

도시철도차량 객실 혼잡 측정데이터 유효성 검증을 위한 모의테스트

Urban rail passenger congestion measurement practice tests for data validation

김영규*, 김태도*, 김영수*, 이석흥*, 정구인*[†], 김노종*, 오정애*, 신민창**

Young Gyu Kim*, Tae Do Kim*, Young Su Kim*, Suk Heung Lee*, Ku In Jung*[†], No Joong Kim*,

Joung Ae Oh*, Sin Min Chang**

Abstract This study sends a congestion measurement data of the train room inside to lower the city railway history using congestion management technologic EMU rooms congestion measuring system, congestion control and congestion measurement experience congestion within the device Development Project Room passengers on a commercial LTE network and to describe the practice test for the validity and reliability test.

Keywords : Congestion, Congestion information, Commercial LTE network, Practice Test

초 록 본 연구는 도시철도역사 이용 혼잡관리 기술개발의 전동차 객실 혼잡도 측정시스템, 혼잡도 제어장치와 혼잡도 측정장치 기술 개발과제로 전동차 객실 내 승객의 체감혼잡도를 낮추고자 전동차 객실 내부의 혼잡도 측정데이터를 상용 LTE망에 전송하여 유효성 및 신뢰성 검증을 위한 모의테스트에 대하여 기술하고자 한다.

주요어 : 혼잡도, 혼잡정보, VPN, 모의테스트

1. 서 론

본 연구는 정보통신기술 기반 혼잡도 관리시스템 기술개발은 도시철도 이용 고객들에게 전용 현시장치 및 모바일을 통하여 혼잡상황을 알려줌으로써 승객을 혼잡도가 낮은 지역으로 분산 유도하여 혼잡도 완화 및 개선하는 것을 최종 목표로 하고 있다. 혼잡 관리시스템은 전동차 객실 혼잡도 데이터를 측정하는 장치, 측정된 데이터를 제어 및 전송하는 장치, 전송된 데이터를 수집 및 처리하는 서버, 처리된 데이터를 표출할 수 있는 현시장치로 구성된다.

이 시스템의 제어장치 및 측정장치는 압력센서를 이용하여 측정된 승객 하중 정보를 인식하고 내부의 프로세서에 의해 승차 인원수로 환산하게 된다.

객실 혼잡도 측정데이터는 차량하부에 설치된 측정장치와 운전실 내부에 설치된 제어장치간의 CAN통신방식을 이용하여 상호간의 정보를 주고 받으며, 제어장치의 경우 차량의 운전실에서 각 객실 별 혼잡도 데이터를 혼잡데이터 관리 서버에 전송하기 위한 제어 기능을 겸하고 있다.

[†] 교신저자: 서울메트로 도시철도연구원(jki0497@seoulmetro.co.kr)

* 서울메트로 도시철도연구원, ** 서울메트로 신정차량사업소

이 시스템의 데이터 유효성 및 장치간 인터페이스 신뢰성을 검증하기 위해서는 운행하는 차량에서 객실 혼잡도 측정 데이터 값과 실 승차 인원수를 비교하는 모의테스트가 필요하다.

2. 본 론

2.1 모의테스트

2.1.1 단계별 모의테스트 시스템 구성

1차 모의테스트는 객실 혼잡도 제어장치와 혼잡데이터 관리서버 간 인터넷 망을 직접 연결하여 TCP/IP 통신확인 시험, 2차 모의테스트는 VPN을 이용하여 TCP/IP 통신확인시험, 3차 모의테스트는 운행차량에 탑승하여 VPN을 이용하여 이더넷(Ethernet) 통신시험으로 임의의 승객량을 설정하여 데이터를 전송하는 방법으로 제어장치와 수신서버간의 데이터 유효성 검증을 하였다.

4차 모의테스트는 실제 운행 차량에서 제어장치를 통해 실시간으로 데이터를 전송하는 시험을 실시하여 측정된 데이터의 유효성과 신뢰성을 검증하였다.

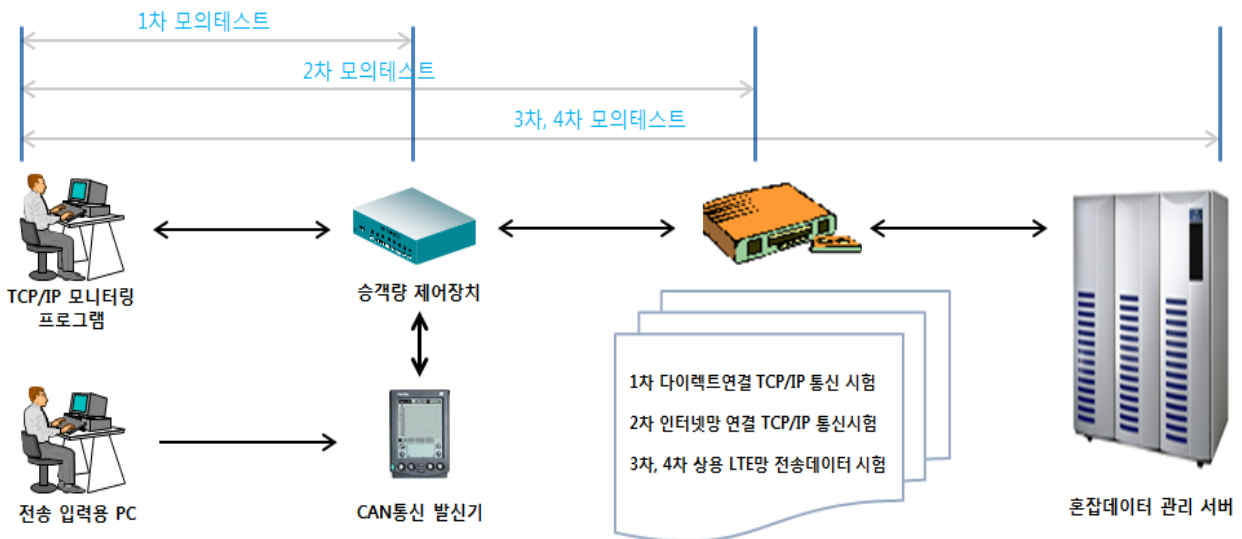


Fig. 1 The input and response signals measured in the forward process

2.1.2 승객 인원수 시나리오 구성

단계별 모의테스트를 위해 각 역사별로 운행시 혼잡상황별(매우 한산, 한산, 보통, 혼잡, 매우 혼잡) 5가지의 조건을 입력하여 프로그램에 데이터 전송에 대한 유효성 및 신뢰성을 검증시나리오를 구성하였다. 신도림 역에서 도림천 역으로 향하는 구간에서는 Case1의 매우 혼잡을 선택하여 각각의 차량에 해당하는 승객수가 입력되게 하였으며, 도림천역에서 신도림 역으로 향하는 열차의 방향에서는 Case4의 한산을 선택하여 승객인원수에 따른 상황을 달리하여, 각각의 역사마다 다른 승객량을 입력하여 다양한 상황에 맞게 테스트를 진행하였다. 또한, 통신 패킷의 송신 시, 제어장치의 저장기능을 이용하여 로그기록으로 서버와 통신 시간 및 통신 패킷 수에 대한 유효성을 검증을 하였다.

Table 1 Passenger number Scenario

| CASE | 승 객 수 | | | | | |
|---------------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 0호차 | 1호차 | 2호차 | 3호차 | 4호차 | 5호차 |
| 매우 혼잡(Case 1) | 254 | 250 | 220 | 200 | 205 | 245 |
| 혼잡(Case 2) | 180 | 150 | 150 | 175 | 170 | 185 |
| 보통(Case 3) | 105 | 100 | 80 | 100 | 100 | 95 |
| 한산(Case 4) | 55 | 45 | 50 | 40 | 40 | 55 |
| 매우 한산(Case 5) | 35 | 20 | 25 | 18 | 19 | 25 |

일정 시간 동안 통신을 서로 송수신하여 서버에서의 수신, 장치에서의 수신 개수를 비교하여 통신 수신률을 확인하였다. 결과는 기기 송신통신 패킷 101개, 서버 수신 통신 패킷 101개 송수신간의 송수신률은 100%로 전송을 확인하였다. 상황을 변화시키지 않은 상태에서 데이터의 송수신 시간을 체크하여 서버에서의 통신 수신 시간과 기기에서의 통신 송신 시간을 비교하여 통신의 지연 시간을 확인하였다. 결과는 최대 통신 지연시간이 2초 이내임을 확인 하였으며, 표출장치의 확인을 통해 데이터의 송수신이 원활히 이루어짐을 확인하였다.

2.1.3 모니터링 프로그램

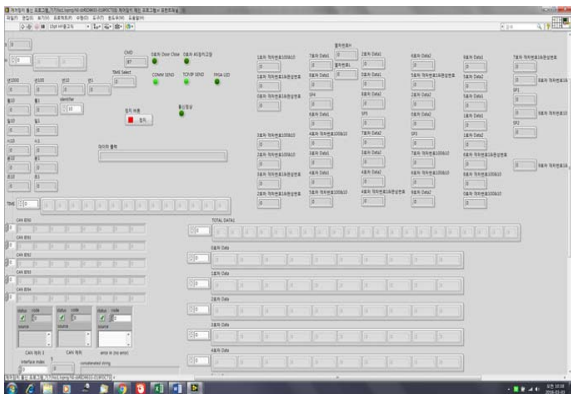


Fig. 2 Monitoring Program

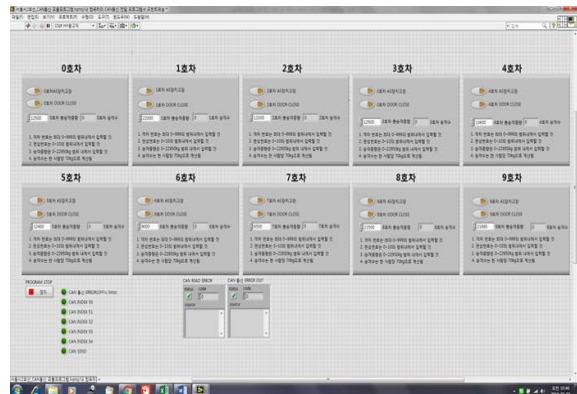


Fig. 3 Input Program

차량의 조건을 만들기 위해 실제로 사용하는 CAN통신라인을 통해 차량의 조건을 입력하였다. 이를 위해 CAN통신 발신기의 별도 모듈을 제작하여 시험하였으며, 모니터링 프로그램을 이용하여 차량의 조건을 입력하였다. 실제의 조건과 동일하게 하기 위해, 열차는 실제 운행 중인 열차를 대상으로 하였으며, 차량에 승객량 제어장치 및 VPN을 설치하여 실제 조건과 동일한 구성을 하였다. 승객량 제어장치는 인터넷 연결망에 다이렉트로 접속이 되며, 시험자는 장치의 접속상태를 모니터링 하기 위하여 별도의 TCP/IP 통신 모니터링을 이용하여 모니터링을 실시하였다. TCP/IP통신을 위해 PC내의 프로그램은 서버로 구성되었고, 제어장치에는 클라이언트 프로그램으로 구성하였다. 장치간의 연결을 위한 IP는 VPN 제공되는 연결망을 사용하였다.

2.2 데이터의 형태(Data format)

2.2.1 제어장치에서의 데이터 송신(제어장치 ⇒ 혼잡관리서버)

Table 2 Message Format(Header)

| Header(22Byte) | | | | |
|----------------|---|------------------------------------|---|---|
| Stx (1byte) | Time (14Byte) | Cmd (1byte) | Seq (4byte) | Length (2byte) |
| 0Xfc 고정값 | 문자열 YYYYM MDDHH MISS (=2016051 9102459) | 0x87 : 주기적 0x88 : 이벤트 | 정수형 1~65535(순환됨) Cmd 무관 매 송신 마다 1 증가 | 정수형 (Body 크기, 열차번호+ 응하중 데이터 + Etx 보통 83 |

Table 3 Message Format(Body)

| Body(83Byte) | | | | |
|-----------------|-----------------|-------|----------------|----------------|
| 열차번호 (2Byte) | 응하중 데이터(80Byte) | | | Etx (1Byte) |
| 정수형 | 0호칸 (8Byte) | | 9호칸 (8Byte) | 0Xfd 고정값 |

데이터 전송을 위한 데이터의 형태는 위와 같이 구성하여 필요한 데이터를 송수신 할 수 있도록 데이터 형태를 배치하였다. 열차번호에 대한 데이터 정보를 획득하기 위해서는 기관사가

Table 4 Load Data

| 1량에 대한 응하중 데이터(8Byte) | | | | | | |
|--|---|--|--|----|----|----|
| 객차번호 + 편성번호 | 승객 증량 | 승객 수 | 기타 상태 정보 | 온도 | 미정 | 미정 |
| 정수형 객차번호 135, 편성번호 8일 때 1358로 전송 | 정수형 0~255 90Kg당 1전송 [400Kg일때 (400/9=4)4를 전송] | 정수형 0~255 2명당 1전송, [510명일 때 (510/2=255)255를 전송] | Bit 0~7 (Bit 2 = DOOR (1담힘, 0열림), (Bit7=1고장, 0정상) | - | - | - |

직접 입력하여 획득하는 방안과 열차번호가 존재하는 장치에서 데이터를 가지고 오는 방안이 있다. 본 연구에서는 열차집중제어장치(TTC, Total Traffic Control System)에서 열차번호, 차량 편성번호, 차량 위치정보 등을 획득 할 수 있도록 혼잡도 관리서버를 구축하여 운영 할 수 있도록 하였다.

2.2.2 Body 내 응하중 데이터

1편성 10량 구성 시 0호칸 ~ 9호칸까지 존재하며 총 80byte이며, 6량 구성의 열차인 경우는 0호칸 ~ 5호칸에 대한 응하중 측정값으로 배치하고 나머지 빈칸에 대해서는 '0' 으로 배치하도록 데이터 형태를 구성하였다. 온도에 대한 데이터의 정의는 전동차 TCMS에서 별도의 시스템을 구성하여 데이터를 전달받을 수 있도록 하였다.

기타 상세정보에 대한 내용은 데이터에 대한 송수신 중 오류 발생(압력센서 오류, 도어 신호 등) 시 오류정보를 전송할 수 있도록 하였다.

Table 5 Answer server

| 전체 문자열 | | | | | | | | |
|--------|--------------|--------------|---------------|----------|------|-------------------|----|----|
| 99 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 |
| 정상 수신 | 요청 데이터 길이 오류 | 요청 데이터 STX오류 | 요청 데이터 CMD 오류 | TIME OUT | 내부오류 | Max Connection 초과 | - | - |

2.2.3 응답서버(혼잡관리 서버 ⇒ 제어장치)

혼잡관리 서버에서는 제어장치와의 연동은 위의 표와 같은 형태로 구성하였으며, 단계 4차에 걸친 모의 테스트는 다음과 같이 데이터 유효성과 신뢰성 검증을 완료하였다.

가. 통신 송수신 개수 확인 시험

일정시간 동안 통신을 서로 송수신하여, 서버에서의 수신, 제어장치에서의 수신 개수를 비교하여 수신률 확인(정상)

⇒ 제어장치의 송신 패킷수 101개 : 서버 수신 통신 패킷수 101개 확인

나. 로그 기록 확인 시험

상황을 변화시키지 않은 상태에서 데이터의 송수신 시간을 체크하여 서버에서의 통신 수신 시간과 제어장치에서의 통신 송신 시간을 비교하여 통신 지연시간을 확인(정상)

⇒ 2호 이내의 시간 오차율 확인 및 송수신 로그 기록 확인

결과가 99일때, 정상 상태임

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|----|----------------|----|----|----------------|----|----|----------------|----|----|----------------|----|----|----------------|----|----|----------------|
| 1 | 시간 | 20160302111625 | 17 | 시간 | 20160302112025 | 33 | 시간 | 20160302112424 | 49 | 시간 | 20160302112825 | 65 | 시간 | 20160302113225 | 81 | 시간 | 20160302113625 |
| | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 |
| 2 | 시간 | 20160302111640 | 18 | 시간 | 20160302112040 | 34 | 시간 | 20160302112439 | 50 | 시간 | 20160302112839 | 66 | 시간 | 20160302113240 | 82 | 시간 | 20160302113640 |
| | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 |
| 3 | 시간 | 20160302111655 | 19 | 시간 | 20160302112055 | 35 | 시간 | 20160302112455 | 51 | 시간 | 20160302112854 | 67 | 시간 | 20160302113254 | 83 | 시간 | 20160302113655 |
| | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 |
| 4 | 시간 | 20160302111710 | 20 | 시간 | 20160302112110 | 36 | 시간 | 20160302112510 | 52 | 시간 | 20160302112909 | 68 | 시간 | 20160302113309 | 84 | 시간 | 20160302113710 |
| | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 |
| 5 | 시간 | 20160302111725 | 21 | 시간 | 20160302112125 | 37 | 시간 | 20160302112525 | 53 | 시간 | 20160302112925 | 69 | 시간 | 20160302113324 | 85 | 시간 | 20160302113725 |
| | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 |
| 6 | 시간 | 20160302111739 | 22 | 시간 | 20160302112140 | 38 | 시간 | 20160302112540 | 54 | 시간 | 20160302112940 | 70 | 시간 | 20160302113339 | 86 | 시간 | 20160302113739 |
| | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 |
| 7 | 시간 | 20160302111754 | 23 | 시간 | 20160302112155 | 39 | 시간 | 20160302112555 | 55 | 시간 | 20160302112954 | 71 | 시간 | 20160302113354 | 87 | 시간 | 20160302113754 |
| | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 |
| 8 | 시간 | 20160302111809 | 24 | 시간 | 20160302112209 | 40 | 시간 | 20160302112610 | 56 | 시간 | 20160302113010 | 72 | 시간 | 20160302113409 | 88 | 시간 | 20160302113809 |
| | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 |
| 9 | 시간 | 20160302111825 | 25 | 시간 | 20160302112224 | 41 | 시간 | 20160302112625 | 57 | 시간 | 20160302113024 | 73 | 시간 | 20160302113425 | 89 | 시간 | 20160302113824 |
| | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 |
| 10 | 시간 | 20160302111839 | 26 | 시간 | 20160302112240 | 42 | 시간 | 20160302112639 | 58 | 시간 | 20160302113040 | 74 | 시간 | 20160302113440 | 90 | 시간 | 20160302113840 |
| | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 |
| 11 | 시간 | 20160302111854 | 27 | 시간 | 20160302112255 | 43 | 시간 | 20160302112654 | 59 | 시간 | 20160302113054 | 75 | 시간 | 20160302113455 | 91 | 시간 | 20160302113855 |
| | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 |
| 12 | 시간 | 20160302111910 | 28 | 시간 | 20160302112310 | 44 | 시간 | 20160302112709 | 60 | 시간 | 20160302113109 | 76 | 시간 | 20160302113510 | 92 | 시간 | 20160302113910 |
| | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 |
| 13 | 시간 | 20160302111925 | 29 | 시간 | 20160302112325 | 45 | 시간 | 20160302112725 | 61 | 시간 | 20160302113124 | 77 | 시간 | 20160302113525 | 93 | 시간 | 20160302113925 |
| | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 |
| 14 | 시간 | 20160302111939 | 30 | 시간 | 20160302112340 | 46 | 시간 | 20160302112740 | 62 | 시간 | 20160302113140 | 78 | 시간 | 20160302113539 | 94 | 시간 | 20160302113940 |
| | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 |
| 15 | 시간 | 20160302111955 | 31 | 시간 | 20160302112355 | 47 | 시간 | 20160302112755 | 63 | 시간 | 20160302113155 | 79 | 시간 | 20160302113554 | 95 | 시간 | 20160302113954 |
| | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 |
| 16 | 시간 | 20160302112008 | 32 | 시간 | 20160302112409 | 48 | 시간 | 20160302112810 | 64 | 시간 | 20160302113210 | 80 | 시간 | 20160302113610 | | | |
| | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | 결과 | 99 | | | |

Fig. 4 Log check test results

다. 승차인원 변화에 따른 서버와의 송수신 시험

시험 시나리오에 의거 승객량을 입력하여 서버에 저장하여 표출장치의 표출을 확인하였으며, 통신 데이터의 로그 기록을 확인하여 수신상태를 확인(정상)

⇒ 표출장치의 표출내용을 통해 승객량 입력 변화에 따른 표출장치의 변화 측정

⇒ 통신 로그 기록을 이용한 송수신 시간 확인

⇒ 2호 이내의 시간 오차율 확인 및 송수신 로그 기록 확인

3. 결론

도시철도 혼잡도 개선 기술 개발은 열차정시운행 및 안정성뿐만 아니라 도시철도 이용효율을 증대시키는 목적 달성을 위해 매우 중요한 기술이며, 특히, 혼잡도 정보제공은 도시철도 이용 고객의 편의 증대 및 대중교통 혼잡으로 인한 사회적 손실을 감소 시키는 효과가 매우 크다. 열차 응하중 데이터를 이용하여 객실 혼잡도를 측정 및 제공함으로써 체감혼잡도를 개선할 수 있는 계기가 될 것으로 보인다. 4차에 걸친 모의 테스트는 차량사업소의 차량 운행 여건상 승객이 적은 시간에 측정이 이루어져 데이터에 대한 정밀도 및 안정성에 대한 평가는 아직 이르나, 프로그램 보정 및 패턴 분석을 통하여 최대한 실제 승객 수에 맞출 수 있도록 지속적인 데이터 분석이 필요하다. 3차년에는 전동차 1개 편성(6량 기준)으로 테스트를 진행하였으며, 4차년도에는 2호선 본선 운행차량 전동차 3개 편성(10량 기준)을 테스트 진행할 예정이다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 철도기술연구사업 연구비 지원(13RTTP-B067918-01)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- (1) 도시철도 역사 혼잡관리 기술 개발 연차(단계)실적계획서(2014), 서울메트로
- (2) 도시철도 역사 혼잡관리 기술 개발 연차(단계)실적계획서(2015), 서울메트로
- (3) 응하중 측정장치 TCP/IP 통신시험 계획 및 결과 보고서(2016), 유진전기공업(주)