

LoRaWAN 통신용 Multi-hop 네트워크 설계에 관한 연구

김민영* · 전형구 · 장종욱

동의대학교

A Study on Multi-hop Network Design for LoRaWAN Communication

Minyoung Kim* · Hyoung-Goo Jeon · Jongwook Jang

Dong-eui University

E-mail : kmyco@office.deu.ac.kr / hgjeon@deu.ac.kr / jwjang@deu.ac.kr

요 약

본 논문은 IoT 제품에서 사용하는 데이터 통신망 중 LoRaWAN Gateway의 Back-haul 사용료 절감 및 통신 커버리지를 확장하기 위해 기존 Single-hop 방식에서 Multi-hop 기반의 네트워크로 설계를 위한 연구 내용 다룬다. 본 논문은 기존 Single-hop 방식으로 구현된 LoRaWAN의 통신방식을 분석하여 Multi-hop 네트워크를 어떻게 설계할 것인지 그리고 LoRaWAN 표준안을 분석하여 Multi-hop 네트워크 설계할 때 반영해야 하는 사항들을 무엇이 있는지 언급할 것이다.

ABSTRACT

This paper explains the design idea of a multi-Hop network for LoRaWAN. First, the existing LoRaWAN communication method(Single-Hop) will be described based on the standard specification. It then discusses technical considerations when converting from LoRaWAN to a multi-hop network. Finally, we introduce our ideas in this paper.

키워드

IoT, LPWA, LoRaWAN, Multi-hop, Routing

1. 서 론

무선 데이터 통신 기술의 발전과 하드웨어의 가격하락으로 인해 현재 다양한 용도의 IoT(Internet of Things) 제품이 출시되어 많은 사용자에게 보급되고 있다. 지금의 IoT 제품은 기본적으로 무선 데이터 통신 기능을 탑재하여 인터넷과 연결하고 있다. 무선 데이터 통신 기능을 포함한 가정용 IoT 제품 같은 경우 Wi-Fi(IEEE 802.11) 기술을 이용, 실외용 IoT 제품 같은 경우 대부분이 셀룰러 모뎀(WCDMA, LTE 등)을 이용해 이동통신사들이 구축한 셀룰러 네트워크를 이용해 인터넷에 연결하여 서버와 데이터를 송·수신하고 있다. 셀룰러 모뎀을 이용한 IoT 제품은 해당 모뎀 모듈의 가격이 고가여서 다른 IoT 제품의 구매가격 비하면 비싼 편이

며, 이동통신사의 셀룰러 네트워크에서 데이터 송·수신을 이루어지기 때문에 비싼 월정료를 지급해야 한다. 또한, 다른 모듈에 비해 셀룰러 모뎀의 전력 소모가 커 배터리 효율이 높지 못하다[1].

적은 데이터를 송·수신하는 IoT 장비를 위한 무선 통신이 현재 출시되고 있다. 특히 저전력으로 광역통신이 가능한 LPWA(Low Power Wide Area) 통신기술이 IoT 장비에 사용되고 있으며, 대표적으로 LoRaWAN(Long Range Wide Area Network) 통신이 있다. LoRaWAN은 End-Device가 한 개 이상의 Gateway 간의 Single-Hop 연결을 통해 데이터 통신이 이루어진다[2]. 국내에서는 현재 SK텔레콤(이하 SKT)에서 LoRa 전국망 서비스를 운영하고 있으며, 만약 해당 네트워크를 사용할 경우 사용 데이터 크기에 맞게 SKT에게 월정료를 내야 한다[3]. SKT의 LoRa 전국망 월정료는 기존 셀룰러 통신망과 비교하면 저렴하나 많은 IoT 장비를 운영하는 곳

* corresponding author

에서는 지속해서 내어야 하는 월정료가 부담스러운 것은 마찬가지다.

그래서 이런 경우에는 독자적으로 여러 대의 Gateway 장비를 설치해 사설 LoRaWAN 네트워크를 구축하여 운영하고 있다. 사설 LoRaWAN 네트워크 구축하면 Gateway마다 인터넷이 연결되어야 하는데, 이를 위해 통신사의 인터넷 통신망을 이용하게 되어 이에 따른 월정료를 해당 통신사에게 내야 한다. 이때 Gateway 장비별로 사용한 데이터 용량만큼 해당 월정료를 내야 한다.

만약 기존의 LoRaWAN의 Single-Hop 방식의 통신방식을 Gateway와 Gateway 간 데이터를 라우팅하여 최종적으로 인터넷으로 전송하는 방식의 Multi-Hop 방식의 네트워크를 구성하면 위에서 언급한 사설 LoRaWAN에서 발생하는 Gateway 장비별 인터넷 월정료를 절감할 수 있으며 기존방식보다 통신 커버리지가 넓어져서 더 많은 End-Device를 처리할 수 있을 것으로 생각한다.

본 논문은 LoRaWAN에서 Multi-hop 네트워크 설계를 위해 필수적으로 고려해야 할 내용을 다룬다. LoRaWAN의 표준에 명시된 통신 방법 및 프로토콜 내용을 바탕으로 분석하여 LoRaWAN의 Gateway가 서로 간 통신할 수 있는 Multi-hop Network를 하는 방법과 관련된 연구 내용을 다룰 것이다.

II. LoRaWAN 통신 방법

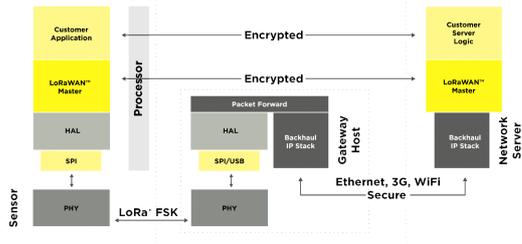


그림 1. LoRaWAN 통신 계층도[2]

LoRaWAN은 End-Device에서 생성된 패킷을 LoRa 통신방식(무선)을 통해 인접 Gateway로 전송하면, 전달받은 Gateway(이하 GW)는 연결된 Back-haul(예를 들어 셀룰러(3G/4G/5G), Ethernet, 위성, Wi-Fi 등)를 이용해 Internet Protocol(IP)를 기반으로 네트워크 서버로 전송한다. 이때 LoRaWAN 네트워크에 속한 모든 End-Device(이하 Node)는 무선 이동통신 특성상 패킷을 보낼 때 특정 Gateway에 보내지 않고 인접한 GW에 보낸다. 그래서 Node가 전송하는 데이터는 Node와 근접한 GW에서 모두 수신한다. 이때 중복된 패킷은 네트워크 서버에서 필터링 및 보안 검사를 수행하고, 최종 목적지인 애플리케이션 서버에 해당 패킷을 전송한다(그림 1과 그림 2). 이후 애플리케이션 서버는 네트워크 서버를 통해 Node에게 보내준 패킷

을 잘 받았다는 Acknowledgement Message(이하 ACK)를 보내게 되는데, 이때 네트워크 서버는 해당 ACK를 보내기 위한 최적의 GW(Node가 최초로 보낸 Gateway)로 보낸다. 이후 ACK를 받은 GW는 목적지 Node에게 해당 ACK를 전송한다 [4-5].

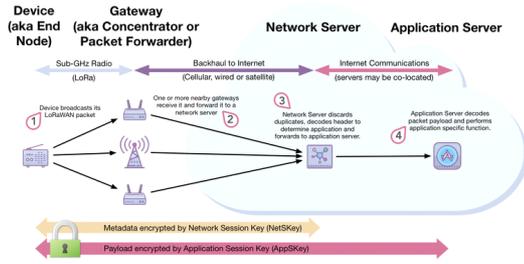


그림 2. LoRaWAN 통신방식 흐름도[6]

LoRaWAN에서 End-Device(이하 ED)가 애플리케이션 서버와 통신을 하기 위해서는 활성화(Activation) 단계를 밟아야 한다. 여기서 말하는 활성화 절차 방식은 LoRaWAN 통신 조인(Join)을 말하며, LoRaWAN에서는 OTAA(Over-The-Air Activation)와 ABP(via Activation By Personalization)의 두 가지 방법 있다. 이는 LoRaWAN에서는 통신 과정이 암호화되는데, 여기서 사용되는 Key 값을 생성하는 방법이 조인 방식마다 다르다. 그래서 ED에서는 데이터 통신에 사용할 LoRaWAN에서 사용되는 조인 방식에 맞추어 통신해야 한다 [5-6].

III. Multi-Hop 네트워크 설계

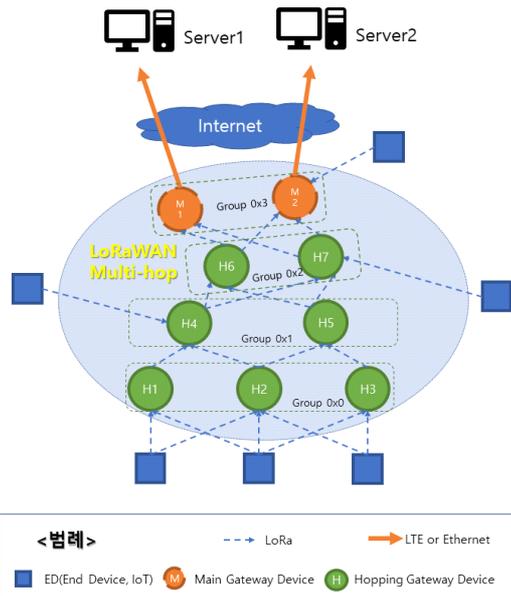


그림 3. 본 논문에서 제시하는 LoRaWAN용 Multi-Hop 네트워크 구성도

(그림 3)은 본 논문에서 구성하고자 하는 LoRaWAN용 Multi-hop 네트워크(이하 NW)의 구성도이다. 본 논문에서 제시하고자 하는 LoRaWAN용 Multi-hop 네트워크는 ED는 기존대로 GW와 통신을 하지만 GW들은 ED에서 받은 패킷을 전달하기 위해 라우팅(Routing)을 하는데, 이때 각 GW는 기능적으로 두 가지 유형으로 나뉘게 된다. 두 유형 전부 ED에서 오는 패킷을 전송받지만, Hopping Gateway(이하 HGW)는 다른 HGW에게 해당 패킷을 전달하며 최종적으로 Main Gateway(이하 MGW)에 전송한다. 이때 MGW는 HGW(또는 근접 ED)에게 수신한 패킷을 LoRaWAN의 Network Server 표준의 프로토콜(JSON 기반)로 변환한 뒤 연결된 Back-haul을 통해 인터넷을 통해 해당 서버로 송신한다[7].

본 논문에서 제시하는 NW의 라우팅은 HGW간 레벨(Level)을 두어 낮은 레벨을 가진 HGW에서 높은 레벨을 가진 MGW에게 전송하는 방식을 가진다. 만약 '레벨1'의 HGW(그림 3의 H4)에서 ED에게 신호를 받았다면 이후 다음 레벨인 '레벨2'의 HGW(그림 3의 H6과 H7)에게 보내게 되고 레벨2 HGW는 최종 '레벨3'의 MGW에게 송신한다. 만약 서버에게 받은 ACK를 ED로 보낼 때 레벨3의 MGW에서 레벨이 낮은 HGW에게 이전과 다른 역방향으로 보내는 방식이다.

본 논문의 NW에서의 HGW는 자신의 레벨, 담당하는 ED 주소들, 최종 패킷 전달 목적지 MGW 주소를 가지도록 설계 및 구현해야 한다. 이는 이동통신의 무지향성 때문이다. ED에서 만약 패킷을 보내면 인접한 GW로 보내게 된다. 기존 Single-Hop일 경우에는 중복패킷 수가 적을 것이지만, Multi-Hop에서는 많은 GW가 존재해 많은 수의 중복패킷 수가 많이 발생한다. 이는 네트워크 속도가 저하될 수 있는 상황이 발생한다. 그래서 본 논문의 NW에서는 해당 정보를 사전에 각 GW가 가지고 있어 ED 또는 다른 GW에서 수신된 패킷을 확인하고 자신에게 해당하지 않은 패킷이면 자동 삭제하여 중복 전송 패킷을 최소화하는 방법을 본 논문에서는 설계하도록 제안한다.

4)은 본 논문에서 제안한 프로토콜 설계 내용이다. 기존 Payload(LoRaWAN MAC Protocol) 앞에 여러 정보가 포함된 Header를 붙여 각 GW 간 통신한다. 이때 ED에서 전송한 패킷을 먼저 수신한 GW 같은 경우 ED의 원래 패킷에서 목적지 MGW를 확인하여 자신이 처리해야 하는 패킷이라면 본 논문에서 제시하는 패킷대로 변환하여 다음 레벨의 HGW에게 전송한다.



그림 5. 무방향성 패킷 처리 방법

본 논문의 NW에서는 무선통신환경에서의 라우팅이라 여러 상황을 고려해야 한다. 먼저 반사파 문제로 인해 자기가 보낸 무선 신호를 받을 수 있는 것을 고려해야 한다. 이런 경우에는 GW가 가진 레벨과 무선 신호에 포함된 데이터 중 목적지 레벨을 확인하는데, 만약 자신의 레벨의 메시지라면 해당 메시지를 자동으로 삭제하는 방법을 설계하여 구현해야 한다. 다음은 무선 통신이라 무지향성이라는 것을 고려해 GW에서는 수신된 메시지 처리 방법을 처리해야 한다. (그림 5) 같은 시나리오를 적용했을 때 이전에 언급한 내용과 같이 자신의 메시지가 아니라면 자동 삭제하고, 자신에게 해당하는 메시지면 그에 맞는 절차를 수행하도록 설계하여 구현해야 한다.

이외에도 HGW가 Back-haul이 연결되지 않아 시간 동기화가 어렵다. 이를 대비해 HGW에서는 GPS(Global Positioning System) 센서를 통해 시간 정보를 받아 시간 동기화를 진행해야 한다. 그리고 본 논문의 NW에서는 항상 통신이 이루어야 하므로 본 논문의 NW에서의 모든 GW는 LoRa Class 3로 구현돼야 한다[5,7].

IV. 결 론

본 논문은 LoRaWAN용 Multi-Hop 네트워크를 설계한 내용을 다루었다. 설계하기 위해 LoRaWAN의 기존 통신 방법을 해당 표준에 언급된 내용을 바탕으로 분석하였으며, 실제 구현할 때 고려해야 할 상황에 관한 내용을 살펴보고 이에 대한 해결책을 본 논문에 언급하였다.

추후 본 논문의 내용으로 구현할 때에는 MGW는 처리해야 하는 일이 HGW보다 많을 것이다. 이는 HGW에서 해야 하는 기능과 더불어 서버와 데이터 송·수신을 위한 기능을 추가로 실행해야 하는데, Embedded 장비로 구현되는 HGW와 다르게 MGW의 성능향상을 위해 일반 PC로 구현되어야 할 것이다.

Protocol Identifier : Multi-Hop 식별 문자(1byte)
Flag : 해당 Packet의 상세정보(Linkmode, Next Group Number 등)(1byte)
Source G/W Address : 보내는 G/W의 주소(1byte) (Uplink 일 때만 사용)
Destination G/W Address : 도착지 G/W의 주소(1byte)
End-Device Address : 패킷 보낸 End-Device 주소(4byte) (Uplink 일 때 사용)
Payload : 기존 LoRaWAN Packet 데이터

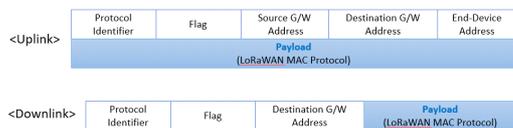


그림 4. 본 논문의 NW의 전용 프로토콜

위 문장에서 언급된 것을 해결하기 위해서는 본 논문의 NW 전용 프로토콜이 설계해야 한다. (그림

Acknowledgement

이 논문은 2018년도 BB21+사업에 의하여 지원되었음.

References

- [1] S. Y. Kim, S. K. Park, H.D. Choi, "Wide Range IoT Technology and Standardization based on LPWA", *Electronics and Telecommunications Trends*, Vol. 33, No. 2, pp. 95-106, Apr. 2016.
- [2] What is the LoRaWAN Specification?[Internet]. Available : <https://lora-alliance.org/about-lorawan>
- [3] SK telecom IoT Network - LoRa [Internet]. Available : <https://www.sktiot.com/iot/introduction/iotnetwork/iotNetworkLoRa>
- [4] LoRaWAN-What is it?[Internet]. Available : <https://lora-alliance.org/sites/default/files/2018-04/what-is-lorawan.pdf>
- [5] LoRaWAN Specification v1.1[Internet]. Available : <https://lora-alliance.org/resource-hub/lorawantm-specification-v11>
- [6] LoRaWAN: OTAA or ABP? [Internet]. Available : <https://www.newieventures.com.au/blogtext/2018/2/26/lorawan-otaa-or-abp>
- [7] SEMTECH, LoRaWAN Network Server Demonstration: Gateway to Server Interface Definition [Internet]. Available : <https://www.thethingsnetwork.org/forum/uploads/default/original/1X/4fbda86583605f4aa24dcedaab874ca5a1572825.pdf>