

철도 화차 운영환경에서 사물통신 성능 분석.

IoT communication performance analysis in railway freight car operating environment

원종운*[†], 육은정** , 류형근** , 권용장*

Jong-Un Won*[†], EunJung Yuk** , HyungKeun Rhyu** , YongJang Kwon**

Abstract In order to respond quickly to accidents such as derailment and brake failure etc. of a freight train, railcar real-time monitoring system is required. However, freight is a difficult environment for real-time monitoring because the power is not supplied. Fortunately, the recent low power communication is possible with the development of IoT(Internet of Things) technology which has been utilized in various fields such as a wearable device, car monitoring. In this paper, in order to examine the possibility of utilizing IoT technology from a freight train operating environment, the communication test of IoT was done in the actual driving route. Test results showed good performance in most routes. However, a partial communication failure occurred in the vicinity of the tunnel. However, for use in real-time monitoring it showed satisfactory results.

Keywords : IoT, freight car monitoring, railcar monitoring, condition based maintenance

초 록 화물열차의 탈선, 브레이크 고장 등의 사고에 신속한 대응을 위해서는 화차 상태에 대한 실시간 모니터링체계가 필요하다. 하지만, 화차는 전력이 공급되지 않기 때문에 화차 상태를 실시간 모니터링을 하기 어려운 환경이다. 다행히 최근 사물통신 기술의 발전으로 저전력 통신이 가능하게 되어, 웨어러블 장치, 자동차 모니터링 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. 본 논문에서는 화차 운영환경에서 사물통신 기술의 활용 가능성을 검토하기 위하여, 실제 운행 노선에서 화물열차를 대상으로 통신 성능을 분석하였다. 시험 결과 대부분의 노선에서 양호한 통신 성능을 나타내었으나, 터널 진출입 부분에서 부분적인 통신 불량 발생하였다. 하지만, 화차 상태 실시간 모니터링체계에 활용하기에는 만족스러운 결과를 나타내었다.

주요어 : 사물통신, 화물열차 모니터링, 화차 모니터링, 상태기반 유지보수

1. 서 론

화물열차의 안전한 운송관리를 위해서는 운행 중 브레이크 상태, 차륜 베어링 상태와 더불어 탱크화차의 누설여부, 개폐장치의 잠금 상태 등의 화차 상태에 대한 실시간 모니터링이 필수적이다. 최근 정보통신 기술과 저전력 부분의 연구[1,4,5]와 더불어, 철도 부분에 정보통신 기술을 도입하기 위한 체계적인 연구가 수행되었으나, 대부분 여객부분을 중심으로 진행되

† 교신저자: 한국철도기술연구원 물류시스템연구실(juwon@krri.re.kr)

* 한국철도기술연구원 물류시스템연구실

** (주)케이티 플랫폼사업실 (11 pt)

었다[3]. 장대화 화물열차 환경에서 화차 상태에 대한 실시간 모니터링을 위해서는 안정적인 무선 센서 네트워크는 매우 중요한 요소이다. J.U. Won 등[2]은 사물통신 기반 화차 상태 모니터링 체계를 제안하였고, 미국 연방 철도국에서는 화차 실시간 모니터링을 위한 무선 센서 네트워크 표준화 연구를 하고 있다. 하지만 이들 연구에서 활용하고 있는 지그비 사물통신 기술은 통신 거리가 수십m이내이기 때문에 장대화 되어 있는 화물열차 환경에서 통신을 하기 위해서는 통신 노드간 많은 중계 과정이 필요하게 되어, 데이터 손실 또는 지연이 발생된다.

본 논문에서는 저전력 장거리 무선통신 기술인 LTE-m(Long Term Evolution- machine) 및 LoRa(Long Range)방식의 무선 센서 네트워크 또는 사물통신기술을 융합하여, 철도 화차 운영 환경에 적합한 혼합형 사물통신기술을 제안한다

2. 철도 화차 실시간 모니터링을 위한 사물통신

2.1 철도 화차 사물통신 노드

2.1.1 철도 화차 사물통신 노드

철도 화차 실시간 모니터링을 위한 사물통신 노드는 LoRa 통신을 통해 근거리(화차 내 및 화차간) 무선통신을 구축하고, LTE-m을 통해 화물열차에서 원격 서버와 통신이 가능하도록 구성하였다. Fig.1에서와 같이 노드는 LoRa 통신 모듈과 MCU로 구성되며, UART, GPIO 등을 통해 각종 센서 및 배터리 관리가 가능하도록 개발되었다.

한편, 게이트웨이는 하부 통신망으로 LoRa를 사용하여 화물열차 환경에 안정적인 통신망을 구축하였고, 화물열차와 원격 서버간의 상부 통신망은 LTE-m을 사용하여 통신 신뢰성을 확보하도록 하였다.

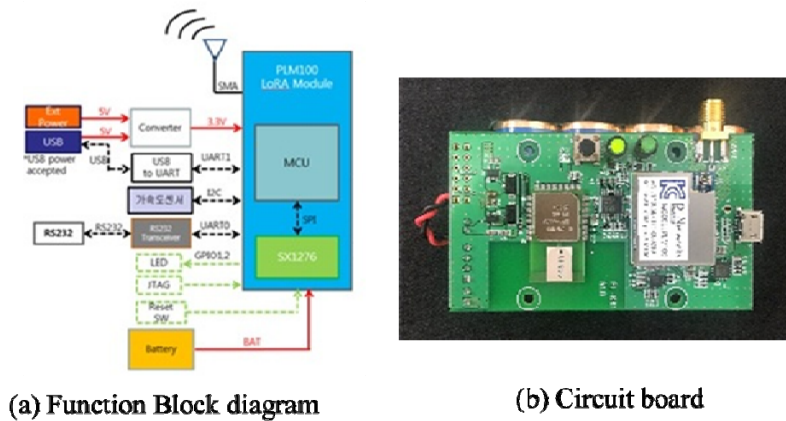


Fig. 1 IoT node

2.2 철도 화차 사물통신망

철도 화차 실시간 모니터링을 위해 통신망을 Fig.2와 같이 구성하였다. 먼저 화차는 열차편성이 자유로워야 하기 때문에 화차단위의 화차 내 네트워크 구성(Intra-car network)을 하고, 화차들로 이루어지는 화물열차 편성 시 화차간 또는 기관차와의 통신을 위한 화차간 네트워크

(Inter-car network)를 구성하였다. 화차 별로 설정된 마스터 노드는 화차 내 네트워크를 통해 각종 센서 정보를 취합한다. 취합된 정보는 화차간 네트워크를 통해 기관차에 부착된 게이트웨이로 직접 또는 인근의 마스터 노드를 중계하여 게이트웨이로 전달되며, 게이트웨이는 화물열차의 모든 상태 정보를 원격 서버로 전송한다.

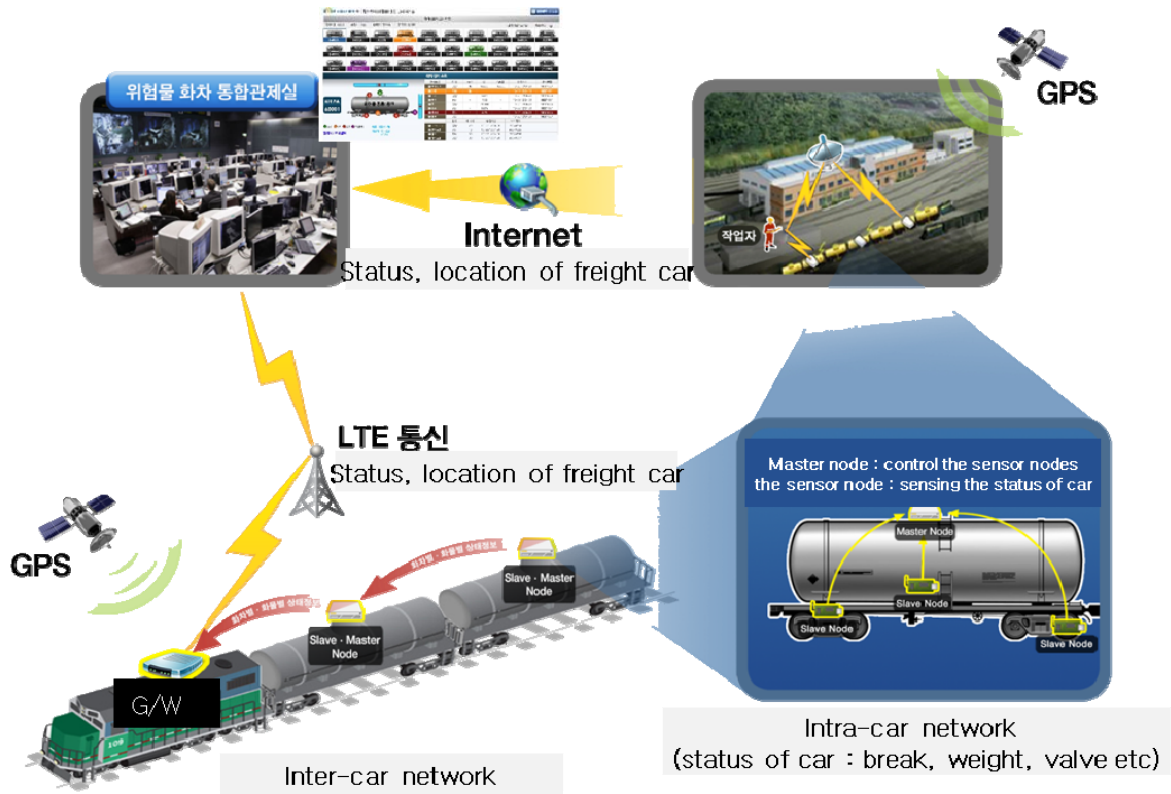


Fig. 2 IoT network concept

3. 시험 및 고찰

3.1 시험 시스템 구성

철도 화차 운행환경에서 사물통신 성능을 분석하기 위해, 실제 운행 화물열차를 대상으로 시스템을 구성하였다. 화물열차 운행 구간은 오봉역에서 부산진역 구간이며, 24량 컨테이너 화차로 편성되었다. 게이트웨이, 마스터 노드 그리고 센서 등은 Fig.3,4와 같이 24번 화차에 게이트웨이를 설치하고, 23번째 마스터 노드에 자이로 센서 및 GPS를 연결하였다. 나머지 1번에서 20번째 화차의 마스터 노드는 온도, 습도, 배터리 잔량 정보를 센싱하도록 하였다. 게이트 웨이와 마스터 노드간 통신망 구성은 1대N의 직접 연결 방식으로 구성하여, 화차 노드의 중계 없이 모든 화차의 마스터 노드가 게이트웨이에 직접 통신하도록 하였다.

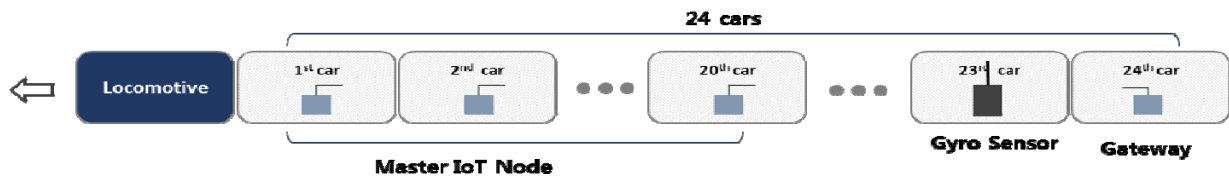


Fig. 3 Configuration of IoT nodes in freight railcar



Fig. 4 IoT nodes in freight railcar

Table 1 RSSI

No. of car	mean	max.	min.	standard deviation
20	-73.12	-53	-91	7.074
19	-77.43	-57	-93	5.82
18	-93.98	-74	-111	6.6
17	-90.19	-75	-108	6.194
16	-93.1	-69	-112	7.008
15	-86.68	-67	-103	7.261
14	-82.44	-63	-98	7.004
13	-87.49	-69	-105	6.59
12	-101.4	-84	-117	6.515
11	-101.34	-83	-118	6.708
10	-88.41	-68	-107	7.18
9	-91.78	-75	-114	7.694
8	-90	-72	-113	7.156
7	-90.66	-72	-114	7.679
6	-94.72	-80	-115	6.642
5	-92.66	-74	-106	6.707
4	-105	-89	-121	5.366
3	-94.44	-72	-121	7.345
2	-102.34	-82	-121	6.226
1	-103.22	-86	-120	6.961

3.2 시험 결과 및 고찰

화물열차 주행 환경에서 마스터노드와 게이트웨이간 통신 성능은 Table 1과 같다. 통신 세기 표준편차는 8dBm이하로 양호한 성능을 나타내었다. 다만 11과 12번 화차 노드의 통신세기가 약하게 측정되었는데 원인 분석 결과 노드의 안테나 연결선 불량으로 확인되었다. 또한 터널 진출입 부근에서 게이트웨이와 마스터 노드간 통신 환경이 일시적으로 불안정하여 통신성능이 저하되는 현상이 나타났다. 이러한 현상은 일시적인 것으로 파악되었고, 센서 정보는 원활히 전달되어 있다.

4. 결 론

철도 화물의 안전한 수송을 위해서 화차의 운행 중 브레이크, 베어링 온도, 적재함 체결, 누유 등의 상태 변화를 모니터링하는 것은 매우 중요하다. 특히 철도 화차 운영환경에 적합한 무선통신 기술은 실시간 모니터링을 위한 중요한 요소이다. 따라서 본 논문에서는 철도 화차의 실시간 모니터링을 위한 LTE-m과 LoRa 사물통신 기술을 융합하여 철도 화차 모니터링용 사물통신 기술을 제안하였으며, 제안된 기술은 화차 운행 환경에서 실증실험을 실시하여 성능을 분석하였다. 통신 성능 분석 결과 표준편차 8dBm이하로 대체로 양호한 통신성능을 나타내었으나, 터널의 진출입 구간에서 일시적인 통신 성능 저하가 발생하였다. 하지만 이러한 현상은 일시적인 것으로 센서 정보를 전달하는 측면에서는 문제되지 않음을 확인하였다. 특히 LoRa 사물통신 방식은 24량간 거리를 중계 없이 직접 통신이 가능함을 확인하였다.

후 기

본 연구는 한국철도기술연구원 주요연구사업으로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] L. Atzori, A. Iera, G. Morabito (2010) The Internet of Things: A survey, *Computer Networks* ,54, pp.2787-2805
- [2] J.U. Won, H.S. Kim, J. Kim(2015) Designing A Train Freight Car Management System Based on Internet-of-Thing Technology for Safe Freight Transport and Management , *Journal of Information Technology and Architecture*,12(4),pp. 695-710.
- [3] T.W. Chang, H.J. Lee, J.H. Lee, J.U. Won, S. Lee (2013) A Study on the R&D Planning of Railway IT Convergence Technology, *Journal of the Korea Electronic Commerce Research*, 18(4), pp. 67-82.
- [4] S.J. Kim, Y.M. Kim. (2011) A Study of Low Power Protocol and Algorithm for Short Range Wireless Communication, *Journal of the Korea Society of Information Technology*, 9(5), pp. 49-58.
- [5] S.J. Kim (2012) Implementation of Adaptive Low Power RTLS Tag with an Adjustable Transmission Cycle, *Journal of the Korea Society of Information Technology*, 10(5), pp.113-119.