

2.4 GHz 대역에서 LoRa와 Wi-Fi의 공존 성능 분석

어성보, 박세웅

서울대학교 전기정보공학부 뉴미디어통신연구소

sbeo@netlab.snu.ac.kr, sbahk@snu.ac.kr

Performance Analysis of LoRa and Wi-Fi coexistence in 2.4 GHz band

Sungbo Eo, Saewoong Bahk

Department of Electrical and Computer Engineering, INMC, Seoul National University

요 약

2.4 GHz 대역에서 LoRa와 Wi-Fi가 공존할 때의 성능을 실험을 통해 측정 및 분석하였다.

I. 서 론

LoRa는 장거리 저전력 IoT 무선통신을 위한 LPWAN(low-power wide-area network) 기술이다. 그동안 LoRa는 sub-GHz 대역을 사용해 왔지만, 이 기술을 2.4 GHz ISM 대역에서도 사용하기 위해 2.4 GHz LoRa가 새로이 도입되었고 [1], 2017년에 첫 모뎀 칩인 SX1280이 출시되었다.

2.4 GHz LoRa는 기존의 sub-GHz LoRa와 비교해 여러 장단점이 있다. 우선 2.4 GHz 대역은 sub-GHz 대역에 비해 국가별 규제가 덜 파편화 되어있고, 규제의 정도도 덜 엄격한 편이다. 이로 인해 국가별로 다른 주파수를 쓰거나 듀티 사이클(duty cycle) 제한을 걸어야 하는 문제가 크게 완화된다. 대역폭도 최대 1.2MHz로 더 넓기에 속도 또한 더 빠르고, 더 정밀한 측위가 가능하다.

그러나 더 높은 주파수를 사용하기에 통신거리가 줄어든다는 단점이 존재한다 [2]. 그리고 혼잡한 2.4 GHz 대역에서는 주변 통신기기와의 간섭 문제가 더 심각해질 수 있고, 특히 신호 세기가 세고 널리 쓰이는 Wi-Fi와의 충돌이 빈번해질 것으로 예측된다. 따라서 2.4 GHz LoRa를 실제 환경에서 사용하기 위해서는 간섭 및 공존 문제에 대한 분석과 해결 방안이 필요하다 [3].

본 논문에서는 2.4 GHz LoRa와 Wi-Fi의 공존 문제를 확인하기 위해 각각이 서로에게 얼마나 영향을 미치는지 실험을 통해 확인해보고자 한다. 여러 가지 파라미터를 바꿔가며 간섭의 영향이 얼마나 달라지는지 측정하고 그 결과를 분석한다.

II. 본 론

1) 실험 환경

LoRa 송수신기로는 SX1280 트랜시버[4]를 사용하였다. 주파수는 2472 MHz, 패킷 길이는 127 바이트로 두었다. Wi-Fi 송수신기는 13번 채널을 사용하고, 송신전력을 23 dBm로 두고, AP와 STA 간의 거리는 최소한으로 하였다. 기본적으로 송신기는 끊임없이 발신함으로써 채널을 포화시켰다.

실험에서 변화시키는 LoRa의 파라미터는 다음과 같다.

- SF: 5-12
- BW: 200, 400, 800, 1600 kHz
- CR: 4/5, 4/6, 4/7, 4/8, 4/5LI, 4/6LI, 4/8LI

- 송신전력: -17 ~ 13 dBm

LI는 long interleaving의 약자로, 기존 CR보다 더 뛰어난 간섭 내성을 제공한다.

첫 번째 실험에서는 Wi-Fi 간섭 하에 LoRa PRR을 측정하였다. 이때 LoRa RX와 LoRa TX 간 거리는 5m, LoRa RX와 Wi-Fi 기기 간 거리는 2m로 두었다. 두 번째 실험에서는 LoRa 간섭 하에 Wi-Fi 유효 수율(goodput)을 측정하였다. 이때 LoRa TX와 Wi-Fi 기기 간 거리는 2m로 두었다.

2) 실험 결과

Wi-Fi 간섭 하의 LoRa 통신 실험 결과는 아래와 같다. OK는 정상 수신, CRC는 패킷 디코딩 오류, MISS는 패킷 감지 실패를 의미한다.

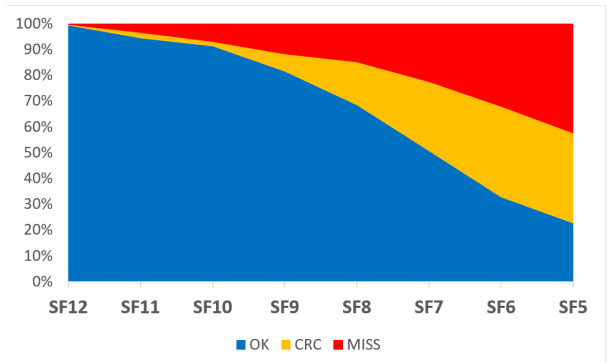


그림 1. Wi-Fi 간섭 하에 LoRa SF에 따른 LoRa PRR 측정 결과.

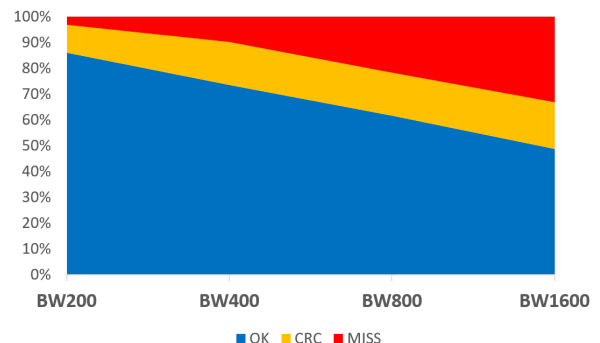


그림 2. Wi-Fi 간섭 하에 LoRa BW에 따른 LoRa PRR 측정 결과.

기본적으로 SF가 높고 BW가 좁을 때 잡음과 간섭에 더 강인한 것으로 나타났고, 이는 일반적인 LoRa의 특성과 일치한다. 그러나 SF와 BW의 간섭 내성 효과에 비해 CR의 영향은 비교적 제한적인 것으로 나타났다. LoRa 간섭 하의 Wi-Fi 통신 실험 결과는 아래와 같다.

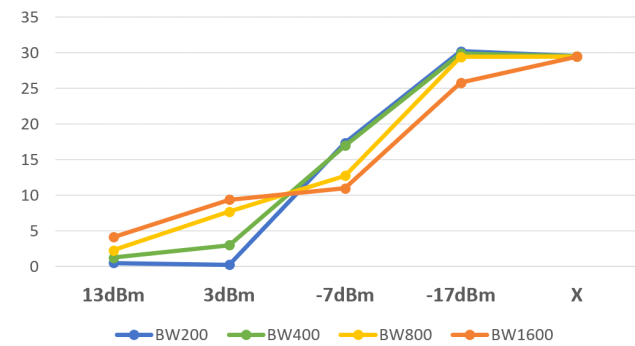


그림 3. LoRa 간섭 하에 Wi-Fi 유효 수율(Mbps) 측정 결과.

간섭의 송신전력이 높을수록 유효 수율이 떨어지는 형태를 띤다. SF의 영향이 비교적 제한적인 것으로 나타나는데, 이는 채널이 LoRa 신호로 포화되었기 때문으로 보인다. 한편 BW의 영향은 복합적으로 나타나는데, LoRa가 더 넓은 대역폭을 쓰면 Wi-Fi의 더 많은 부반송파가 영향을 받지만, LoRa 신호의 전력밀도(PSD)는 낮아져 간섭의 영향은 줄어들기 때문에 추측한다.

III. 결 론

2.4 GHz LoRa와 Wi-Fi 간 간섭이 분명히 존재하고, 이로 인해 PRR이나 유효 수율이 크게 감소할 수 있음을 실험을 통해 확인하였다. 또한, LoRa 파라미터를 조절함으로써 간섭에 의한 영향을 대폭 개선할 수 있음을 입증하였다.

본 실험에서는 단일 토폴로지와 단일 트래픽 모델만을 사용했는데, 후속 연구에서는 더 다양한 사용 환경과 트래픽 시나리오에서 실험을 수행하여 본 실험에서 얻은 결론을 뒷받침하고 간섭 내성 효과를 더욱 제고하고자 한다.

참 고 문 헌

[1] G. H. Derévianckine, A. Guitton, O. Iova, B. Ning, and F. Valois, "Opportunities and Challenges of LoRa 2.4 GHz," IEEE Communications Magazine, vol. 61, no. 10, pp. 164-170, 2023.

[2] T. Janssen, N. BniLam, M. Aernouts, R. Berkvens, and M. Weyn, "LoRa 2.4 GHz Communication Link and Range," Sensors, vol. 20, no. 16, 2020.

[3] L. Polak and J. Milos, "Performance analysis of LoRa in the 2.4 GHz ISM band: coexistence issues with Wi-Fi," Telecommunication Systems, vol. 74, no. 3, pp. 299-309, 2020.

[4] SX1280/SX1281 - Long Range, Low Power, 2.4 GHz Transceiver with Ranging Capability, Rev. 3.3, 2023.