



# 산림지역의 정보통신서비스를 위한 IoT 네트워크 구축방법 비교분석

고 대 식\*

## Comparative Analysis of IoT Network Implementing Method for Information and Communication Service in Forest Area

Dae-Sik Ko\*

### 요 약

본 논문에서는 산림지역에 대한 정보통신서비스 종류를 정의하고 이를 지원하기 위한 IoT 네트워크 구축방법들을 비교분석하였다. 이를 위하여, 산림청이 산림지역에 자체구축하는 방법과 LTE와 같은 상용 네트워크를 임대방법에 대하여 평가기준을 개발하고 IoT 전문가 평가를 수행하였다. 분석결과, LoRa 기반 자체구축방법이 IoT 데이터수집 중심의 정보통신서비스를 지원하는 요구에 대해서 효율적인 것으로 평가되었고, LTE-M 상용 네트워크 구축방법은 임대료와 운영비가 고비용이라는 측면이 있지만 초기구축 비용과 구축기간이 필요하지 않고 음성 이상의 대역폭 지원에는 효율적인 것으로 평가되었다. LoRa기반으로 자체 구축하는 네트워크가 대역폭, 구축비용 및 운영비용, 전력공급 필수여부 그리고 통신음영 발생여부라는 평가기준에 대한 종합평가점수에 서는 가장 높게 평가되었지만 휴양림과 같이 서비스 지역규모가 좁고, 서비스 내용 및 서비스 즉시성이 요구되는 조건에서는 LTE-M과 WiFi망이 효율적인 것으로 분석되었다.

### Abstract

In this paper, we define the type of information and communication service for forest area and compare and analyze IoT network implementing methods to support it. To do this, we developed the evaluation criteria for IOT experts and evaluated the method of self - implementing in the forest area and leasing commercial network such as LTE. As a result, LoRa-based self-implementing method is evaluated to be efficient for the demand of supporting IOT data-gathering information communication service. Although LTE-M commercial network implementing method is expensive in terms of rent and operation cost, it does not need initial installation cost and implementing period, and it is evaluated as effective for bandwidth support over voice. The LoRa-based network was rated the best in terms of overall evaluation score for the evaluation criteria such as bandwidth, implementing cost and operation cost, power supply requirement, and communication shadowing, but it is analyzed that LTE-M and WiFi networks are efficient in narrow service areas like recreational forests, and where service content and service immediacy are required.

### Keywords

LoRa, forest IoT network, forest service, IoT network design, optimal network analysis

\* 목원대학교 전자공학과  
- ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6232-476X>

• Received: Jul. 17, 2019, Revised: Aug. 12, 2019, Accepted: Aug. 15, 2019

• 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](mailto:kdsmok@gmail.com)

## 1. 서 론

2015년 임업통계연보에 따르면 2002년 20만명에 불과하던 산림휴양림 이용객이 매년 10%이상 성장하여 2013년 이후 자연휴양림 이용객은 1천만명을 돌파하였고 이후로도 증가세를 유지하고 있다[1].

산림휴양림 이용현황에 대한 임업통계를 보면, 소득 및 여가시간의 증가로 숲 이용자가 급증하고 있고 국민의 41%가 월 1회 이상 숲을 찾고 있으며, 선호하는 여가 활동 1순위로 등산이 선정되고 있다. 등산 활동과 자연휴양림 이용 외에도 산림치유, 산림교육, 트래킹 등과 같은 새로운 형태의 산림 복지 수요가 증가하고 있는 추세이다[1].

한국산림복지진흥원은 숲의 치유인자를 활용하여 스트레스 해소와 안정을 위해 적절한 운동과 생활 습관 개선방안을 제시하는 산림치유프로그램을 시행하고 있다. 하지만 아직 건강증진 효과를 입증하거나 개인별 맞춤형 건강관리를 위해 정보통신기술(ICT) 핵심 기술과 산림복지를 연계한 서비스 개발은 부족한 실정이다[2].

고령화, 휴양문화 확산과 같은 사회적 요건에 스마트폰을 비롯한 ICBMA(IoT, Cloud, Bigdata, Mobile, Artificial intelligence) 기술적 지원에 의하여 산림복지의 편의성, 안전성, 효율성, 맞춤형서비스 실현을

추진할 필요가 있다[3]

이와 같이 자연휴양림을 비롯한 산림복지 시설을 관리, 운영하는 인력 부족으로 인한 이용자에게 양질의 서비스를 제공을 위해 IoT 기술을 활용한 산림 복지 서비스 시스템 나아가서는 산림청의 센서 기반 데이터수집을 위한 IoT 최적인프라 구축이 필요하다. 특히 국토의 62%를 차지하는 산악지역은 상용망의 통신 음영지역이 많기 때문에 정보통신서비스의 실현이 어려운 실정이다.

본 논문에서는 산림지역의 정보통신서비스를 위한 IoT 네트워크 구축방법을 비교분석하였다. 이를 위하여 산림지역에 대한 정보통신서비스 종류를 정의하고 이를 지원하기 위한 IoT 네트워크 구축방법으로 자체구축과 기존 상용 네트워크 임대방법에 대하여 평가기준을 개발하고 전문가 평가를 통하여 구축방법들의 특징을 분석하였다.

## II. 산림지역의 정보통신서비스를 위한 IoT망 구축방법

### 2.1 산림지역 내 정보통신 기반 서비스

산림지역 내에서의 IoT 기반의 서비스에는 다음과 같은 것들이 있다.

표 1. 산림지역의 IoT 기반 서비스

Table 1. IoT-based services in forest areas

Service model	Description
Collect forest environment sensing data	- Sensing data collection service for the service of forest welfare facilities such as recreation forest
Content description service	- Automated description of forest contents in recreation forest, healing forest, hiking trail, urban forest, etc.
Location-based safety service	- Emergency notification service for risk conditions in forest areas
Big data analysis service for forest welfare	- Analysis and Recommendation of traveller's travel track
Room guidance milestone service	- Navigation route guidance service from the entrance to the recreation forest to the reserved rooms
Guidance robot and artificial intelligence speaker service in forest area	- Artificial intelligence-based service robot that can recognize natural language voice and respond to user questions on its own
Forest accident recognition and response service	- Cognitive services for forest disasters such as forest fires, landslides and disease worms - Remote response service in case of forest disaster
Nurse tree management service	- Monitoring service of the growth condition and abnormalities of cultural heritage-class nurse-tree in various parts of the country
Forest healing program automated measurement service for changes before and after	- Measurement of the previous bio-signal of the client using the program in the healing forest and the change of the bio-signal after the program - Biometric abnormal signal real-time measurement service during the program

표 1에서 제시한 IoT 기반 산림지역의 다양한 서비스 지원을 위한 IoT 네트워크 구축방법을 크게 나누면 산림청 자체 네트워크를 구축하는 방법과 통신기업에서 제공하는 상용 네트워크에 가입하여 사용하는 방법이 있다

## 2.2 산림청 자체로 IoT 네트워크 구축방법

산림지역의 ICT 서비스를 지원하기 위한 독립적인 네트워크를 구축하는 방법에는 BLE, Zigbee와 LoRa 등의 게이트웨이를 이용하는 방법, 저전력 장거리 통신기술인 LPWA 중에 LoRa 단말기 및 AP를 이용하는 방법, 그리고 WiFi 무선 랜을 이용하는 방법이 있다.

LoRa의 경우 LTE-M보다 대역폭이 좁지만 전력 소모가 적어 5년 이상의 배터리 수명을 갖도록 모듈을 제작할 수 있는 장점과 원거리 전송이 가능한 장점이 있다. 900Mhz대 주파수를 사용하므로 굴절 및 회절도가 높아 수신 감도가 뛰어나며 통신 범위는 도심지역 기준 LoRa는 반경 2~15km, 교외 최대 30km, 지하 및 실내에서는 1~3km 수준이다. 또한, 게이트웨이 당 많은 IoT 기기가 접속 가능하며, 전송속도는 250bps에서 최대 50Kbps 수준으로 원격검침 및 모니터링 등에는 충분한 성능이다. 단점은 비

면히 대역이라 주파수 간섭이 일어날 가능성이 높고, 대역폭이 좁아 음성급 이상의 서비스에는 무리가 있다는 것이다[4]-[8].

그림 1은 LoRa를 이용하여 표 1에서 제공하는 서비스 들을 산림청 자체적으로 IoT네트워크를 구축하는 네트워크 구성도이다. 이 시나리오의 경우, 음성급 이상의 대역폭이 필요한 서비스들은 지원할 수 없는 한계가 있다.

그림 2는 본 연구의 IoT 기반 산림서비스를 지원하기 위한 단말기의 구성도이다. 산림지역의 ICT 서비스 단말기는 GPS, 움직임센서, 기울기 센서를 포함하는 센싱부와 LoRa, 블루투스, NFC를 포함하는 통신모듈 그리고 배터리 처리 모듈로 구성되어 있다.

한편 LoRa를 이용하는 자체 네트워크 구축방법에는 LoRa 모듈을 탑재한 드론중계기를 이용하는 시나리오가 가능하다. 드론을 이용하는 경우, 고정형 LoRa 중계기를 최소화하거나 아예 드론 중계기로 대체할 수 있다. 이는 실시간성이 중요하지 않은 산림 성장환경 및 시설에 대한 데이터 수집에는 장점이 있지만 드론의 운행시간 제한으로 인하여 실시간 데이터 수집, 위험상황 긴급서비스 그리고 재해관련 실시간 데이터 수집에는 한계가 있다.

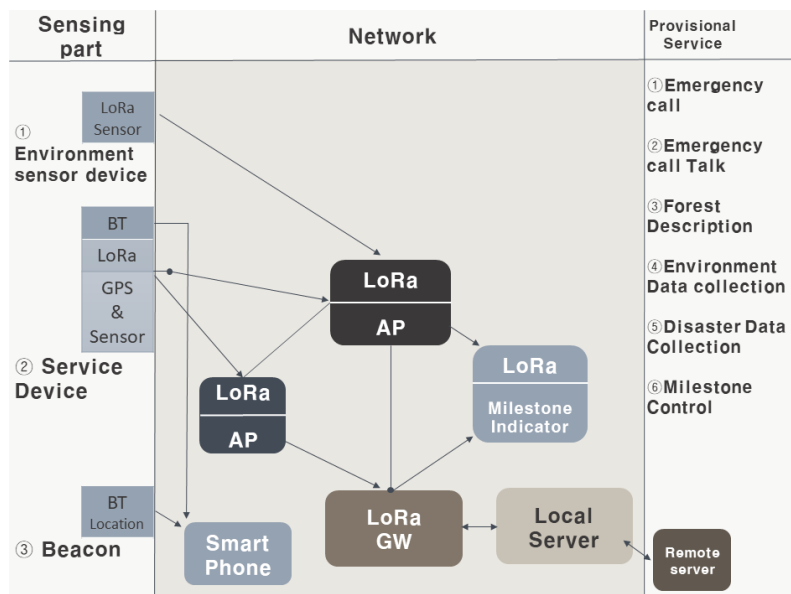


그림 1. 자체구축 IoT 네트워크 구성도

Fig. 1. Block diagram of self-implementing IoT network

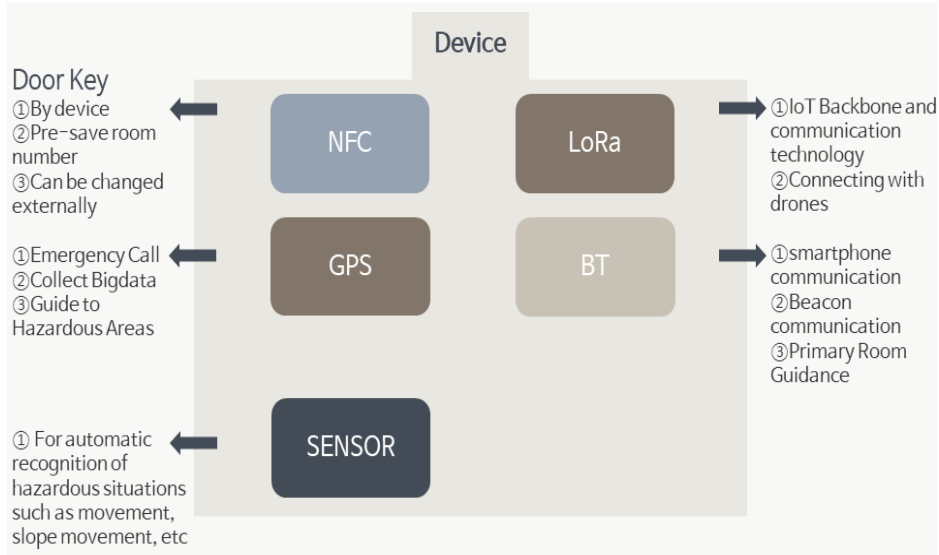


그림 2. 산림서비스 단말기 구성도  
Fig. 2. Structure of forest service terminal

2.3 통신기업에서 제공하는 상용 네트워크  
임대로 구축하는 방법

산림지역의 ICT서비스 제공을 위한 상용 무선네트워크 구축방법에는 여러 가지 방법이 있겠지만 LTE-M과 LTE 망을 이용하는 방법이 있다. LTE-M은 기존 LTE 망에서 1Mbps 정도의 대역폭을 사용하는 기술로써 상대적으로 적은 비용으로 IoT 서비스를 지원하는 장점이 있다. 기존 휴대전화 주파수 환경에 맞춰 개발된 셀룰러용 모듈은 산림지역의 서비스를 위한 IoT 기기에 적용되기에는 성능이 과하고 전력 소비도 많으며, 비용 부담도 크다. 이에 셀룰러 네트워크를 이용한 IoT 전용통신망을 구현하기 위해, 3GPP는 복잡한 기술을 단순화하고 성능을 제한한 표준을 고려하게 된다.

표 2는 3GPP 협대역 셀룰러 표준이다[9]. LTE-M은 국내 통신사들이 구축을 완료하고 서비스 하고 있는 IoT 통신네트워크이다. LTE-M은 면허 대역 주파수를 사용하는 기술로, 국내 이동통신사들은 이미 보유한 LTE 망을 기반으로 LTE-M IoT 전용망을 구축하였다. LTE-M은 기존에 통신사가 구축한 망을 사용하므로 기술만 적용하면 곧바로 전국망 서비스가 가능하며, 면허 대역 주파수를 사용하기 때문에 간섭에서 상대적으로 자유로워 서비스 품질이 보장된다.

표 2. 3GPP 협대역 셀룰러 표준  
Table 2. 3GPP narrowband cellular standards

Item	LTE Cat 1	LTE-M	
		LC-LTE/MTCe	eMTC
		LTE Cat 0	LTE Cat M1
3GPP release	Release 8	Release 12	Release 13
Downlink peak rate	10 Mbit/s	1 Mbit/s	1 Mbit/s
Uplink peak rate	5 Mbit/s	1 Mbit/s	1 Mbit/s
Latency	50-100ms	not deployed	10ms - 15ms
Number of antennas	2	1	1
Duplex mode	Full duplex	Full or half duplex	Full or half duplex
Device receive bandwidth	1.4-20MHz	1.4 - 20MHz	1.4MHz
Receiver chains	2 (MIMO)	1 (SISO)	1 (SISO)
Device transmit power	23dBm	23dBm	20 / 23dBm

속도는 현재 구축한 Cat.1 기준 다운로드 최대 10Mbps 수준으로, 데이터의 양이 큰 IoT 서비스에 적합하다. 무엇보다 표준 기술로서 서비스가 사장될 가능성이 적다는 것이 장점이다. 단점은 유심 (USIM) 기반으로 개통절차가 복잡하고, 전력소모가 상대적으로 크며, 칩 및 모듈과 사용요금도 상대적으로 고비용이라는 점이다[10].

표 3은 표 1의 산림지역 내 IoT 서비스를 지원하기 위한 네트워크 설계를 자체 구축망과 상용망으로 구분하여 비교분석한 것이다[11][12].

### III. 산악지역의 정보통신 서비스를 위한 IoT망 구축방법 평가

#### 3.1 IoT망 구축방법의 특징 분석

본 연구에서는 산림지역에서 IoT 서비스를 지원하기 위한 IoT 네트워크 구축방법에 대한 평가기준을 정의하고 관련 전문가 12인을 섭외하여 평가를 시행하였다.

산림지역에 제공하고자 하는 ICT 서비스는 크게 데이터수집 등과 같은 음성이하의 협대역폭 지원을 요구하는 서비스와 음성 이상의 광대역폭 지원을 요구하는 서비스로 구분할 수 있다.

표 4는 산림지역의 ICT 기반 서비스를 위한 IoT 네트워크 구축방법에 대한 평가기준이다. 본 연구에

서는 가장 중요한 서비스 대역폭지원과 배터리사용가능여부, 그리고 산악지역에 통신음영지역을 발생시키는 여부가 중요하므로 이를 평가기준으로 정하였다. 끝으로 초기구축비용과 월임대료와 같은 운영비 조건과 같이 비용측면을 고려한 평가기준을 설정하였다[13][14].

#### 3.2 IoT 네트워크 구축방법에 대한 전문가 평가결과

표 5는 IoT관련 교수 및 기업의 전문가 12명을 섭외하고, 표 3의 네트워크 구축방법과 표 4의 평가기준을 안내하여 평가한 결과의 평균을 구한 것이고 그림 3은 이를 방사형 그래프로 표현한 것이다.

표 3. 산림지역에 대한 IoT 네트워크 구축방법  
Table 3. IoT network implementing method for forest area

Item	Methods	Description
Premises	LoRa	LoRa module installed in service and sensor terminals and self-built with LoRa repeater and Lora gateway
	Wifi	A self-constructing technique by attaching WiFi to service and sensor terminals and utilizing Wifi repeater
Commercial	LTE-M	Commercial networks with transfer rates of 1M to 10Mbps depending on the CAT (Payable service is provided with monthly fixed amount per line such as KT,SK, etc.)
	LTE	Fourth-generation commercial network with high speed from 10Mbps to 100Mbps

표 4. IoT 네트워크 구축방법에 대한 평가 기준  
Table 4. Evaluation criteria for IoT network implementing technique

Evaluation criteria		Description
Bandwidth	Upper voice/cost	High score to support bandwidth that can support voice calls or higher
	Below voice/cost	For data collection that does not support voice-grade, Kbps support, but performance score for cost
Construction cost		High and low initial cost of deployment. Lowest score for WiFi during self-construction
Lease cost		Assess the high and low rent and maintenance costs. Self-Building is a perfect score of 5.
Power support		Power supply required, i.e. high scores if battery or solar battery is available
Communication shading area		High score if communication shading area of terminal or environment sensor is low

표 5. IoT 구축방법에 대한 전문가 평가결과  
Table 5. Expert evaluation results on IoT implementing method

Method		Upper voice/cost	Below voice/cost	Construction cost	Lease cost	Power support	Communication shading area	Results
Premises	LoRa	0.50	4.83	2.42	4.50	4.33	5.00	21.58
	Wifi	4.75	1.25	1.75	4.08	1.58	3.83	17.24
Commercial	LTE-M	3.83	3.00	3.83	1.83	2.92	2.92	18.33
	LTE	4.83	1.83	3.67	1.17	2.67	2.67	16.84

평가시에 평가척도는 1점과 5점사이로 하였으며 1점(매우 나쁘거나 매우 낮은 성능), 2점(보통과 매우 나쁜 성능의 중간), 3점(보통), 4점(보통과 매우 좋은 성능과의 중간), 5점(매우 좋거나 매우 높은 성능) 중에서 평가하도록 안내하였다.

그림 4는 산림청 자체로 구축하는 방법인 LoRa 기반 자체망과 WiFi를 고려하는 자체망에 대한 평가결과이다.

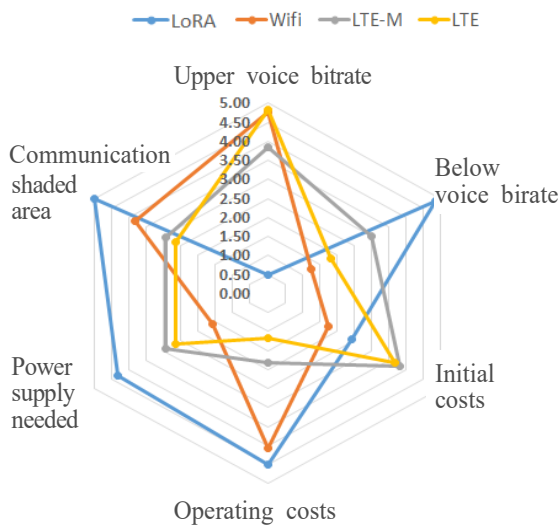


그림 3. IoT 네트워크 구축방법에 대한 전문가 평가 결과의 방사형 차트

Fig. 3. Radar chart of expert evaluation results on how to implementing IoT network

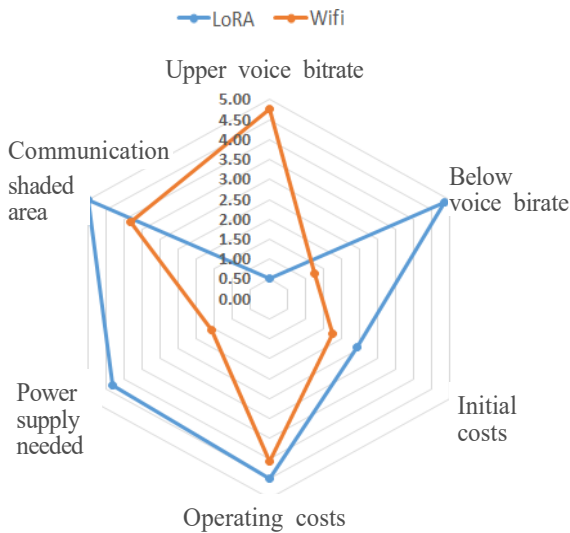


그림 4. 전문가 평가 결과의 방사형 차트(자체망)

Fig. 4. Radar chart of expert results (self-implementing network)

음성이상의 대역폭 제공을 제외하고는 모두 LoRa 자체망이 높은 점수를 획득하였으나 산림 전체가 아닌 소규모로 제한된 규모의 산림휴양림 시설내에서는 WiFi 구축비용 대비 서비스 대역폭이 크게 개선될 것이므로 WiFi 구축방법이 효율일 것으로 분석된다.

그림 5는 통신기업에서 제공하는 LTE-M과 LTE를 임대하여 구축하는 방법에 대한 평가결과를 비교한 것이다. 표 1에서 정의된 산림지역의 ICT 서비스의 대역폭과 LTE의 운영비용을 고려할 때 LTE-M를 활용하는 것이 효율적인 것으로 분석된다.

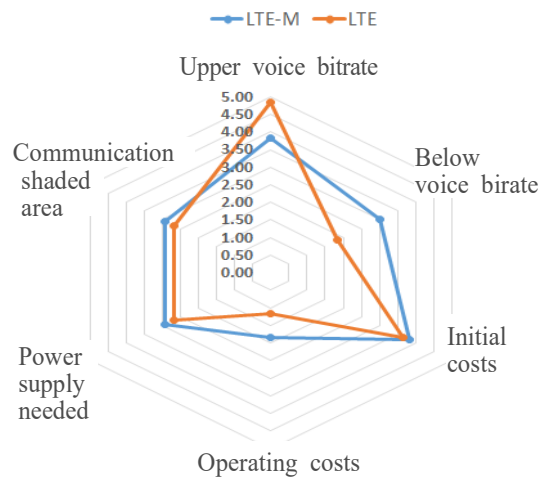


그림 5. 전문가 평가 결과의 방사형 차트(상용망)

Fig. 5. Radar chart of professional evaluation results (commercial network)

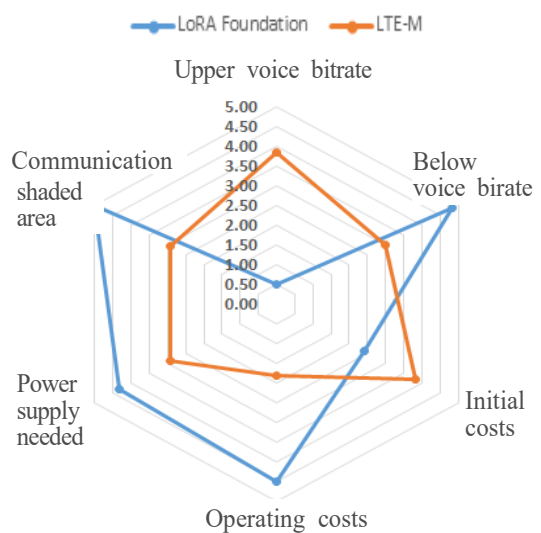


그림 6. 전문가 평가 결과의 방사형 차트(LTE-M vs. LoRa)

Fig. 6. Radar chart of expert results (LTE-M vs. LoRa)

그림 6은 통신 기업에서 제공하는 상용망을 임대하여 사용하는 LTE-M과 LoRa 자체망에 대한 평가 결과를 비교한 것이다. LTE-M은 음성 이상의 대역폭 제공할 뿐만 아니라 통신 기업에서 저렴한 임대 조건으로 가입채널당 월별 요금을 받는 개념이므로 산림전체가 아닌 지역이 소규모로 제한된 산림휴양림 시설 등에서 센싱 채널의 규모가 크지 않은 조건에서는 효율적일 것으로 분석된다. 하지만 산림지역의 규모가 확대되고 센싱 채널의 규모가 증가함에 따라서 운영비용이 크게 증가하므로 LoRa 자체 네트워크를 구축하는 것이 효율적인 것으로 분석된다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 산림지역에 대한 정보통신서비스를 지원하기 위한 IoT 네트워크 구축방법의 특징을 비교분석하였다.

4개의 구축방법에 대한 6개의 평가기준으로 12인의 전문가를 섭외하여 평가한 결과, 6개의 평가기준 전체를 반영하면 자체 LoRa 네트워크 구축방법이 최적인 것으로 평가되었다. 하지만 이는 대규모 산림지역에 대한 비용을 고려하고 음성급 이하의 서비스에만 적용이 가능한 것이므로 음성급 이상의 대역폭이 필요한 서비스를 지원하는 방안으로 부적합한 것으로 분석되었다.

LTE-M의 경우, 자체 LoRa 다음으로 높은 점수를 획득하였으나, 대규모 산악지역에서의 통신음영지역이 존재하고, 또한 운영비용에 대한 부담이 있는 것으로 분석되었다.

한편, WiFi의 경우, 우수한 대역폭을 지원하고 통신음영지역을 최소화하면서 구축할 수 있다는 장점이 있으나 전력공급이 필수적이고, 초기구축비용이 많이 소요되는 측면이 있으므로 휴양림과 같이 소규모 지역으로 한정된 조건에서는 효율적인 것으로 평가되었다.

산림지역은 산불, 산사태, 병해충과 같은 산림재해 위험성이 존재하고 있고 산림복지시설에도 수목의 성장환경을 비롯하여 고객에 대한 다양한 IoT기반 서비스가 필요하므로 이를 지원하기 위한 IoT 서비스 인프라 구축이 시급한 것으로 판단된다.

#### References

- [1] Annual Report of Forestry Statistical, 2016
- [2] Joongdo-Ilbo, "4th Industrial Revolution and Future of Forest Welfare", Young-Gyun Yun, 2018
- [3] Daesik Ko, "Fostering forest industry (forestry and forestry) for the 4th industrial revolution", Forest service Report, 2018
- [4] LoRa Alliance, "LoRaWAN Specification", Jan. 2015.
- [5] Semtech, "LoRa FAQ", 2015.
- [6] Semtech, "LoRa TM Modulation Basics", AN1200.22, May 2015.
- [7] Dong-Han Lee and Dae-Sik Ko, "A Study on the Design of IoT Network with Edge Computing for Forest Service", Journal of KIIT, Vol. 16, No. 10, pp. 101-109, Oct. 2018.
- [8] Chih-Yung Chang, "Design and Implementation of an IoT Access Point for Smart Home", Applied Sciences, Vol. 5, No. 4, pp. 1882-1903, Dec. 2015, <https://doi.org/10.3390/app5041882>.
- [9] <https://en.wikipedia.org/wiki/LTE-M>. [accessed: Jun. 10, 2019]
- [10] JinHyung Kim and SK Telecom, "Utilization of IoT Private Network", report, 2018
- [11] <https://en.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi>. [accessed: Jun. 10, 2019]
- [12] <https://en.wikipedia.org/wiki/LTE>. [accessed: Jun. 10, 2019]
- [13] Oleksiy Mazhelis and Pasi Tyrväinen, "A framework for evaluating Internet-of-Things platforms: Application provider viewpoint", IEEE World Forum on Internet of Things, Seoul, South Korea, pp. 147-152, Mar. 2014. <https://doi.org/10.1109/WF-IoT.2014.6803137>
- [14] Ivan Valeryevich Evdokimov et al., "A cost estimation approach for IoT projects", IOP Conf. Series: Journal of Physics Conference Series, Vol. 1176, Mar. 2019. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1176/4/042083>.

저자소개

고 대 식 (Dae-Sik Ko)



1982년 2월 : 경희대학교 전자  
공학과 졸업(공학사)

1991년 2월 : 경희대학교 전자  
공학과(공학박사)

1994년 1월 ~ 1995년 2월: UCSB  
Post-Doc

2011년 1월 ~ 2012년 12월 :

한국정보기술학회 회장

1989년 ~ 현재 : 목원대학교 전자공학과 교수

관심분야 : ICT융합, 사물인터넷, 신호처리