

이기종 IoT 장치간의 데이터 전송 속도 차이로 인한 데이터 손실 방지 기법

서형윤¹ · 박정규^{1*}

The prevent method of data loss due to differences in bit rate between heterogeneous IoT devices

Hyungyoon Seo¹ · Jung Kyu Park^{1*}

^{1*}Assistant professor, Department of Computer Software Engineering, Changshin University, Changwon-si, 51352 Korea

요 약

IoT 장치들은 네트워크 구성에 많이 사용되고 있고, 증가하고 있다. 데이터는 필요에 따라서 이기종의 IoT 장치를 통하여 전송된다. 본 논문에서는 Bluetooth 5를 이용하여 내부 네트워크를 구성하고, LoRa(Long Range)를 통하여 데이터 전송할 때 발생하는 전송 데이터 손실을 방지하기 위한 기법을 제안한다. Bluetooth 5가 LoRa의 데이터 전송 속도에 비해 빠르므로 LoRa를 통하여 데이터를 전송할 때 데이터 손실 문제가 발생한다. 본 논문에서 제안하는 전송 데이터 손실 방지 기법은 Bluetooth 5와 LoRa 뿐 아니라 이기종의 IoT 장치의 데이터 전송 속도 차이로 인해 발생하는 데이터 손실을 방지할 수 있을 것으로 기대한다. 또한 본 논문에서는 제안하는 데이터 손실 방지 기법을 적용하여 시뮬레이션 결과를 보인다. 2가지 방법으로 시뮬레이션 했을 때 전송 성능과 저장에 필요한 메모리 양을 보인다.

ABSTRACT

IoT devices are widely used in network construction and are increasing. If necessary, heterogeneous IoT devices are used for data transmission. This paper proposes to prevent the method of data loss due to differences in throughput when the local network is constructed by Bluetooth 5 and long range network does by LoRa(Long Range). Data loss occur when the data transmits through LoRa, due to the throughputs of Bluetooth 5 faster than that of LoRa. The prevent method proposed by this paper can apply not only Bluetooth 5 and LoRa but heterogeneous IoT devices and expect to prevent data loss due to differences in throughput between heterogeneous IoT devices. Also, this paper shows the simulation result by applying the proposed avoid method. In this paper, two way to the preventive method shows the data transmission ratio and amount of memory that of necessity.

키워드 : 스마트 팩토리, Bluetooth 5, LoRa, 데이터 손실, 이기종 IoT 장치

Keywords : Smart Factory, Bluetooth 5, LoRa, Data Loss, Heterogeneous IoT Devices

Received 26 April 2019, Revised 30 April 2019, Accepted 3 June 2019

* Corresponding Author Jung Kyu Park(E-mail: jspark@cs.ac.kr, Tel:+82-55-250-1312)

Assistant professor, Department of Computer Software Engineering, Changshin University, Changwon-si, 51352 Korea

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkiice.2019.23.7.829>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©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.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서론

Internet of Things (IoT)[1] 장치는 다양한 분야에서 사용되고 있으며 계속 확산되고 있다. IoT 장치는 저 비용으로 쉽고 빠르게 현장에 적용할 수 있으며, 대표적인 무선 기술은 Bluetooth, LoRa, Bluetooth Low Energy, 802.15.4/ZigBee 등이 있다. 본 논문에서는 IoT 무선 기술 중에서 최근 이슈가 되고 있는 Bluetooth 5[2]와 LoRa[3]기술을 주목하였다.

Bluetooth 5는 Bluetooth 4.2[4] 에 비해 저 전력 효율성과 원 홉 통신거리가 향상되었다. 또한 통신 속도가 기존 Bluetooth 4.2 보다 향상되었다. Bluetooth 4.2는 특히 원 홉 통신거리와 전력의 효율성 때문에 주로 개인용 기기에서 근거리 통신용으로 사용되었다면, Bluetooth 5는 전력의 효율성이 증가하였고, 원 홉 통신거리가 늘어나 개인용 기기 뿐 아니라 스마트 팩토리나 스마트 홈 등, 다양한 환경에서 급속하게 확산되어 사용될 것으로 판단하고 있다.

LoRa는 저 전력으로 장거리 통신을 지원하는 LoRaWAN (Long Range Wide Area Network)이며, 비 먼허 주파수를 사용하므로 저 비용으로 IoT 망을 효율적으로 구축할 수 있다. 국내 대표적인 통신사 SK Telecom에서는 LoRa를 이용한 IoT 전국망을 이미 구축하였다[5]. 또한 LoRa 관련 논문[6]에 따르면, LoRa 통신 Mode 1에서 20Km 거리까지 전송 성공한 실험결과를 확인할 수 있다.

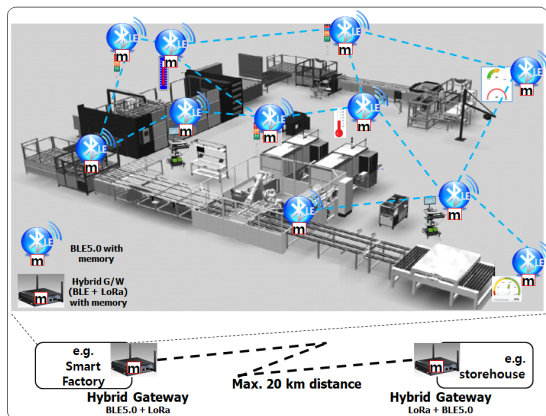


Fig. 1 A simple heterogeneous networks. Local network is constructed by Bluetooth 5 and long range network does by LoRa.

그림 1은 스마트 팩토리에서 Bluetooth 5와 LoRa로 네트워크를 구성하는 예를 보여준다. 전체 네트워크 중 내부 네트워크는 Bluetooth 5 메쉬 기술을 이용하여 구성하며, 외부 장거리 네트워크는 LoRa를 이용하여 구성한다. 메쉬 네트워크는 원 홉 통신 거리가 짧지만 다수의 노드를 설치하여 전체 통신 거리를 확장할 수 있게 해 주는 장점이 있어 Bluetooth 4.2, 802.15.4/ZigBee 등에서 이미 많이 사용되어 오고 있다. 또한 Bluetooth 5와 LoRa는 직접 데이터 통신이 불가능하므로, 데이터 전송을 위해 Bluetooth 5와 LoRa를 결합한 하이브리드 게이트웨이를 구성한다.

그림 1과 같은 네트워크를 구성하여 각 Bluetooth 5 노드에서는 데이터를 하이브리드 게이트웨이로 전송하고, 하이브리드 게이트웨이의 LoRa 통신을 통하여 원격지에 데이터를 전송할 때 전송 데이터가 손실 되는 문제가 발생한다. 그 이유는 첫째, Bluetooth 5는 최대 2Mbps의 데이터 전송 속도를 지원하지만 LoRa의 데이터 전송 속도는 Bluetooth에 비해 상대적으로 느리기 때문이다. 둘째, 다수의 Bluetooth 5 노드들이 데이터를 전송하며, 이를 하나의 LoRa를 통하여 데이터를 전송하기 때문이다. 그러므로 본 논문에서는 서로 다른 기종의 IoT 장치로 데이터를 전송할 때 각 IoT 장치의 전송속도 차이로 인해 발생하는 전송 데이터 손실 방지 기법을 제안한다.

II. 연구 동기 및 관련 연구

4차 산업 혁명 시대를 맞아 스마트 팩토리를 구성하기 위해서는 ‘연결’과 ‘지능화’를 이루어야 한다. ‘연결’은 스마트 팩토리 내의 각종 장치들에서 발생하는 데이터들을 네트워크로 연결되어 수집할 수 있어야 하며, ‘지능화’는 수집된 각종 데이터를 분석, 가공하여 관리자를 위한 정보를 제공하여 생산성 효율 등을 높일 수 있도록 하는 것이다.

스마트 팩토리의 네트워크 연결 형태는 다양하게 구성할 수 있다. 하지만 IoT 장치의 요구 조건(예를 들면 저 비용, 저 전력, 전송 성능, 장거리 통신 등)이 Bluetooth 5와 LoRa가 현재로서는 최상의 조건으로 관련 논문 [7-10]에서도 밝히고 있다. 이에 본 논문은 Bluetooth 기술과 LoRa 기술의 장점을 이용하여 네트워크를 구축하는 것이 확산될 것으로 예측하며, 이러한 네트워크를 구

축할 때 발생할 수 있는 문제점을 연구하고자 했다. 따라서 본 논문에서는 그림 1과 같이 Bluetooth 5 메쉬 기술을 이용하여 내부 네트워크를 구축하고, LoRa를 이용하여 스마트 팩토리와 창고(거리 약 20km 이내)를 연결하여 데이터를 전송하는 것을 가정한다.

무선 네트워크는 스마트 팩토리 환경과 거리에 따라 성능이 달라진다. 관련 논문[8]에서는 노드와 노드 사이에 벽이 있을 때와 없을 때, 거리에 따라 전송 성능(throughput)을 측정, 비교하고 있으며, Bluetooth 5 노드 배치에 따라 성능을 확인할 수 있다. 이 논문에서는 Bluetooth 4.2와 Bluetooth 5를 비교하고 있으며, 표 1은 데이터 전송 속도, 전송 거리, 전송 가능한 메시지 크기, beacon 등을 비교 정리한 것을 보여준다.

Table. 1 Specification for Bluetooth 5 vs Bluetooth 4.2 comparison[8].

Specifications or features	Bluetooth 5	Bluetooth 4.2
Speed	Twice compare to Bluetooth 4.2 ver. Supports about 2Mbps	Supports about 1Mbps
Range	Four times compare to Bluetooth 4.2 ver. Supports 200 meters in Line Of Sight(LOS) path in outdoor environment, Supports 40 meters in indoor environment.	Supports 50 meters in Outdoor, Supports 10 meters in indoor
Message Capacity	About 255bytes	About 31bytes
Bluetooth Beacon	Beacons have become more popular due to speed and range increase in Bluetooth 5 ver.	Beacons were less popular due to less speed/range as well as low message capacity of about 31bytes

Bluetooth 5 메쉬 네트워크를 구축하고 데이터를 전송했을 때 네트워크 상태가 혼잡해 질 수 있고, 전송 데이터가 손실될 수 있다. 관련 논문 [9]는 SDN(Software Defined Networking)환경에서 Bluetooth 메쉬 네트워크를 구축하고 데이터를 전송하는데, 네트워크의 혼잡 상황을 검출하고 전송 파라미터를 조정하여 버퍼의 overflow를 방지하고 전송 성능을 유지한다. 또한 전송 지연이 늘어나는 것을 방지한다.

LoRa 기술의 특징과 한계를 이해하는 것은 LoRa 네

트워크를 구축하고 관리하는데 중요한 문제다. 관련 논문 [11]에 따르면 다양한 크기의 패킷에 따라서 전송 성능, LoRa/LoRaWAN의 특징과 한계를 보여주고 있으며, LoRa 기술로 실시간 모니터링, 측정 등을 보여주고 있다. 이 논문은 LoRa 게이트웨이를 제작하여 다양한 주파수 조건에서 전송 데이터 크기를 변화시켜가며 데이터 전송 성능을 측정하여 성능을 개선하는 것을 보여준다.

순수하게 Bluetooth 또는 LoRa를 이용한 성능 측정 관련 연구와 네트워크 혼잡 상황을 제어하는 연구는 진행된 바 있으나, 이종 IoT 장치를 연계한 연구는 찾아보기 힘들다. IoT 네트워크는 IoT 장치의 특성을 잘 이해하고 구성해야 하며, 앞으로 이종 IoT 장치의 장점들을 이용한 네트워크 구축이 증가할 것으로 예상된다. 본 연구는 IoT 장치의 기술 특성에 따라 네트워크를 구성하고자 했으며, 이종 IoT 장치를 이용하여 데이터를 전송할 때 전송 속도 차이로 인해 발생하는 데이터 손실 문제를 해결하고자 한다.

III. 전송 데이터 손실 방지 기법

제안하는 전송 데이터 손실 방지 기법은 각각의 Bluetooth 5 노드와 하이브리드 게이트웨이에 제한적이지만 임시적인 저장 공간(버퍼)이 있는 것으로 가정한다. Bluetooth 5 노드는 메쉬 네트워크를 통하여 하이브리드 게이트웨이 Bluetooth 모듈로 데이터를 전송하며, 하이브리드 게이트웨이 LoRa 모듈을 통하여 장거리 전송을 한다. 제안하는 전송 데이터 손실 방지 기법은 Bluetooth 5 메쉬 노드와 하이브리드 게이트웨이에 각각 구현한다.

3.1. Bluetooth 5와 LoRa를 결합한 하이브리드 게이트웨이 동작

그림 2는 하이브리드 게이트웨이 동작 순서를 보인다. Bluetooth의 전송 속도가 LoRa의 전송속도보다 빠르고, 임시로 저장할 수 있는 버퍼가 제한적이므로, 전송 데이터의 손실을 방지하기 위해서 수신하는 데이터의 양을 조절해야 하며, 다음과 같이 동작한다.

하이브리드 게이트웨이는 전송할 데이터가 버퍼에 존재하는지 확인한다. 전송할 데이터가 존재하거나

Bluetooth 메쉬 모듈로부터 데이터를 수신하게 되면 LoRa 모듈을 통하여 전송한다. 이 때 전송에 실패하게 되면 데이터를 버퍼에 저장한다. 버퍼에 저장되어 있는 데이터의 양을 확인하여 데이터의 저장 기준이 초과되었는지 확인한다. 버퍼에 저장되어 있는 데이터의 양을 확인하는 이유는 하이브리드 게이트웨이가 가지고 있는 버퍼의 양이 한정되어 있기 때문에 overflow로 인한 데이터 손실을 막기 위함이다.

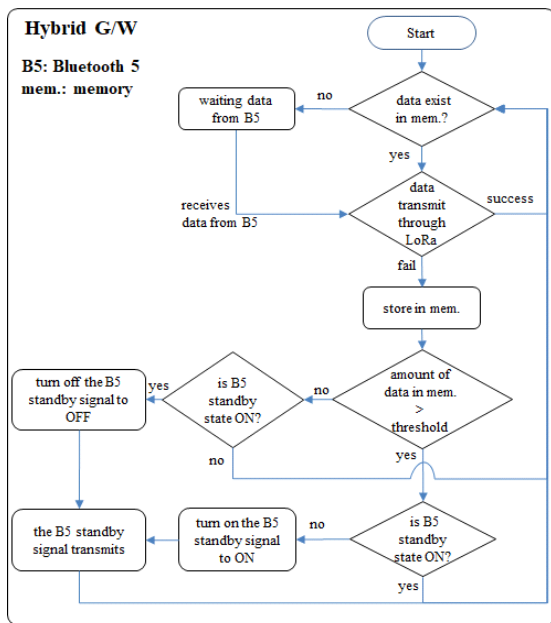


Fig. 2 The operation sequence of Hybrid G/W that composed of Bluetooth 5 and LoRa.

버퍼에 저장되어 있는 데이터의 양을 저장 기준과 비교하여 초과되었다면 다음과 같이 동작한다. 하이브리드 게이트웨이는 메쉬 노드들에게 대기 신호 'ON'을 보낸다. 각 메쉬 노드는 데이터 취득 속도를 조절하거나, 취득한 데이터를 각 메쉬 노드 자체 버퍼에 저장하도록 유도한다. 이때 메쉬 노드들에게 대기 신호 'ON'을 전송했다는 정보를 하이브리드 게이트웨이가 저장하여 중복하여 전송하지 않도록 한다.

위와 같이 동작하여 각 메쉬 노드에게 대기 신호 'ON'을 전송하면 하이브리드 게이트웨이가 수신하는 데이터의 양을 조절할 수 있다. 동시에 LoRa 통신으로 버퍼에 저장된 데이터를 전송하여 버퍼의 저장된 데이터를 줄일 수 있게 되어 저장 기준을 만족하게 된다. 이

때 하이브리드 게이트웨이는 대기 신호 'OFF'를 각 메쉬 노드에게 전송하고, 각 메쉬 노드는 데이터를 정상적으로 취득하여 전송하도록 한다. 하이브리드 게이트웨이는 이러한 동작으로 각 메쉬 노드가 데이터 취득 속도를 조절하도록 하고, 전체 메쉬 네트워크의 전송 데이터 양을 조절하도록 하여 전송 속도 차이로 인한 overflow로 데이터 손실을 막는다.

3.2. Bluetooth 5 메쉬 노드 동작

그림 3은 Bluetooth 5 메쉬 노드 동작 순서를 보인다. 각 메쉬 노드는 하이브리드 게이트웨이로부터 전송 대기 신호 'ON'을 수신했을 때와 'OFF'를 수신했을 때로 나누어 동작한다.

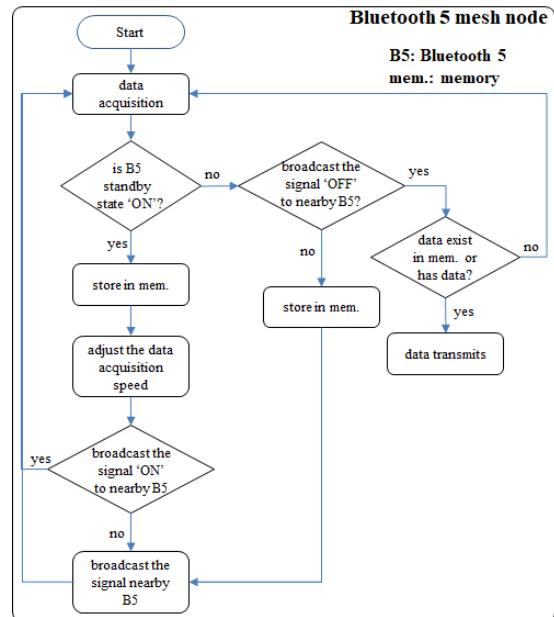
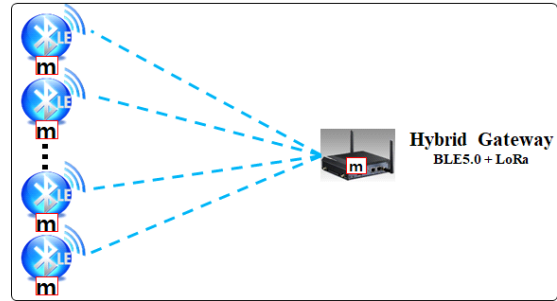


Fig. 3 The operation sequence of Bluetooth 5 mesh node.

Bluetooth5 메쉬 노드는 전송할 데이터를 취득하고 데이터를 하이브리드 게이트웨이로 전송하기 전에 대기 신호 'ON' 수신 여부를 확인한다. 대기 신호 'ON'을 수신했다면 취득한 데이터를 버퍼에 저장하고 데이터 취득 속도를 조절한다. 데이터 취득 속도를 조절하는 이유는 메쉬 노드의 버퍼양이 한정되어 있고 하이브리드 게이트웨이에 전송하는 데이터의 양을 조절하기 위함이다. 또

한 주변 메쉬 노드에 대기 신호 'ON'을 전파하고, 이미 전파한 상태라면 중복하여 전송하지 않도록 한다.

대기 신호 'ON'을 수신하지 않았다면 대기 신호 'OFF'를 수신한 상태인지 확인한다. 대기 신호 'OFF'를 수신하고 주변 노드에 전파하지 않은 상황이라면 취득한 데이터를 버퍼에 저장하고 주변 노드에 대기 신호 'OFF'를 전파한다. 이미 대기 신호 'OFF'를 전파한 상태라면 취득한 데이터를 메쉬 네트워크를 통해 전송한다.



(b)

Fig. 4 Bluetooth mesh network topologies.

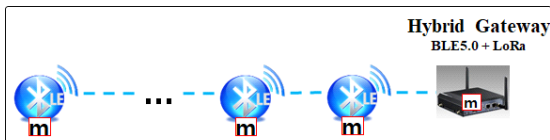
IV. 시뮬레이션 조건 및 결과

Bluetooth 5 메쉬 노드 구성에 따라 트래픽 상황이 달라질 수 있다. 그러므로 본 논문에서 가정하는 메쉬 네트워크 토폴로지 구성을 설명한다. 또한, 본 논문에서는 실제 프로젝트에서 사용된 PLC 데이터를 JSON으로 변환하여 전송하며(그림 5 참조), 제안하는 손실 방지 기법을 적용하지 않았을 때와 적용했을 때 시뮬레이션 결과를 보여준다.

4.1. 시뮬레이션 메쉬 네트워크 토폴로지 구성

하이브리드 게이트웨이와 연계되는 메쉬 네트워크 토폴로지 형태는 그림 4 (a), (b)로 크게 두 가지로 나눌 수 있다.

그림 4 (a)는 각 메쉬 노드가 취득한 데이터를 이웃 노드들을 순차적으로 거쳐 하이브리드 게이트웨이에 도달한다. 이 경우 하이브리드 게이트웨이는 최대 한 개의 메쉬 노드가 전송할 수 있는 데이터의 양 만큼 수신한다. 그러므로 이론상으로는 최대 2Mbps의 데이터를 수신할 수 있다. 하지만 1대의 PLC 데이터를 취득하여 전송한 결과 약 40kbps 전송 속도면 충분하였다. 물론 LoRa의 전송 속도가 Bluetooth 5 전송 속도보다 느리기 때문에 이러한 네트워크 토폴로지의 경우에도 데이터의 양이 늘어날 경우 전송 데이터 손실이 발생하게 된다.



(a)

그림 4 (b)는 다수의 메쉬 노드가 하이브리드 게이트웨이에 데이터를 전송하는 형태다. 이러한 네트워크 토폴로지는 그림 4 (a)의 경우보다 더 많은 전송 데이터 손실이 발생하게 되므로, 본 논문에서는 그림 4 (b)의 네트워크 토폴로지 형태를 가정하여 시뮬레이션 한다.

4.2. 시뮬레이션의 전송 데이터

본 논문에서는 그림 5에서 보는 바와 같이 실제 PLC 데이터를 취득하여 전송한다. 그림 5의 PLC 데이터는 시간별 각 기기에서 동작하는 작업시간, 작업속도, 결과물 무게 등의 주요 작업 결과를 관리자가 알 수 있도록 정보를 전달한다. 전송하는 PLC 데이터는 평균 약 488bytes이며, 실제 데이터의 크기는 종류에 따라 가변적이다.

```

{
  "ID": "PLCID",
  "TIME": "string(ISODate)",
  "PLCINFO": [
    { "Ip": "192.168.0.11" },
  ],
  "PLCDATA": [
    { "DrivingSpeed": 1200, "Des": "Driving Speed" },
    { "CarrierSpeed": 100, "Des": "Carrier Speed" },
    { "WeightCounter": , "Des": "Weight Counter" },
    { "CounterSet": , "Des": "Counter Setting" },
    { "LowSpeedSet": , "Des": "Low Speed Setting" },
    { "HighSpeedSet": , "Des": "High Speed Setting" },
    { "RatioSet": , "Des": "Ratio Setting" },
    { "SunKyungSet": , "Des": "SunKyung Setting" }
  ]
}
    
```

Fig. 5 A real sample data of PLC.

4.3. 시뮬레이션 결과

하이브리드 게이트웨이 한 대와 8대의 Bluetooth 5 메쉬 노드가 그림 4 (b) 토폴로지로 시뮬레이션을 수행한다. 각 메쉬 노드는 1초에 10개의 PLC 데이터를 하이브

리드 게이트웨이에 전송한다. (488byte * 8 * 10개 * 8개 노드= 1초당 312,320bps) 하이브리드 게이트웨이의 LoRa 전송 속도는 약 300kbps [12]로 가정한다. 또한 하이브리드 게이트웨이는 제한된 버퍼(100kbits로 가정)로 인해 PLC 데이터를 10개 이상 저장하게 되면 제안하는 손실 방지 기법에 따라 대기 신호 ‘ON’을 전송하고, PLC 데이터 10개 미만이 되면 ‘OFF’ 신호를 전송한다. 시뮬레이션 결과는 50초 동안 데이터를 전송했을 때 Bluetooth 5 메쉬 노드 (평균) data rate과 하이브리드 게이트웨이가 저장해야 되는 데이터 버퍼 용량을 나타낸다.

하이브리드 게이트웨이에 임시 저장하는 데이터를 10개로 지정한 이유는 전송하는 데이터는 고정길이를 가지지 않기 때문이며, 일정 수준의 최신 데이터를 저장, 전송하려하기 때문이다. 그러므로 실제 발생하는 데이터의 양과 하이브리드 게이트웨이의 버퍼의 크기, 그리고 정책에 따라서 임시 저장하는 데이터의 개수는 변동될 수 있다.

그림 6은 제안하는 전송 데이터 손실 방지 기법을 적용하지 않고 50초 동안 데이터를 전송한 결과를 보여준다.

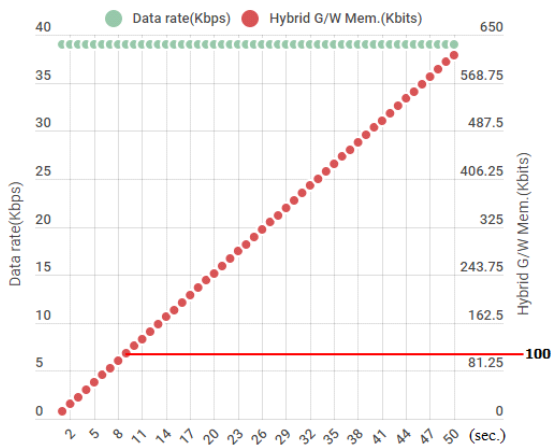
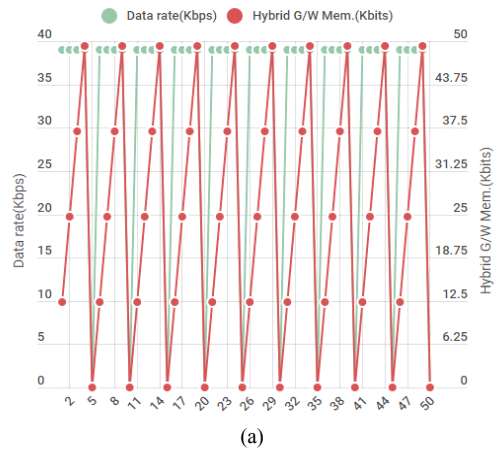


Fig. 6 The data rate of the Bluetooth 5 node and the requirement of the Hybrid G/W buffer size in the 50 seconds.

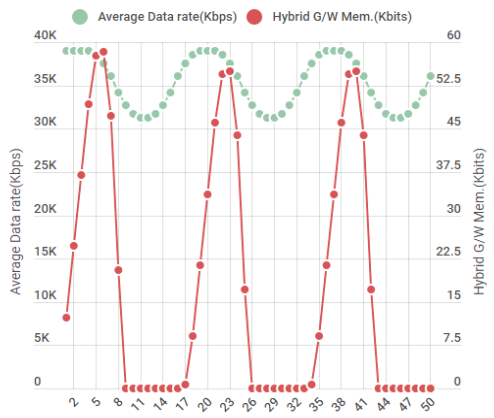
그림 6에서 확인할 수 있듯이 하이브리드 게이트웨이가 8대의 Bluetooth 5 메쉬 노드에서 수신하는 데이터를 LoRa 전송 속도(300kbps)로 모두 전송하지 못한다. 그러므로 만약 하이브리드 게이트웨이가 임시 저장할 수 있는 버퍼의 양이 무한하다면 그림 6에서 보는바와

같이 저장되는 데이터의 양이 늘어날 것이다. 하지만 본 시뮬레이션에서는 하이브리드 게이트웨이가 제한된 버퍼 용량(100kbits)을 가지므로 약 9초 이후부터는 전송되는 데이터가 모두 손실될 것이다.

그림 7 (a), (b)는 제안하는 전송 데이터 손실 방지 기법을 적용하여 50초 동안 데이터를 전송한 시뮬레이션 결과를 보여준다.



(a)



(b)

Fig. 7 (a) The result of Propose-1 and (b) Propose-2

그림 7(a)와 (b)가 다른 결과를 보이는 것은 Bluetooth 5 메쉬 노드가 대기 신호 ‘ON’을 수신할 때 데이터 취득 및 전송 방법이 다르기 때문이다.

기본적으로 메쉬 네트워크는 브로드캐스트를 한다. 따라서 그림 7 (a)에서는 Bluetooth 5 메쉬 노드가 대기 신호 ‘ON’을 모두 같이 수신할 수 있고, 모든 메쉬 노드

는 데이터 취득과 전송을 멈춘다. 이 경우 다음 ①, ② 동작이 반복된다. ① 최초 4초 이후 하이브리드 게이트웨이가 대기 신호 'ON'을 전송하면 그 순간 하이브리드 게이트웨이 버퍼에 저장된 모든 데이터는 LoRa를 통해 전송된다. ② 'OFF' 신호는 1초 이후 전송하여 메쉬 노드가 정상적으로 데이터를 취득, 전송한다.

그림 7 (b)에서는 Bluetooth 5 메쉬 노드가 대기 신호 'ON'을 이웃 메쉬 노드에게 순차적으로 전파 한다. 대기 신호 'ON'을 수신한 메쉬 노드는 'OFF'신호를 수신할 때 까지 취득하는 데이터의 개수를 초당 1개씩 감소시킨다. 따라서 최초 ①4초에 대기 신호 'ON'이 발생하고 또 다시 4초 후에 'OFF' 신호를 전송한다. 그 뒤 ② 13초 후에 다시 대기 신호 'ON'이 발생하고 다시 4초 뒤 'OFF' 신호가 발생하며, ①, ② 동작이 반복하여 발생한다.

그림 7 (a)의 기법을 적용했을 때 8개 각 Bluetooth 5 메쉬 노드는 50초 동안 전체 1561.6 kbps 전송 성능을 보인다. (각 노드당 초당 최고 39,040bits ~ 최소 0bits,) 하이브리드 게이트웨이 버퍼에 임시 저장되는 데이터의 양은 최고 약 50kbits ~ 최소 0kbits 이다. 그림 7 (b)의 기법을 적용했을 때 8개 Bluetooth 5 메쉬 노드는 50초 동안 전체 평균 1766.56kbps 전송 성능을 보인다. (각 노드당 초당 최고 39,040bits ~ 최소 23,424bits) 하이브리드 게이트웨이 버퍼에 임시 저장되는 데이터의 양은 최대 약 59kbits ~ 최소 45kbits 이다. 그림 7 (a), (b)는 모두 전송 데이터의 손실을 방지하지만 데이터 전송 성능의 차이를 보이며, 하이브리드 게이트웨이 버퍼의 양도 차이를 보인다.

V. 결 론

본 논문에서는 Bluetooth 5와 LoRa 장치 간의 데이터 전송 속도 차이로 인해 발생하는 전송 데이터 손실 방지 기법을 제안하였으며, 시뮬레이션 결과를 얻었다. 제안하는 기법은 Bluetooth 5 메쉬 노드와 하이브리드 게이트웨이로 나누어 구체적인 동작 방법을 제안했다. 또한 하이브리드 게이트웨이의 제한된 버퍼를 활용하였으며, Bluetooth 5 메쉬 노드의 데이터 취득 속도를 조정하여 전송 데이터 손실을 방지한다. 본 논문에서 제안한 기법으로 시뮬레이션을 수행했으며 약 1.5Mbps 이상의 데이터가 손실 없이 LoRa 인터페이스로 전송이 가능하

다는 것을 보였다. 본 논문에서 제안한 기법을 바탕으로 다양한 응용 기법을 연구할 수 있으며, 향후 이기종의 IoT 장치 간 데이터 전송 속도 차이로 인해 발생하는 전송 데이터 손실을 방지하는데 활용할 수 있을 것으로 기대한다.

향후에는 본 논문에서 제시하는 전송 데이터 손실 기법으로 시뮬레이션에 그치지 않고 임베디드 H/W에 소프트웨어를 구현 및 적용하여 현장에서 실험할 계획이다. 하이브리드 게이트웨이의 버퍼를 최대한 이용하고, LoRa의 실제 전송 가능 속도를 고려하여 실제 성능을 측정 할 계획이다. 또한 Bluetooth 5 메쉬 노드의 데이터 취득 속도 조정, 하이브리드 게이트웨이 버퍼의 최대 활용, 네트워크에서 LoRa 실제 전송 속도, 주변 메쉬 노드의 저장되어 있는 데이터의 양 등을 고려한 예측 모델을 연구할 것이다.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by Changshin University Research Fund of 2018(Changshin-2018-20)

References

- [1] G. Patti, L. Leonardi, and L. L. Bello, "A Bluetooth Low Energy real-time protocol for Industrial Wireless mesh Networks," *Proceeding of the 42nd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society(IECON)*, Florence, Italy, pp. 13-26, 2016.
- [2] Bluetooth SIG, *Bluetooth Core Specification Version: 5.0*, Bluetooth Special Interest Group: Kirkland, WA, USA, 2019.
- [3] LoRa Alliance. LoRaWAN Specification(2016) Retrieved Apr. 04, 2018 [Internet]. Available: <https://www.lora-alliance.org>.
- [4] Bluetooth SIG, *Bluetooth Core Specification Version: 4.2*, Bluetooth Special Interest Group: Kirkland, WA, USA, 2015.
- [5] IoT Portal. SK Telecom IoT [Internet]. Available: <https://www.skttot.com/iot/main/index>.
- [6] J.Y. Lim, J.M. Lee, D.H. Kim, and J.D. Kim, "Performance Analysis of LoRa(Long Range) according to the Distances in Indoor and Outdoor Spaces," *Journal of KIISE*, vol. 44,

- no. 7, pp. 733-741, Jul. 2017.
- [7] M. Collotta, G. Pau, T. Talty, and O. K. Tonguz, "Bluetooth 5: A concrete step forward toward the IoT," *IEEE Communications Magazine*, vol. 56, no. 7, pp. 125-131, Jul. 2018.
- [8] M. B. Yaakop, I. A. A. Malik, Z. b. Suboh, A. F. Ramli, and M. A. Abu, "Bluetooth 5.0 throughput comparison for internet of thing usability a survey," *2017 International Conference on Engineering Technology and Technopreneurship (ICE2T)*, IEEE, pp. 1-6, 2017.
- [9] Y. Murillo, A. Chiumento, B. Reynders, and S. Pollin, "SDN On BLE: Controlling Resource Constrained Mesh Networks," arXiv preprint arXiv:1902.02233, 2019.
- [10] A. Taha, M. F. Feteiha, and W. Abdul, "Performance Evaluation for LoRa Transceiver," *International Journal of Computer Science and Software Engineering*, vol. 8, no. 2, pp. 25-39, Feb. 2019.
- [11] F. Adelantado, X. Vilajosana, P. Tuset-Peiro, B. Martinez, J. Melia-Segui, and T. Watteyne, "Understanding the Limits of LoRaWAN," *IEEE Communications Magazine*, vol. 55, no. 9, pp. 34-40, Sep. 2017.
- [12] J. J. Chen, V. Liu, and W. Caelli, "An Adaptive and Autonomous LoRa Gateway for Throughput Optimisation," *Proceeding of the Australasian Computer Science Week Multiconference*, ACM, Sydney, Australia, no. 7, 2019.



서형윤(Hyungyoon Seo)

2011년 부산대학교 컴퓨터공학과 석사
2016년 부산대학교 컴퓨터공학과 박사
2017년 부산대학교 연구교수
2018년~현재 창신대학교 컴퓨터소프트웨어공학과 교수
※관심분야 : AI-IP 기반 mobile network, IoT network, Network Routing Protocols



박정규(Jung Kyu Park)

2002년 홍익대학교 컴퓨터공학과 석사
2013년 홍익대학교 컴퓨터공학과 박사
2014년~2016년 단국대학교 연구교수
2018년~현재 창신대학교 컴퓨터소프트웨어공학과 교수
※관심분야 : 운영체제, 임베디드시스템, 로보틱스