on the Forest service data and a Forest IoT network for customer service. Most forest areas are hard to access. In order to collect and remote control the environmental data of these areas a long-lasting and long distance communication type is required. In order to satisfy these needs we designed an hybrid communication method combining LoRa of license-exempt band and LTE-M/LTE of licensed band, and proposed a forest IoT network that applies edge computing for backup when having trouble with realtime service and remote communication at the field. The results of our research show that the proposed hybrid network is faster and the network utilizing edge computing saves latency for service at the field.

Keywords

edge computing, network design, LPWA, LoRa, LTE-M/LTE, forest IoT network

* 목원대학교 IT공학과 박사과정
 - ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7930-28>
 ** 목원대학교 전자공학과 교수(교신저자)
 - ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6232-476X>

· Received: Aug. 24, 2018, Revised: Oct. 11, 2018, Accepted: Oct. 14, 2018
 · Corresponding Author: Dae-Sik Ko
 Dept. of Electronic Engineering, Mokwon University, 88 Doanbuk-ro, Seo-gu, Daejeon, Korea.
 Tel.: +82-42-829-7652, Email: kdsmok@gmail.com

1. 서 론

4차 산업혁명시대 정부공공기관들은 센싱데이터를 수집하는 방법으로 IoT를 활용한 다양한 통신망을 설계하고 구축하고 있다[1]. 산림청 또한 산림에 대한 각각의 정보를 얻기 위하여 산악기상망과 같은 산림 IoT망을 구축하기 위하여 많은 노력을 기울이고 있다. 하지만 우리나라 산림의 특성상 산악지역이 많으며 또한 사람이 출입하기 어려운 곳이 많아 산림청에서 요구하는 IoT망을 구성하기가 어렵다.

일반적으로 산림청에서 요구하는 산림에 대한 정보는 간헐적으로 요구되는 정보와 실시간으로 요구되는 정보로 나눌 수 있다. 간헐적으로 요구되는 정보를 전송하는 통신 시스템은 원거리 데이터 전송이 가능하여야 하며 산림의 특성상 인적이 드물고 험한 지역에 설치되어 동작하는 관계로 배터리는 오랜 기간 사용이 가능하여야 하며 장치의 가격 또한 저렴하여야 한다. 반면 실시간으로 데이터를 전송하는 통신방식은 송수신하는 데이터의 양이 많아야 하며 응답속도가 빠르고 안정화된 시스템이어야 한다. 본 논문에서는 이러한 두 가지 조건을 만족하는 산림 IoT 통신망과 통신망에 적용되는 컴퓨팅 방식에 대해 설계하고자 한다.

II. 통신방식 분석

산림 IoT 통신망에 대한 기본은 산림의 특성상 원거리 통신이 가능하여야 하며 오래 사용하여야 한다. 일부 정보들은 전송할 데이터의 양이 많으며 실시간으로 데이터 전송이 가능하여야 한다.

2.1 원거리 전송을 위한 통신방식

현재 원거리 저 전력 통신방식에서 많이 사용하고 있는 통신 방식으로는 LPWA통신 방식이 많이 사용되고 있다. LPWA통신 방식은 면허대역에서 사용하는 방식과 비 면허대역에서 사용하는 방식으로 분류할 수 있다. 일반적으로 면허대역통신 방식으로는 LTE망을 활용하는 NB-IoT망이 있으며 비

면허대역통신 방식의 대표적인 통신 방식으로는 SigFox, LoRa방식이 있다[1][2].

NB-IoT망은 이동통신망의 일부를 활용하는 통신 방식으로 이동통신이 가능한 어느 곳에서도 사용할 수 있는 통신 방식이다. 3GPP Release 13 NB-IoT기술은 MTC(Machine-Type Communication) 요구사항을 만족시키기 위하여 표준화한 무선 인터페이스이다. NB-IoT망은 스마트 미터링(electricity, gas and water), 스마트 홈 및 원격지의 센서들의 정보 수집 등을 지원하기 위해 이동통신 주파수의 일부를 활용하여 통신하는 기술이다. NB-IoT통신 방식의 특징은 다음과 같다[3].

그림 1은 NB-IoT가 요구하는 기능은 RF의 특성이다. NB-IoT는 LTE보다 좋으면서 저 전력모드로 동작하여 배터리를 가지고 10년 이상 사용할 수 있도록 하였으며 셀 당 수십 K이상의 센서들을 연결할 수 있도록 하였다. NB-IoT는 LTE주파수를 어떻게 사용하느냐에 따라 In-band, Guard band, Stand-alone 3가지 운영모드를 지원한다. In-band 모드는 LTE대역 내 자원 중 일부를 활용하여 서비스를 제공하는 모드이며, Guard band 모드는 LTE 주파수 밴드에 정의되어 있는 Guard Band내에 사용되지 않는 자원을 이용하여 서비스를 제공하는 모드이며, Stand-alone 모드는 GSM 대역내 일부 캐리어를 별도로 할당하여 서비스하는 모드이다.

현재 상용화 되고 있는 비 면허대역 LPWA 통신 방식으로는 LoRa, SigFox등이 있으며 이들 중 현재 우리나라에서는 LoRa통신방식을 활용하여 통신망을 구축하려는 사례가 늘고 있다[4]. LoRa통신 방식을 활용한 LPWA만 구축의 장점은 독자적인 원거리 통신망 구축이 가능하다는 것이다.

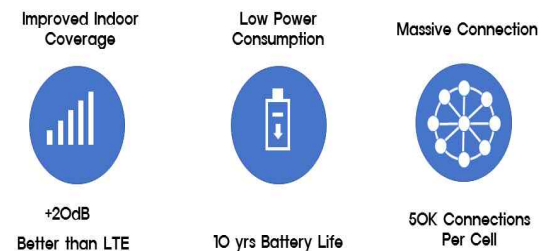


그림 1. NB-IoT의 기본 기능
Fig. 1. Basic function of the NB-IoT

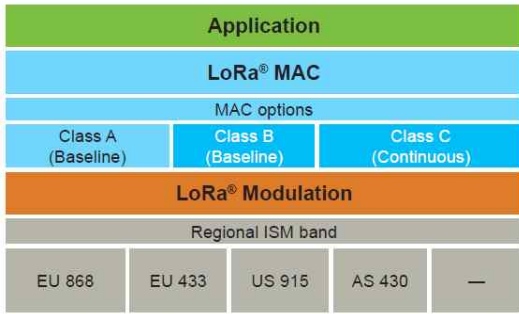


그림 2. LoRa 레이어의 구조
Fig. 2. LoRa layer's structure

LoRa통신 방식의 특징을 보면 다음과 같다. 사용하는 주파수 대역은 비 면허 Sub GHz대역인 900MHz주파수대역을 사용하며, 전송속도는 150~37,500bps이며, 기지국 당 수신감도는 -110~157dBm을 갖는다. 데이터 전송거리는 11Km정도이며 단말기에서 사용되는 모듈 가격은 5\$정도이다. CDMA/LTE 모뎀에 비해 접근성이 훨씬 수월한 편이다.

LoRa는 서비스 형태에 따라 전류의 소모량 및 동작방법이 다르며 Class A/B/C 3가지 방식으로 동작을 한다. Class A는 LoRa 디바이스가 게이트웨이에게 Up-Link전송을 수행한 후에 일정시간 내에 데이터를 수신할 수 있도록 구성된 동작방식으로 주로 데이터를 전송을 하는 서비스에 최적화된 방식이다. 상시전원을 사용하지 않고 배터리만으로 동작하는 경우에 주로 사용하는 방식이다.

본 논문에서는 단말기 또는 원격지 환경 센서 시스템에 적용된다. Class B는 게이트웨이에서 일정한 시간마다 Sync신호를 전송하면 단말기가 Sync신호

에 따라 데이터를 송수신할 수 있도록 하는 방식으로 주로 수신 위주의 서비스 및 배터리를 사용하는 서비스에 적용할 수 있는 동작 방식이다. Class A보다는 배터리 소모가 많으나 송수신이 Class A보다 원활하게 이루어진다. Class C는 수신 상태를 유지하고 있어 언제든지 송수신이 가능한 통신 방식이다. 다른 Class에 비해 응답에 대한 지연시간이 적으나 전원 손실이 많은 통신 방식으로 배터리 보다 상시전원을 사용하여 서비스를 하여야 한다. 본 논문에서는 LoRa 게이트웨이 및 LoRa AP에 적용된다.

2.2 실시간 데이터 전송을 위한 통신 방식

산림 IoT망에서 실시간 데이터 전송이 필요한 경우는 산림 환경 데이터 외에 음성이나 영상 데이터를 전송하는 경우에는 전송할 데이터의 양이 많으며 실시간으로 데이터 전송이 가능하여야 한다. 이용객이 많을 경우 상대적으로 처리하여야 할 데이터가 많아지게 된다. 산림청 게이트웨이와 AP에 엣지 컴퓨팅 기능을 적용하기 위해서 원격지 클라우드와 실시간으로 통신이 가능하여야 하며 엣지 클라우드의 애플리케이션이나 데이터들을 원격지에서 변경이 가능하여야 한다.

현재 상용화되고 있는 원격지 통신 방식 중 적용 가능한 통신 방식으로는 CDMA/LTE모뎀을 사용하는 경우, LTE-Cat1을 사용하는 방식, LTE-M을 사용하는 경우 적용이 가능하다. 각각의 통신 방식에 대한 특성을 비교하여 보면 표 1과 같다[5].

표 1. LTE 통신 유형 비교

Table 1. Comparison of the LTE communication type

	LTE Rel-8 Cat-1	LTE Rel-12 Cat-0	LTE Rel-13 Cat-M1	NB-IoT Rel-13	EC-GSM-IoT Rel-13
DL peak rate	10 Mbps	1 Mbps	1 Mbps	~ 0.2 Mbps	~ 0.5 Mbps
UL peak rate	5 Mbps	1 Mbps	1 Mbps	~ 0.2 Mbps	~ 0.5 Mbps
Duplex mode	Full	Half or full	Half or full	Half	Half
UE bandwidth	20 MHz	20 MHz	1.4 MHz	0.18 MHz	0.2 MHz
Maximum transmit power	23 dBm	23 dBm	20 or 23 dBm	23 dBm	23 or 33 dBm
Relative modem complexity	100%	50%	20-25%	10%	Not evaluated

Note: peak data rates refer to full duplex operation for Cat-0 and Cat-M1

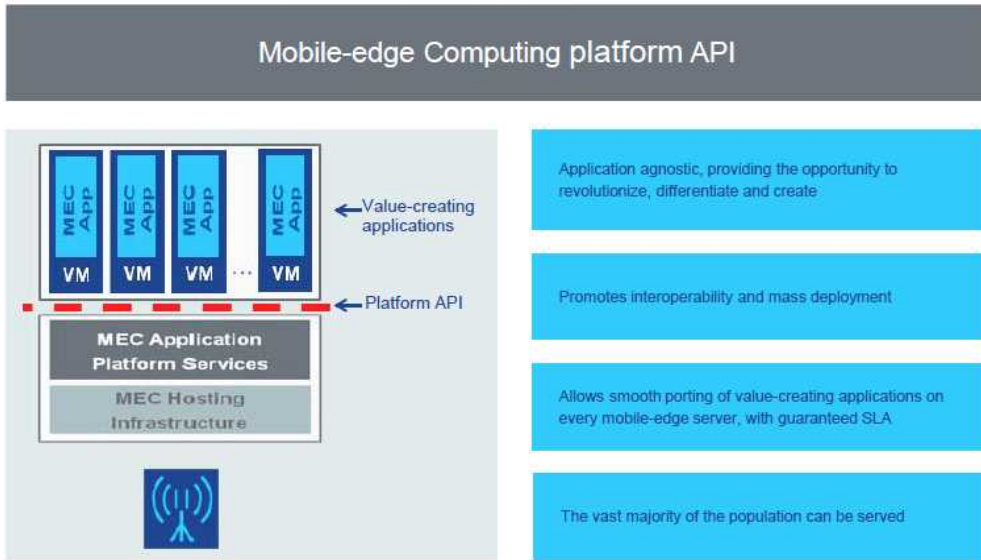


그림 3. 모바일 엣지 컴퓨팅 플랫폼
Fig. 3. Mobile edge computing platform

이러한 방식들 중에서 LTE-M은 기존의 LTE보다 서비스 범위가 넓고 벽과 바닥을 잘 통과하는 특성을 가지고 있으며 셀 사이의 핸드오프(Handoff)를 포함해 모바일 서비스에 적합하게 개발되었다. 또한 LTE-M 기술은 3GPP에서 제안한 IoT 네트워크 기술중에 하나로 현재 모든 이동통신사들에서 서비스를 지원하고 있다. 산업 통신망에서는 산업 AP와 서버와의 통신방식으로 적용된다.

2.3 모바일 엣지 컴퓨팅

모바일 엣지 컴퓨팅(MEC, Mobile Edge Computing)이란 통신망을 구축하는 경우 단말기와 통신하는 게이트웨이 또는 무선 기지국에 클라우드 및 컴퓨팅 기술을 적용한 서비스를 말한다. 즉, 모바일 네트워크 끝단에 클라우드 컴퓨팅기술과 IoT기술을 융합한 솔루션이다. 모바일 엣지 컴퓨팅에 대한 연구는 IoT가 활성화된 모바일 환경에 많은 종류의 센서에 대한 정보 및 단말기의 증가로 인해 물리적으로 떨어져 있는 중앙 집중형 원격지 클라우드에 정보를 전송하는 경우 많은 양의 트래픽이 발생하게 되고 이로 인한 모바일 코어망에 대한 트래픽의 부담이 생기게 된다. 따라서 이러한 문제를 해소하기 위하여 연구 개발된 컴퓨팅 기술이다. 엣지 컴퓨

팅 기술은 프론트 홀(Fronthaul)/백 홀(Backhaul) 상에 지연시간(Latency Time)을 줄이고 높은 대역폭(High bandwidth)을 가지게 하여 망의 트래픽을 줄일 수 있도록 설계된 서비스이다. 주로 ESTI(European Telecommunications Standards Institute) 주도로 규격 작업이 진행되었다. 그림 3은 ESTI에서 제안한 모바일 엣지 컴퓨팅에 대한 플랫폼의 구조를 보여주고 있다[6].

그림에서 보듯이 엣지 컴퓨팅의 플랫폼의 구조를 보면 각각의 개별기에 데이터를 분석하고 처리할 수 있는 응용프로그램을 VM(Virtual Memory)내에 두어 실시간으로 데이터를 분석하고 처리할 수 있도록 하는 플랫폼이다.

클라우드 컴퓨팅은 원거리에 데이터 센터를 두어 데이터를 저장하고 처리하는 방법이며 엣지 컴퓨팅 기술은 데이터가 생성된 위치에서 정보를 분석하고 처리하는 방법으로 IDC에서는 엣지 컴퓨팅을 “중요한 데이터를 지역에서 처리하거나 저장하고, 수신된 모든 데이터를 중앙 데이터 센터나 클라우드 스토리지 리포지터리로 보내는 약 10평방미터 이하 규모의 마이크로 데이터센터(Micro Data Center)들로 구성된 메시 네트워크”라 정의하고 있다. 클라우드 컴퓨팅 방법은 사용량에 기반을 둔 합리적인 가격

모델을 가지고 있으나 엣지 컴퓨팅은 엔드 포인트에서 직접 데이터가 수집되므로 외부 망이 필요하지 않다. 클라우드 컴퓨팅 방법에서는 서버에 대한 안전성 및 보안 문제에 대한 우려가 있다. 반면 엣지 컴퓨팅의 컴퓨팅 특성은 기존의 클라우드가 가지고 있는 MPU의 성능에 비해 상대적으로 성능이 떨어지므로 처리속도에 한계를 가질 수 있다.

표 2는 클라우드 컴퓨팅과 폭/엣지 컴퓨팅의 장단점을 비교한 것이다[7][8].

표 2. 클라우드 컴퓨팅과 폭/엣지 컴퓨팅의 비교

Table 2. Comparison of the cloud computing and fog/edge computing technique

Requirement	Cloud Computing	Fog/Edge Computing
Latency	High	Low
Location of Service	Within the Internet	At the edge of local network
Geo-distribution	Centralized	Distributed
Mobility	Limited support	High support
Location awareness	No	Yes
Type of last mile connectivity	Leased Line	Wireless
Distance between client and server	Multiple hops	One hop

III. 엣지 컴퓨팅을 적용한 산림 IoT망 설계

3.1 산림망에 적용 가능한 엣지 컴퓨팅

기존의 MEC서비스 시나리오를 보면 인텔리전트 비디오 서버 구축, 비디오스트림을 분석하여 모니터링 시스템에 활용, 박물관이나 관광지, 공연장 방문자가 자신의 모바일 단말을 비치면 단말기의 디스플레이에 전경을 보여주는 시나리오, 등 다양한 서비스를 제공할 수 있다. 기존의 서버가 가지고 있는 영역이 스마트 폰, 태블릿 등 모바일 기기로 바뀔 때 따라 셀당 응답속도가 빠르게 된다[9].

우리나라의 산림은 전체 국토의 60%이상을 차지하고 있으며 지역마다 서식 하는 동식물이 다르고 생활하는 풍습 및 생산되는 생산품들이 다양하다. 산림에 적용하고자 하는 엣지 컴퓨팅 방법은 이러한 다양한 동식물이나 풍습 및 생산품에 대한 정보를 셀 단위로 산림청 게이트웨이 및 무선 AP에 대

한 정보를 저장하고 응답하는 하도록 하여 중앙에 있는 원격지 클라우드에서 정보를 가져오는 것이 아니라 각각의 게이트웨이 또는 무선 AP에서 셀 단위로 처리하도록 엣지 클라우드 컴퓨팅 기술을 적용하여 시스템을 구성하는 것이다. 또한 게이트웨이 또는 무선 AP의 셀 영역에 있는 환경 센서에 대한 정보를 분석하고 처리하는 방법으로 엣지 컴퓨팅 방법을 적용하여 최적의 데이터로 가공하여 원격지 클라우드에 전송하도록 시스템을 구성하는 것이다.

본 논문에서 제안하는 산림 IoT망의 기본적인 구조는 원거리 통신이 가능한 LPWA망과 실시간으로 데이터를 처리할 수 있는 이동통신망을 혼용한 하이브리드망이며, 데이터 수집하고 처리하는 방법에 따라 엣지 컴퓨팅을 적용하는 FEC Hybrid Network (Forest Edge Computing Hybrid Network)망이다.

그림 4는 제안한 산림망에 대한 기본 구조를 보여주고 있다. 본 논문에서 제안하는 산림 IoT망의 전체 시스템 환경 센서, 사용자 단말기, 산림 데이터 중계 장치(FAP, Forest Access Point), 산림 게이트웨이(FGW, Forest Gateway)로 구성된다. 아울러, 산림 데이터 중계 장치와 산림 게이트웨이는 데이터 송수신을 위한 통신 모듈과 센서 및 단말기에서 수신된 데이터 처리 및 저장을 위한 클라우드 기능을 가진 산림 데이터 엣지 컴퓨팅(FEC, Forest Edge Computing)플랫폼으로 구성되어 있다. 환경 센서는 산림의 환경정보를 수집하여 원격지에 수집된 정보를 전송하여 주는 측정센서 및 전송모듈이 장착된 환경 측정 센서이다. 단말기는 휴양림을 이용하는 이용객에게 제공되는 장치로서 이용객의 위치를 파악하고 이동통신영역에서 문제가 발생하는 경우 긴급호출 및 단말기와 스마트폰을 이용하여 메시지를 원격지에 전송하는 기능을 가지는 휴대용 사용자 단말기 시스템이다. 산림 데이터 중계 장치는 센서와 단말기에서 송신된 데이터를 수신하여 원격지에 있는 게이트웨이 및 서버에 데이터를 송수신하여 주는 산림 중계 장치이다. 산림 데이터 중계 장치의 구성은 센서와 단말기와 통신을 위한 LPWA통신 방식인 LoRa를 이용하여 시스템을 구성하였으며 수집된 정보를 서버에 전송하기 위하여 LoRa와 LTE/LTE-M 통신 모듈로 구성되어 있다.

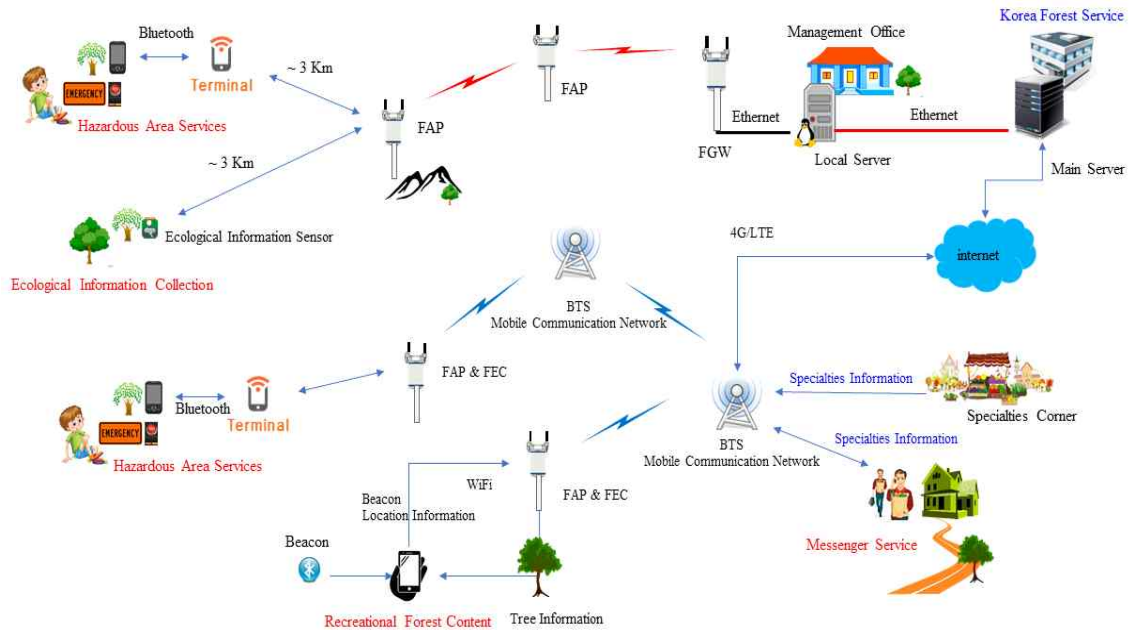


그림 4. 엣지 컴퓨팅을 이용한 산림 IoT 네트워크 설계
 Fig. 4. Design of the forest IoT network with edge computing

산림 게이트웨이는 산림 데이터 중계 장치와 통신을 하기 위하여 LoRa통신 모듈로 구성되어 지면 원격지 서버와 통신을 하기 위하여 Ethernet통신 방식을 활용한다. 산림 데이터 중계 장치와 산림 게이트웨이에는 내부에 플랫폼 서버를 두어 엣지 클라우드 컴퓨팅 서비스를 할 수 있도록 시스템을 구성하였다.

3.2 제안된 산림 IoT망의 세부설계

제안하고자 하는 산림 IoT망에 사용되는 각각의 시스템에 대한 구조를 보면 다음과 같다. 그림 5는 제안 시스템에서 사용되는 사용자의 단말기 구조를 보여주고 있다. 그림 5에서 볼 수 있듯이 사용자 단말기의 내부구조는 NFC, 블루투스, LoRa모뎀, MCU 및 배터리로 으로 구성되어 있다. NFC는 휴양림 사용자의 ID가 기록되어 있으며 사용자가 휴양림의 시설을 이용하는데 사용되며 블루투스는 휴양림 사용자의 스마트 폰과 데이터를 주고 받기 위하여 사용되면 LoRa는 원격지에 있는 산림 데이터 중계 장치 또는 산림 게이트웨이와 통신을 하는데 사용된다.

단말기의 동작 특성은 스마트 폰등 통화가 안되는 음영지역에서 블루투스를 통하여 메시지를 수신하고 수신된 메시지를 LoRa를 이용하여 원격지에 메시지를 전달하고 원격지에서 메시지를 수신하는 기능을 가진다. 즉, 휴양림에서 제공하는 스마트 폰 앱을 통하여 음영지역에서 긴급 상황이 발생 시 원격지에 있는 관리자와 메시지를 주고받는 기능 및 위급사항이 발생 시 원격지의 관리자에게 긴급 호출을 하는 기능을 가진다. 단말기에서 사용되는 LoRa 디바이스 간 통신 방식을 Class A방식을 사용하여 통신한다.

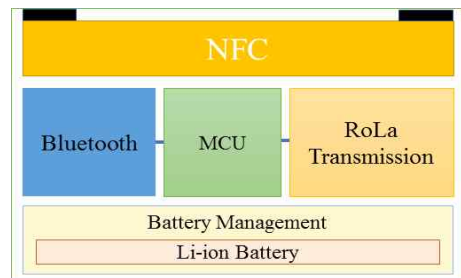


그림 5. 산림 IoT용 장치 설계
 Fig. 5. Design of the device for forest IoT

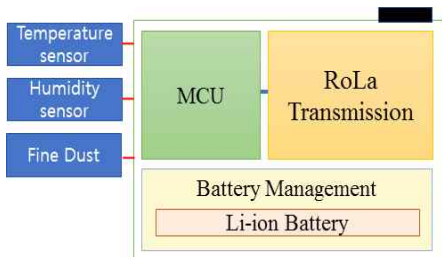


그림 6. LPWA 기반 산림 IoT 센서 설계
Fig. 6. Design of the forest IoT sensor based on LPWA

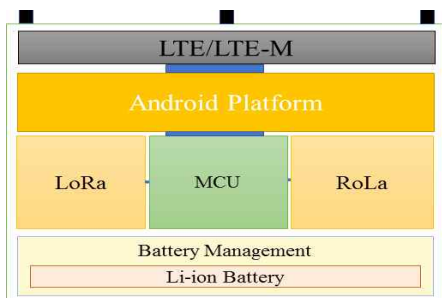


그림 7. 산림 액세스 포인트 설계
Fig. 7. Design of the forest access point

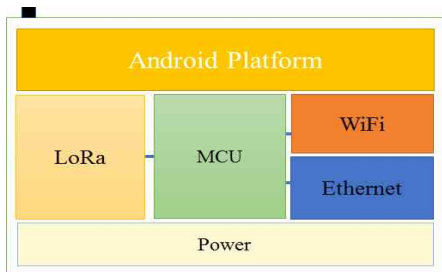


그림 8. 산림 게이트웨이 설계
Fig. 8. Design of the forest gateway

그림 6은 산림의 환경정보를 측정하는 LPWA를 이용한 IoT 환경 센서의 구조를 보여주고 있다. 환경 센서로는 온도, 습도 미세먼지 및 기타 산림청에서 필요로 하는 센서들에서 대한 값들을 측정하여 LoRa통신 방식을 이용하여 원격지에 센서들에서 수집된 데이터를 전송하는 장치이다.

IoT 환경 센서 시스템의 구성은 환경 측정을 위한 센서, MCU, 배터리 및 LoRa통신 모듈로 구성되어 있다. 환경센서의 기본적인 동작은 간헐적으로 원격지에 측정된 데이터를 전송하고 배터리를 이용하여 오랜 시간 사용이 가능하여야 제조 원가 또한 매우 낮은 특장을 가져야 한다. 단말기에서 사용되

는 LoRa 디바이스 간 통신 방식을 Class A방식을 사용하여 통신 한다.

그림 7은 산림 데이터 중계 장치의 구조를 보여주고 있다. 내부 시스템의 구조는 2개의 시스템으로 구성되어 있다. 데이터를 송수신하는 통신 시스템을 제외한 안드로이드 플랫폼은 시스템의 규모, 처리되는 데이터의 양 및 요구되는 애플리케이션에 따라 멀티 플랫폼으로 운영이 가능하도록 시스템이 설계되어 있다. 안드로이드 플랫폼의 기능은 원격지의 클라우드 컴퓨팅의 일부 기능을 대신하는 엣지 클라우드 컴퓨팅을 수행 한다. 통신 방식은 필요시 LoRa To LoRa 및 LoRa to LTE/LTE-M을 지원할 수 있도록 구성하였으며 각각 또는 혼용해서 사용할 수 있도록 통신 시스템을 구성하였다. 필요시 사용자가 원하는 통신 방식을 선택하여 사용할 수 있다. 산림 데이터 중계 장치에서 사용되는 LoRa 디바이스 간 통신 방식을 배터리 및 전류의 소모량에 따라 Class B 또는 Class C방식으로 통신을 한다.

LoRa To LoRa 통신 방식의 경우에는 단순한 데이터 송수신을 위한 산림 데이터 중계 장치가 되며 이 경우 원거리 통신의 대상은 산림 게이트웨이가 된다. LoRa To LTE/LTE-M을 사용하는 경우 내부적으로 엣지 클라우드 컴퓨팅을 위한 안드로이드 플랫폼이 내장되며 이동통신망을 통하여 원격지 서버와 데이터를 송수신할 수 있도록 구성된다. LPWA LoRa망과 이동통신망을 혼용한 하이브리드망의 특성을 가진다.

그림 8은 산림 게이트웨이의 구조를 보여주고 있다. 산림 게이트웨이의 특징은 데이터를 송수신하기 위한 통신 시스템에 엣지 클라우드 컴퓨팅을 위한 안드로이드 플랫폼을 추가한 것이다. 안드로이드 플랫폼은 확장이 가능한 멀티 플랫폼의 기능을 가진다. 통신 시스템의 구성은 산림 데이터 중계 장치와 송수신을 위한 LoRa 통신모듈과 원격지 서버와 송수신을 위한 Ethernet과 내부 Local 시스템과의 연동을 위한 WiFi모듈로 구성된다. 산림 게이트웨이에서 사용되는 LoRa 디바이스간 통신 방식을 Class B 방식으로 통신을 한다[9].

그림 9는 산림 데이터 중계 장치 및 산림 게이트웨이에 적용된 산림 엣지 컴퓨팅 플랫폼의 기본적인 구조를 보여주고 있다.

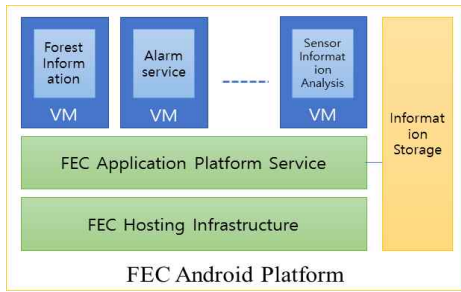


그림 9. 산림 IoT를 위한 엣지 컴퓨팅 플랫폼 설계
 Fig. 9. Design of the edge computing platform for forest IoT

산림 IoT망에서 사용되는 엣지 클라우드 컴퓨팅은 리눅스 기반의 안드로이드 플랫폼으로 시스템을 구성하였다. 산림청망을 활용하는 시스템의 구성을 보면 산악지역에 설치되어 있는 환경 센서를 수집하는 기능, 둘레길 및 등산로를 이용하는 이용객에 대한 위치서비스, 각각의 산림에 대한 정보를 이용객에게 알려주는 산림 정보 서비스, 이벤트 지원 서비스 및 임산물 판매 지원서비스 및 이용객의 목적지에 따라 안내하는 안내 시스템, 위험지역 진입 알람 시스템등 각각이 애플리케이션 및 데이터를 분류하여 일부 데이터 및 애플리케이션을 산림 엣지 컴퓨팅에 구성한다.

3.2 제안된 산림 IoT망의 성능분석 및 고찰

LoRa를 이용하여 데이터를 송수신 하는 경우 복수개의 센서와 단말기에서 전송된 데이터를 원격지에 전송하는 경우 데이터를 전송하는데 많은 시간이 소요되며 응답시간도 매우 오래 걸리게 된다. LoRa와 LTE-M을 혼용한 하이브리드망은 복수개의 LoRa 센서 및 단말기에서 전송된 데이터를 원격지에 전송하는 경우 복수개의 센서 및 단말기 데이터를 동시에 처리 할 수 있어 데이터의 전송속도 및 응답속도가 빠르다. 부분적으로 영상데이터 및 음성 데이터를 전송할 수 있다.

표 3은 LoRa망과 하이브리드망(LoRa to LTE-M)을 비교분석한 것이고 표 4는 산림 IoT망 구현 방법에 있어 클라우드 컴퓨팅 방법을 적용하는 것과 엣지 컴퓨팅을 적용하는 경우에 대한 성능을 비교 분석한 것이다. 분석결과, 국토의 60% 이상인 산림지역 전체에서 여러 가지 종류와 수천, 수만 개의 센서에서 측정된 정보를 송신하는 경우에는 원격 클라우드에 전송하는 경우 망에 대한 부하가 많아지게 되며 단말기등 응답이 필요한 경우에도 또한 응답시간을 많이 요구하게 된다.

표 3. LoRa망과 하이브리드망(LoRa to LTE-M) 비교분석
 Table 3. Comparative analysis of LoRa network and hybrid network (LoRa to LTE-M)

	LoRa Network	LoRa to LTE-M
Frequency	Unlicense band 125KHz, 8ch	Unlicense band 125KHz, 8ch 20MHz Variable in LTE Band
Transmission speed	~ 5.4Bps	~ 10Mbps
Available services	Small amount of data	Small amount of data, data, voice, video
Characteristic	Sensor measurement, etc	Sensor measurement, data transmission, video and voice service available
	Low-speed data transmission	Receive information from multiple sensors and terminals, transmit data at high speed
	Transfer takes a long time	Fast transmission and response time

표 4. 산림청망에 적용되는 클라우드 컴퓨팅과 엣지 컴퓨팅 비교
 Table 4. Comparison of cloud computing and edge computing applied to forest service network

	Cloud Computing	Forest Edge Computing
Traffic	As more sensors and terminals are added, traffic to the network becomes larger.	Even if there are many sensors and terminals, the load of the whole network is the same
Latency	High	Low
Available services	Small amount of data	Small amount of data, data, voice, video
Mobility	Limited support	support

그러므로 엣지 컴퓨팅을 적용하게 되면 현장서비스를 위한 지연시간이 감소되어 서비스 신뢰성이 증가되고 제안된 하이브리드망이 LoRa 독립망에 비하여 전송속도 확보가 용이하다는 것을 확인하였다.

V. 결 론

본 논문에서는 산림청의 데이터 기반 재해대응과 산림조사 그리고 고객서비스를 위하여 엣지 컴퓨팅을 적용한 산림 IoT망을 제안하였다. 대부분의 산림 지역은 사람의 접근이 불편한 지역이 많으며 이러한 지역의 환경 정보를 수집하고 원격제어하기 위해서는 원거리 통신이 가능한 통신 방식이 필요하며 현장서비스를 위한 지연시간을 줄일 필요가 있다. 본문에서는 이러한 요구사항을 만족하기 위하여 통신 방식으로 비면허 대역의 LoRa와 면허대역의 LTE-M/LTE 통신 방식을 결합한 하이브리드 통신 방식을 설계하였으며 현장의 실시간 서비스를 고려한 엣지 컴퓨팅을 적용하는 산림 IoT망을 제안하였다. 이를 위하여 LoRa와 엣지 컴퓨팅을 적용한 산림 IoT망과 이를 구성하는 각 시스템 및 단말기를 세부설계 하였으며 성능을 분석하였다.

연구결과, 제안된 하이브리드망이 LoRa 독립망에 비하여 전송속도 확보가 용이하고, 엣지 컴퓨팅을 적용하는 망이 현장서비스를 위한 지연시간이 감소되어 산림 IoT서비스 신뢰성과 안정성을 제고할 수 있음을 확인하였다.

References

- [1] <https://lora-alliance.org/>. [accessed: 02. 07, 2018]
- [2] <https://www.sigfox.com/>. [accessed: 02. 07, 2018]
- [3] Donghyun Park, "Latest Standardization trend of 3GPP IoT", Internet of Things Forum(IoTF), pp. 1-9, Sep. 2016.
- [4] S. Noorulhassan Shirazi, A. Gouglidis, A. Farshad and D. Hutchison, "The Extended Cloud: Review and Analysis of Mobile Edge Computing and Fog from a Security and Resilience Perspective", IEEE Journal on Selected Areas in Communication, Vol. 35, No. 11, pp. 2586-2595, Nov. 2017.

- [5] <https://www.thefastmode.com/technology-solutions/8577-at-t-to-start-commercial-pilot-on-cat-m1-narrowband-lte-iot-in-november>. [accessed: 12. 07, 2018]
- [6] <https://www.etsi.org/>. [accessed: 12. 07, 2018]
- [7] E. GS, "GS MEC 003 - V1.1.1 - Mobile Edge Computing (MEC); Framework and Reference Architecture".
- [8] S. K. Kim and J. D Park, "Status of Mobile Edge Computing Technology Towards 5G Era", Electronics and Telecommunications Trends, Vol 31, No. 1, pp. 25-35, Feb. 2016.
- [9] Hwase Park and Dae-Sik Ko, "A Study on Analysis of Internet of Things Hardware for Real Time Monitoring of Cold Chain Logistics", The Journal of KIIT, Vol. 14, No. 3, pp. 227-235, Mar. 2016.

저자소개

고 대 식 (Dae-Sik Ko)



1982년 2월 : 경희대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1991년 2월 : 경희대학교 전자공학과(공학박사)
 1995년 : UCSB Post-Doc
 2011년 ~ 2012년 : 한국정보기술학회 회장

1989년 ~ 현재 : 목원대학교 전자공학과교수
 관심분야 : IoT, 융합 IT, 클라우드컴퓨팅

이 동 한 (Han-Dong Lee)



1998년 2월 : 배재대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사)
 2013년 9월 : 목원대학교 전자정보공학과 졸업(공학석사)
 2014년 1월 ~ 현재 : 목원대학교 박사과정, (주)체리네트웍스 대표

관심분야 : 이동통신, 네트워크, IoT, Edge Computing