

LoRa를 활용한 구조물 모니터링 기술 개발

Development of Structural Monitoring Technique using Long Range Wide Area Network (LoRa WAN)

김성용*1)

Kim, Sung-Yong

김재민**

Kim, Jaemin

고지형***

Ko, Jihyeong

이철호****

Lee, Cheol-Ho

최근 일어난 규모 5 이상의 지진과 산사태 등으로 인해 다수의 건축물과 시설물에 막대한 피해가 발생하면서, 계측되는 데이터로부터 구조물의 상태를 파악하기 위한 구조물 모니터링 관련 연구가 활발히 수행되고 있다. 특히 최근 사물인터넷(IoT, Internet of Things) 기술의 발전은 고성능의 소형보드컴퓨터와 센서를 활용해 기존 상용기술 대비 낮은 비용과 전력으로 보다 먼 거리에서 안정적으로 구조물의 상태를 모니터링 할 수 있는 기술을 개발할 수 있게 하였다.

LoRa WAN(Long Range Wide Area Network)는 장거리 통신에 특화된 프로토콜로서, 최근 들어 실시간 구조물 모니터링 기술에의 적용이 활발하게 논의되고 있다 [1]. 하지만 LoRa WAN의 경우 최대 9Kbps (=1Kbyte/s)의 비교적 낮은 송신속도를 가짐에 따라, 급작스럽게 발생할 수 있는 계측부의 에러에 대한 대응 능력이 취약해진다는 한계가 있다. 이러한 단점을 극복하기 위해 모니터링 기술에의 효과적인 LoRa기술 적용을 위해서는 최대한 디바이스 단에서 신호를 처리하는 엣지 컴퓨팅을 사용하여 전송속도를 낮추고 전송에러를 줄이거나, 어플리케이션 단에서 재전송 기능을 지원하는 등 최대한 에러를 검출하는 방안을 추구하여야 한다.

Fig. 1은 본 연구를 통해 개발된 LoRa 기반 가속도감지 노드와 이로부터 데이터를 수집하는 송수신 시스템 구성을 도시한 것이다. 우선 본 연구에서는 Sensor node를 MKR-WAN1300 개발보드와 MPU9250 센서보드를 이용하여 개발하였다(Fig. 1a). MKR-WAN1300 개발보드는 LoRa 통신 Phy와 컨트롤용 코어가 one-chip 형태로 만들어진 Murata CMWX1ZZABZ LoRa 모듈과 Atmel SAMD21 MCU로 구성된다. 센서노드에는 9축 가속도, 자이로, 지자기 및 온도를 측정할 수 있는 MPU-9250이 장착되었으며, MKR-1300과 I2C 버스를 통해 계측데이터를 송신한다. 이번 센서노드를 컨트롤하기 위해서 FreeRTOS 10.0.0 버전을 사용하였으며, 3개의 태스크를 이용하여 매 40 ms (25 Hz) 의 주기로 3축 가속도를 샘플링하며 최대 9kbps의 속도로 LoRa를 통하여 전송한다 (Fig. 1b). 이러한 LoRa 통신은 무선이라는 특성상 브로드캐스팅 전송만 허용하며, 이를 효과적으로 컨트롤 하기 위한 통신 제어 프로토콜을 개발하여 PC에 연결되는 Master 노드에 설치하였다. Master 노드는 초기화시 설치된 Sub 노드의 갯수를 파악하며, 주기적으로 각 노드들을 지정하여 요청을 보냄으로써 효과적인 전송을 보장하였다. 또한, Master 노드는 PC와 UART로 연결되어 수집한 센서 노드들의 가속도를 전달한다. 본 연구에서는 Master 노드가 전달하는 데이터를 효과적으로 기록하고 분석하여 후처리할 수 있도록 로거 및 후처리 프로그램 또한 개발하였다.

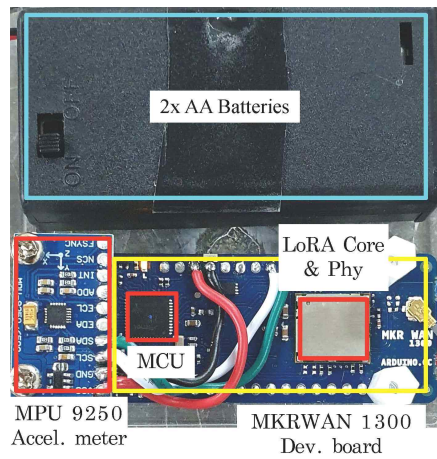
Fig. 2는 개발된 모니터링 시스템의 검증을 위하여 실시된 모의실험과 이에 따른 결과를 도시한 것이다. 본 검증실험을 위해 건물을 모사한 3자유도 구조물에 개발한 LoRa기반 센서와 기존의 유선센서를 설치하고(Fig. 2a), 하단부의 진동대를 통해 1Hz에서 30Hz까지의 chirp signal로 60초 간 가진하여 이 때의 응답을 비교하였다(Fig. 2b). 사용된 유선 가속도 센서와 개발된 LoRa 기반 센서는 각각 1.6 kHz와 25Hz의 샘플링 레이트를 통해 구조물에서 발생하는 가속도를 계측하였다. 계측 데이터를 비교한 결과, LoRa를 활용한 개발기술은 유선센서를 활용한 계측기술에 상응하는 수준의 정확도로 구조물의 가속도를 감지할 수 있는 것으로 나타났다

* 정회원·창원대학교 건축공학과, 조교수 (E-mail: sungyong.kim@changwon.ac.kr)

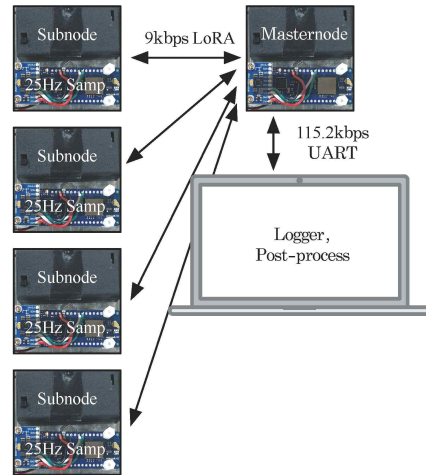
** 명지대학교 전자공학과, 조교수 (E-mail: jaemin@esl.mju.ac.kr)

*** 명지대학교 전자공학과, 학부과정 (E-mail: jhko@esl.mju.ac.kr)

**** 정회원·서울대학교 건축공학과, 교수 (E-mail: ceholee@snu.ac.kr)



(a) Developed LoRa-based sensor node

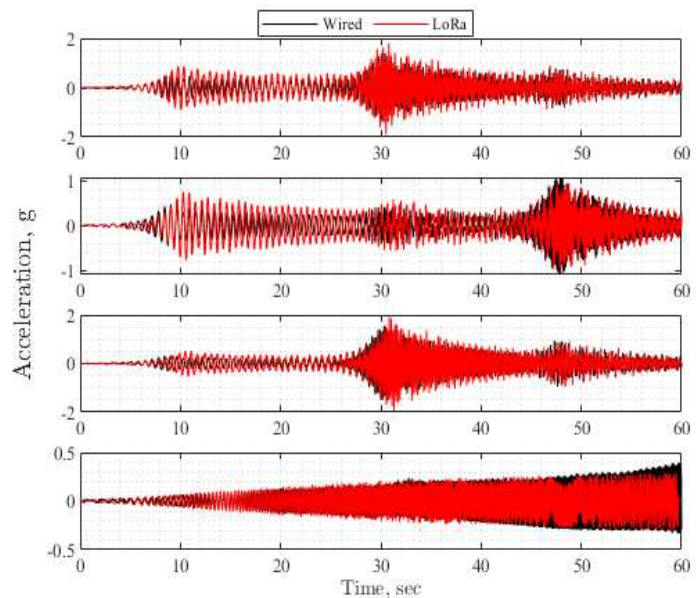


(b) Block diagram of data transmission

Fig. 1. Developed LoRa-based acceleration sensing node and its logging system



(a) Test setup



(b) Comparison of measured data

Fig. 2. Test setup and measured data

며, 현재 엣지 컴퓨터 레벨에서의 시스템 식별을 위한 원천기술을 개발 중에 있다.

감사의 글

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구입니다(No. NRF-2018R1C1B6009196). 이에 감사드립니다.

참고 문헌

1. 신운수, 김준희, 민경원, 구조물 응답측정을 위한 라즈베리파이를 이용한 엣지 컴퓨팅 시스템 설계, 한국전산구조 공학회 논문집, 제32권, 제6호, pp. 375--381.