

<https://doi.org/10.7236/IIBC.2019.19.3.207>
IIBC 2019-3-28

LoRaWAN Class B 통신 거리에 따른 전송율 분석

Analysis of transmission rate according to LoRaWAN communication distance

서의성, 장종욱*

Euiseong Seo, Jongwook Jang*

요 약 세계 각지에서 모든 사물에 네트워크를 연결하고 인터넷을 통해 해당 사물들을 관리하기 위해 연구 개발을 진행 중에 있다. 사물인터넷은 차세대 이동통신 서비스의 생태계 구축을 위한 중요 역할을 수행할 것으로 기대되고 있다. 그중 가장 크게 대두되고 있는 통신 기술은 LPWAN이다. 본 논문에서는 이런 시대적 요구에 맞게 많은 LPWAN의 노드를 보다 효율적으로 사용하여 자원 낭비 감소 및 관리하기 위하여 각 데이터 전송 속도에 따른 성능을 분석하고자 한다. 본 논문에서 사용되는 LPWAN 통신 기술은 Semtech에서 개발한 장거리 저전력 무선 플랫폼인 LoRaWAN을 기반으로 설계하고, Network Simulator-3를 이용하여 가상의 IoT 기반을 구현하여 분석하였다.

Abstract Research and development are underway to connect the network to all things in the world and to manage the objects through the Internet. The Internet of Things is expected to play an important role in building ecosystem of next generation mobile communication service. The most significant communication technology is LPWAN. In this paper, we analyze the performance according to each data transmission rate to reduce and manage resource waste by using many LPWAN nodes more efficiently in accordance with the demands of the times. The LPWAN communication technology used in this paper was designed based on LoRaWAN, a long-distance low-power wireless platform developed by Semtech, and analyzed by implementing a virtual IoT base using Network Simulator-3.

Key Words : IoT, LoRaWAN, LPWAN, Wireless Communication

I. 서 론

인공 지능, 사물 인터넷, 빅데이터, 모바일 등 첨단 정보통신기술이 경제·사회 전반에 융합되어 혁신적인 변화가 나타나는 차세대 산업혁명이다. 제4차 산업혁명은 초연결(Hyperconnectivity)과 초지능(Superintelligence)을 특징으로 하기 때문에 기존 산업 혁명에 비해 더 넓은 범위에 더 빠른 속도로 크게 영향을 미치고 있다. 초연결의 많은 디바이스를 연결하기 위한

통신망이 개발되었으며, 이를 저전력 광역통신망(LPWAN; Low Power Wide Area Network)이라 부른다.

이미 오래전부터 무선 통신을 이용하는 물건들이 사용되어지고 있지만, 현재 사용되는 대부분의 무선 광역통신망은 스마트폰 등으로 사람이 음성, 영상, 데이터를 주고 받기 위한 이동 통신을 얘기하며 3G, 4G망 등이 주요 예이다. 그러나 저전력 광역통신망은 사물인터넷 디바이스들을 위한 이동통신망이라 할 수 있다.

LoRaWAN은 저 전력 IoT 전용망 기술인 LPWAN의

*정회원, 동의대학교 컴퓨터공학과
접수일자 2019년 5월 21일, 수정완료 2019년 6월 7일
게재확정일자 2019년 6월 7일

Received: 21 May, 2019 / Revised: 7 June, 2019 /
Accepted: 7 June, 2019

*Corresponding Author: jwjang@deu.ac.kr
Dept. of Computer Engineering, Dong-eui University, Korea

한 종류로써 Zigbee, WiFi 등의 무선 랜과 달리 최소 전력 소비 및 장거리의 대규모 무선 접속이 가능한 것이 특징이다. LPWAN의 대표적인 기술로는 좁은 대역의 인터넷(NB-IoT)과 장거리 통신인 LoRaWAN 기술이 있다. NB-IoT는 셀룰러 통신으로부터 물려받았으며 인가된 주파수 대역에서 기존의 GSM(Global System for Mobile) 및 LTE(Long Term Evolution) 네트워크에서 원활하게 작동된다. LoRaWAN 기술은 허가되지 않은 주파수 대역에서 작동하므로 최종 사업자는 집에서 소유한 WiFi 라우터와 유사한 LoRa 게이트웨이를 무료로 구축하여 사용이 가능하다. 따라서 LoRaWAN 기술은 셀룰러 네트워크 범위가 없는 외각 지역 또는 품질 및 보안을 위한 특정 요구 사항을 충족하는 사설망을 구축하는데 적합하다. LPWAN은 실용적이고 경제적인 방법으로 IoT 네트워크를 구축가능하다. 따라서 수도, 전기, 가스 등의 검침과 같이 이동성이 많지 않으며, 데이터 전송 지연에 민감하지 않고 소량의 데이터를 전달하기에 적합하며, 이와 같은 LPWA 네트워크의 필요성이 확대되고 있다. 기존 이동통신망 서비스의 주요 대상과는 다르게 단말의 숫자가 기존에 비해 훨씬 많다. 또한 전원 공급이 원활하지 않은 곳에 설치되거나, 제한된 전원만으로 장시간 또는 기기의 수명이 다할 때까지 안정적으로 동작되어야 한다. WiFi나 LTE 같은 대용량의 데이터를 고속으로 전송하기 위한 통신 기술보다는 적은 배터리를 사용하여 보다 넓은 영역에 대해 서비스가 가능한 기술이 LPWAN이며, 그 중 대표적인 통신기술이 LoRaWAN이다.

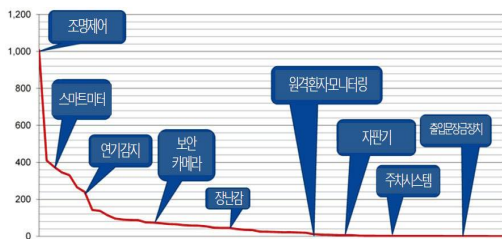


그림 1. 2020년 출현이 예상되는 IoT서비스(단위:백만)
Fig. 1. IoT service expected to emerge in 2020 (unit: million)

건물 밖, 도로, 공공장소 등 다양한 장소에서 사물인터넷 서비스가 점점 더 많아 질 것이다. 이러한 다양한 사용성을 지원하기 위해 근거리 연결로는 이용에 어려움이 있을 수 있기에 중장거리용 사물인터넷 망이 필요하게 되었다. 또한 사물인터넷 서비스의 품질향상을 위한 게이트웨이와 엔드 디바이스의 전송 속도에 따른 최적 성능

을 확인하는 연구가 필요하다.

II. LoRaWAN

1. LoRaWAN 정의

LoRaWAN은 반도체 기업인Semtech사와 IBM이 함께 개발한 LPWAN 기술로써, 2015년 초 모바일 월드 전 시회를 통해 선보였으며, 무선 RF 기술로 차프 확산 스펙트럼(CSS)방식을 채용하여 데이터를 1GHz 이하 대역으로 변조하여 송출한다. LoRaWAN은 LoRa기술을 하위 물리계층으로 사용하여 인터넷 네트워킹을 위한 프로토콜로 디바이스와 게이트웨이 그리고 서버와의 통신 규약을 정의하고 있으며, LoRa Alliance라는 글로벌 협의체에 의하여 관리되고 있다.

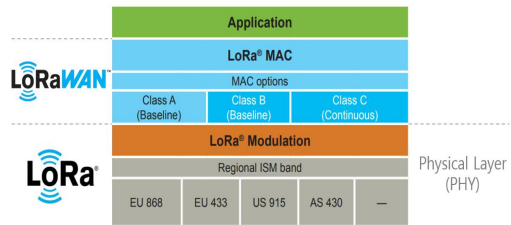


그림 2. LoRa와 LoRaWAN Stack 구조
Fig. 2. Stack Structure of LoRa and LoRaWAN

각 지역별로 스펙트럼 할당 및 규제 요구사항이 다르기 때문에 LoRaWAN의 사양 또한 지역에 따라 차이가 있다. 유럽과 북미의 LoRaWAN 규격이 정의되어 있지만, 다른 지역은 여전히 기술위원회에 의해 정의되고 있다. LoRaWAN 규격 정의는 2016년 1.0이 배포되었고, 현재 가장 많이 상용화된 버전은 1.02이며, 최신 버전은 1.1이다. 각 지역별로 다른 무선 법령을 준수하기 위해 버전 1.01부터 각 나라별 요구사항을 반영한 Regional Parameter 문서를 분리하여 관리하고 있다.^[1,2]

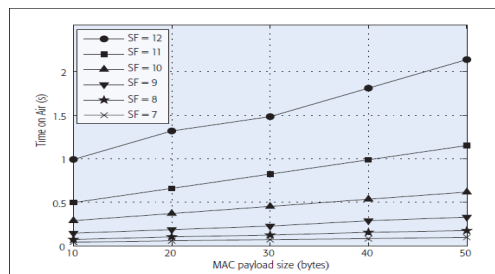


그림 3. SF별 데이터 전송 시간
Fig. 3. Data transfer time by SF

그림 123123과 같이 DR이 증가하면 SF는 감소한다. 또한 SF가 크면 더 넓은 통신 범위를 허용한다. 그러나 Time on Air로 말하는 패킷 전송 시간이 증가하게 되어 대기 시간을 증가시키고 결과적으로 오프 시간 또한 증가하게 된다.^[3]

2. LoRaWAN 구조

LoRaWAN은 장거리, 저전력, 낮은 데이터 전송 속도를 특징으로 가진 무선 기술로 엔드 디바이스, 게이트웨이, 중앙 네트워크 서버로 구성된다. 엔드 디바이스에서 센서 정보를 수집하고 해당 정보를 게이트웨이를 통하여 네트워크 서버로 전송된다. 게이트웨이는 싱글 홉을 사용하여 엔드 디바이스에서 수집한 센서 정보를 받고, 게이트웨이는 해당 정보를 일반 IP(Internet Protocol) 네트워크를 통하여 서버로 전달한다.

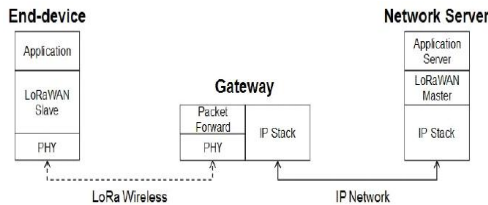


그림 4. LoRaWAN 네트워크 구조
 Fig. 4. Network Structure of LoRaWAN

또한 LoRa는 두 가지 별개의 레이어를 기반으로 한 접근 방식을 추구한다. LoRaWAN의 물리적 레이어는 CSS 라디오 변조 기술을 기반으로 하고, 액세스를 위한 MAC 계층 프로토콜은 LoRaWAN을 기반으로 한다. 해당 네트워크 레이어 구조는 LoRaWAN에서 공개한 표준 네트워크 레이어이다.

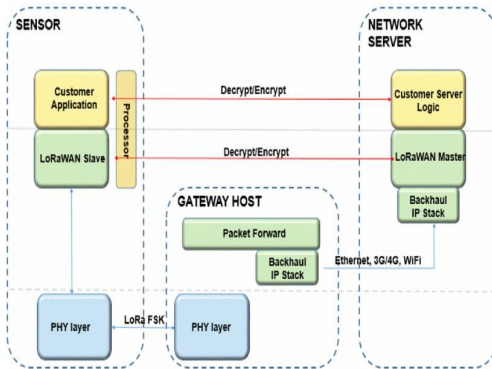


그림 5. LoRaWAN 네트워크 레이어
 Fig. 5. Network Layer of LoRaWAN

물리계층은 통신 범위와 관련하여 FSK(Frequency Shifting Keying)과 동일한 특성을 제공하며, LoRaWAN은 통신 프로토콜 및 네트워크 구조로 접근하고, LoRa 물리계층은 장거리 링크를 가능하도록 한다. 프로토콜 및 네트워크 아키텍처는 노드의 배터리 수명, 네트워크 용량, QoS(Quality of Service), 네트워크의 애플리케이션 보안 및 안정성을 결정하는데 영향을 미친다. 그리고 LoRaWAN은 전형적인 스타-스타 토폴로지 구조로 연결된다. 여러 엔드 디바이스는 게이트웨이와 스타 토폴로지로 연결되며, 여러 게이트웨이 또한 하나의 서버에 스타 토폴로지 구조로 연결된다.^[1,4,5]

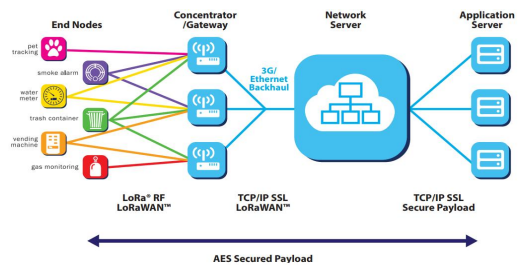


그림 6. LoRaWAN 토폴로지 구조
 Fig. 6. Topology Structure of LoRaWAN

LoRaWAN 표준은 주로 데이터 전송 엔드 디바이스에 대한 액세스 네트워크의 무선 통신 기술을 다루고 있다. LoRaWAN 800MHz 또는 900MHz의 ISM 대역의 주파수와 통신하고, 도시에서는 2마일 정도의 다소 작은 단일 홉 범위를 가지고 바다, 평야와 같은 개방 지역에서는 10마일에 해당하는 단일 홉 범위를 가진다. 또한 LoRaWAN 데이터 속도는 0.3kbps에서 5kbps까지 ADR(Adaptive Data Rate)를 통하여 데이터 전송률 및 데이터 전송 속도와 같은 통신 제어 범위를 조절할 수 있다. 또한 전송 효율을 증가시키기 위하여 멀티채널을 지원하고, 선택된 채널로의 데이터 전송 전에 무선 채널의 상태를 결정하기 위해 LBT(Listen Before Talk) 프로세스를 수행하여 선택된 채널이 사용 중인 상태라면 엔드 디바이스는 데이터 전송을 위해 무선채널을 변경한 이후 다시 LBT 절차를 수행한다.^[6]

III. 시스템 설계

1. 시스템 개요 및 구현 환경

본 연구에는 실제로 설치하고 테스트할 수 없는 실험

환경을 가상 머신과 NS-3를 통하여 구현하고, LoRaWAN 모듈을 이용한다. 실제 네트워크 장치에서 생성된 패킷을 방출하고 수신하는 상호 연결 프레임 워크의 역할을 가상 머신을 통해 확인이 가능하기 때문에 LoRaWAN의 노드 및 게이트웨이 설정이 용이하고 데이터 전송 속도에 따른 전송 성공률과 성능 분석이 가능하다.

본 논문에서의 LoRaWAN 시스템 구현 환경은 다음과 같다.

- 사용 OS : Microsoft Windows 10 pro 64bit
- CPU : Intel(R) Core(TM) i7 CPU 7700
- RAM : DDR4 PC-24000 16GB
- Platform: Ubuntu 16.04 LTS 64bit
- LoRaWAN

2. 시스템 구조 및 모듈

LoRaWAN 모듈의 엔드 디바이스와 게이트웨이에서 동작하기 위해 필요한 물리 계층, 어플리케이션 계층 등을 구분하여 확인한다. LoRaWAN의 전체적인 스택 구성도는 그림 7.과 같다.

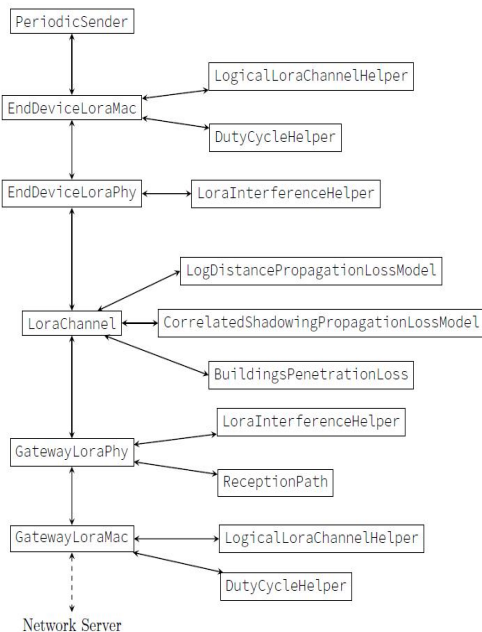


그림 7. LoRaWAN 모듈 구성도
Fig. 7. LoRaWAN Module Diagram

PeriodicSender는 무작위 페이로드 크기의 0으로 채워진 패킷을 생성한다. 또한 패킷 전송은 정해진 랜덤 패

킷을 전송할 수 있으며, 클래스 속성에서 예정 시간을 설정할 수 있으며, 특정 함수 호출을 통해 중지 될 때까지 계속해서 패킷을 전송한다. LoraMac은 LoRaChanelHelper 클래스를 통해 사용 가능한 네트워크 채널을 추적하고 듀티 사이클 제한을 설정하는데 사용된다. LoraPhy는 디바이스 칩 SX1272와 SX1301의 동작을 시뮬레이션하는 클래스이다. Phy클래스에는 상태 변수가 존재하며 Tx, Rx, Idle, Sleep 4가지의 상태모드가 존재한다. LoraChannel은 LoraNetDeivece를 포함한 것으로 모든 장치가 공유하는 무선 채널을 모델링하는 클래스이며, 네트워크를 연결하기 위한 것으로 사용된다.^[7]

IV. 실험 및 결과

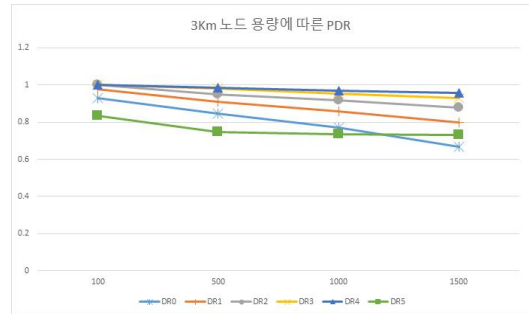


그림 8. 거리가 3km일 때 전송 속도별 성능
Fig. 8. Performance at data rate when distance is 3 km

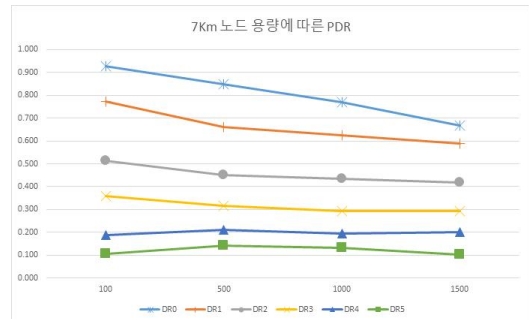


그림 9. 거리가 7km일 때 전송 속도별 성능
Fig. 9. Performance at data rate when distance is 7 km

그림 8.은 3km의 거리이기 때문에 모든 확산계수에 서 원활하게 통신이 이루어지는 것을 확인할 수 있다. 하지만 낮은 Data Rate 일 때 통신 속도가 느려 전송 시간이 오래 걸린다. 따라서 노드의 개수가 늘어나더라도 PDR이 줄어드는 것을 확인할 수 있다. 그림 9. 는 7km

의 거리에서 테스트 한 것으로 확산 계수가 가장 높은 Data Rate 0 일 때 가장 좋은 통신 성능을 보인다. 노드의 개수가 늘어날수록 PDR이 줄어드는 이유는 전송시간으로 인한 Duty Cycle의 시간이 늘어나고, 충돌 때문에 점점 줄어드는 것이다. 위의 실험처럼 거리별로 노드의 개수를 변경해가며 Data Rate에 대한 성능을 분석하였다. 가까운 거리에서는 Data Rate가 높은 것이 전송 속도가 빨라 좋은 성능을 보였지만 거리가 멀어질수록 확산계수가 줄어들어 높은 Data Rate의 성능이 현저히 줄어든 것을 확인할 수 있다. 따라서 시스템을 구현할 시에 노드의 개수와 거리를 잘 분석하여 구축하면 최적의 성능을 낼 수 있을 것이다.

V. 결론

본 논문에서는 사용수가 점점 증가하고 있는 사물인터넷을 보다 효율적으로 관리하고자 LPWAN의 대표적인 시스템인 LoRaWAN 시스템을 통하여 Data Rate에 따른 성능을 분석하였다. 결과적으로 개수와는 상관없이 거리가 가까우면 Data Rate가 높은 것을 사용하고 거리가 멀면 Data Rate가 낮은 것을 사용하는 것이 효과적이었다. 본 논문을 바탕으로 하여 개인 사용자나 소규모 기업들의 IoT 네트워크 구축에 있어 시간적, 경제적으로 큰 이점이 있을 것이라 생각하며, 구축 환경 또는 구축 지역의 크기에 따라 Data Rate를 선정하여 사용하는 것이 IoT 통신에 많은 도움이 될 것이라 본다.

References

- [1] Euseong Seo, Jongwook Jang, "Trend and Comparative Analysis of LoRa Technology", Journal of Engineering and Applied Sciences, 13(6), 1391-1394, (2018). <https://doi.org/10.3923/jeasci.2018.1391.1394>
- [2] WhatisLoRaWAN[LoRa Alliance>about lorawan], (2015-11-01), URL: <https://lora-alliance.org/about-lorawan>
- [3] Ferran Adelantado, Xavier Vilajosana, Pere Tuset-Peiro, Borja Martinez, Joan Melia-Segui, Thomas Watteyne, "Understanding the Limits of LoRaWAN", IEEE Communications Magazine, 34-40, (2017). <https://doi.org/10.1109/MCOM.2017.1600613>

- [4] Sung-Hoon Mah, Byung-Seo Kim. "LoRa Technology Analysis and LoRa Use Case Analysis By Country", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication, 19(1), pp. 15-20, (2019). <https://doi.org/10.7236/IIBC.2019.19.1.15>
- [5] Dmitry Bankov, Evgeny Khorov, Andrey Lyakhov, "On the Limits of LoRaWAN Channel Access", IEEE International Conference on Engineering and Telecommunication, 10-14, (2016). <https://doi.org/10.1109/EnT.2016.011>
- [6] Usman Raza, Parag Kulkarni, Mahesh Sooriyabandara, "Low Power Wide Area Networks: An Overview", IEEE COMMUNICATIONS <https://doi.org/10.1109/COMST.2017.2652320>
- [7] Aloys Augustin, Jiazi Yi, Thomas Clausen, William Mark Townsley, "A Study of LoRa: Long Range & Low Power Networks for the Internet of Things", Sensors, 16(9), 1466, (2016). <https://doi.org/10.3390/s16091466>

저 자 소 개

서 의 성(정회원)



- 2016 동의대학교 컴퓨터공학과(공학사)
- 2017년 ~ 현재 동의대학교 컴퓨터공학과 석사과정
- 관심분야 : IoT, 네트워크 통신, 임베디드

장 종 욱(정회원)



- 1995년 2월 부산대학교 컴퓨터공학과 박사
- 1987년 ~ 1995년 ETRI
- 2000년 2월 UMKC Post-Doc.
- 1995년 ~ 현재 동의대학교 컴퓨터공학과 교수
- 관심분야 : 유무선통신시스템, 자동차 네트워크

※ 이 논문은 2018년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2018-0-00934, Multi-Hop 기반의 광역 마이크로 그리드 IoT를 위한 Energy Sensor Node 및 Clustering 플랫폼 개발)