

무인전동차의 실시간 상태 진단을 위한 유지보수 정보시스템 인터페이스에 대한 개념설계

한준희¹, 김철수^{2*}

¹신분당선 네오트랜스 차량팀, ²한국교통대학교 철도공학부

A Conceptual Design of Maintenance Information System Interface for Real-Time Diagnosis of Driverless EMU

Jun-hee Han¹, Chul-Su Kim^{2*}

¹Neo Trans Co., Ltd.

²School of Railway Engineering, KNUT

요약 무인 운전 도시 철도시스템은 기관사 없이 열차를 운행 할 수 있는 장점을 갖지만, 이례상황 발생 시 유인운전의 기관사처럼 즉각적인 고장상태 파악, 관제보고, 수동조치가 어렵다. 따라서, 본선 운행 동안 차량 고장 / 상태 정보를 실시간으로 검지하여 차량기지 입고 시에 효율적으로 정비할 수 있는 유지보수 정보시스템의 구축이 필요하다. 본 논문에서는 무선 통신망을 활용한 열차제어시스템, 관제 - 열차제어 정보시스템 콘솔 및 차량기지 유지보수 정보시스템간의 인터페이스를 실시간으로 구현하는 개념설계 방안을 제안하였다. 우선적으로 운행 중 발생하는 800,000 건/일의 많은 열차 상태 정보를 전송하기 위하여 본 연구에서 제안한 데이터 처리 알고리즘을 이용하여 56byte의 데이터 테이블로 수집한다. 이러한 상태 정보를 4자리의 hexa 코드화하여 분류하고, 본선 운행 동안 실시간으로 전동차 상태와 고장정보를 맵핑함으로써, 차량기지 내에 차량 유지보수 정보시스템에 전송한다. 또한 열차제어 정보시스템과 차량기지 유지보수 정보시스템 간에 실시간으로 송 / 수신 데이터의 전송을 각각 확인하고, 이로부터 현장에서 사용하도록 고장정보 화면구현을 구현하였다.

Abstract Although automated metro subway systems have the advantage of operating a train without a train driver, it is difficult to detect an immediate fault condition and take countermeasures when an unusual situation occurs. Therefore, it is important to construct a maintenance information system (MIS) that detects the vehicle failure/status information in real time and maintains it efficiently in the depot of the railway's vehicles. This paper proposes a conceptual design method that realizes the interface between the train control system (TCS), the operation control center-train control monitoring system (OCC-TCMS) console, and the MIS using wireless communication network in real-time. To transmit a large amount of information on 800,000 occurrences per day during operation, data was collected in a 56 byte data table using a data processing algorithm. This state information was classified into 4 hexadecimal codes and transmitted to the MIS by mapping the status and the fault information on the vehicle during the main line operation. Furthermore, the transmission and reception data were examined in real time between the TCS and MIS, and the implementation of the failure information screen was then displayed.

Keywords : Maintenance Information System, Train Control System, Operation Control Center, Train Control Monitoring System, Railway Vehicle

1. 서론

unit, EMU)의 무인 운전(driverless train operation)은 신분당선, 의정부 경전철 등에서 기관사 없이 이례상황에

최근 국내 도시철도 동력분산식전동차(electric multiple

본 연구는 국토교통부 철도기술연구사업의 연구비지원(17RTRPB08576404)에 의해 수행되었습니다.

*Corresponding Author : Chul-Su Kim(Korea National University Transportation)

Tel: +82-31-460-0552 email: chalskim@ut.ac.kr

Received September 7, 2017

Revised October 11, 2017

Accepted October 13, 2017

Published October 31, 2017

대처할 안전요원만을 탑승한 열차 운행방식이다. 이 방식은 무선통신기반으로 승객안전을 위한 관제시설, 각종 설비 및 차량기지에 대한 운행감시와 함께 열차제어기능을 포함한 통합시스템으로 운영된다. 그러나 무인운전방식은 기관사 없이도 열차를 운행 할 수 있는 장점을 갖지만, 이례상황 발생 시 유인운전의 기관사처럼 즉각적인 고장상태 파악, 관제보고, 수동조치가 어렵다. 이의 예방보전 방안으로서, 본선 운행시 차량 고장/상태 정보를 실시간으로 검지하여 차량기지 입고시에 효율적으로 정비하는 유지보수 정보시스템[1]의 구축이 필요하다.

국내 도시철도 전동차 고장이력들은 검수 또는 경/중 정비후에 종이 또는 전자문서형식으로 저장/관리되고 있다. 현재 각 운영기관별로 전동차 정보화 시스템은 다를 뿐만 아니라 본선 운행중에 모니터링하기 힘들며, 차량기지에서 단순 자동 출력하는 수준이다. 또한 해외 도시철도에서도 정보화 시스템을 구축 운영하지만, 무인전동차의 유지보수와 운영에 대한 실시간 통합관리는 아직까지 미비한 실정이다. 따라서 무인운전 전동차의 상태 정보의 송수신 및 사령 전달의 신속한 일원화를 위해서는 본선 운행동안 실시간 열차제어시스템과 유지보수 정보시스템의 인터페이스 설계가 중요하다.

철도분야 검사시스템 관련 연구[2~5]는 열차 차상 신호와 제어시스템 성능 평가에 대하여 검토하였다. 박재영 등[2]은 열차 차상 신호 인터페이스 검사시스템을 제안하여 차상-지상 신호 간 인터페이스시험 알고리즘을 검증하였고, 이재호 등[3]은 무선통신기반 열차제어시스템의 성능평가용 계측시스템을 구축하고 데이터를 분석하였다. 그러나 아직 까지 본선 운행시 실시간으로 철도 차량 유지보수 관련 정보를 추출하는 관련 시스템간 인터페이스 설계는 아직 미비한 실정이다.

본 연구에서는 무인 운전 전동차의 절대적 안전성 확보 일환으로서, 본선 운행동안 실시간 상태 진단정보를 차량기지에 유지보수 정보시스템으로 검토할 수 있는 방안을 제안하고자 한다.

2. 유지보수정보시스템 설계

2.1 열차제어와 유지보수 정보시스템 인터페이스

Fig. 1은 무선통신망을 이용한 무인운전방식의 열차

제어시스템(Train Control System, 이하 TCS), 관제 열차제어정보시스템(Operations Control Center-Train Control Monitoring System, 이하 OCC-TCMS) 콘솔 및 차량 유지보수정보시스템(Maintenance Information system, 이하 MIS)간의 인터페이스 개념도를 나타낸 것이다. 열차 제어시스템은 차상신호장치(On Board System)와 열차 제어정보시스템(Train Control Monitoring System, 이하 TCMS)로 구성된다[6]. TCMS는 주요 서브시스템에 대하여 각 고장 현시와 함께 데이터를 수집하여 운전실의 주 컴퓨터로 정보를 보낸다. 이 정보로부터 차상신호장치는 열차제어신호(ATP/ATO)에 따라 역행, 제동 및 출입문 제어를 담당한다. 본 TCMS와 차상신호장치의 인터페이스는 RS-485 시리얼 통신방식이다[7]. 그리고 Fig. 1 상단에서 차상신호장치와 OCC-TCMS 콘솔의 인터페이스는 주과수 혼신을 줄이도록 IEEE 802.11에 준한 FHSS(Frequency Hopping Spread Spectrum) 양방향 무선 통신방식이다. 이 방식은 전동차의 각종 상태와 고장 정보를 OCC-TCMS 콘솔에 전송한다. 또한 OCC-TCMS 콘솔은 운행 중인 전동차의 각종 제어 및 감시정보를 무선통신망을 이용하여 전동차 TCMS로 전달함으로써 원격제어한다. 그리고 Fig. 1 하단에서 OCC-TCMS 콘솔과 차량기지의 MIS의 인터페이스는 단방향 UDP/IP 소켓통신방식이다. OCC-TCMS 콘솔은 실시간으로 전동차 TCMS에서 800,000건/일의 정보를 통신실 방화벽을 지나서 MIS 으로 전달한다. 이러한 방대한 정보로부터 차량 기지의 유지보수자는 주요한 고장

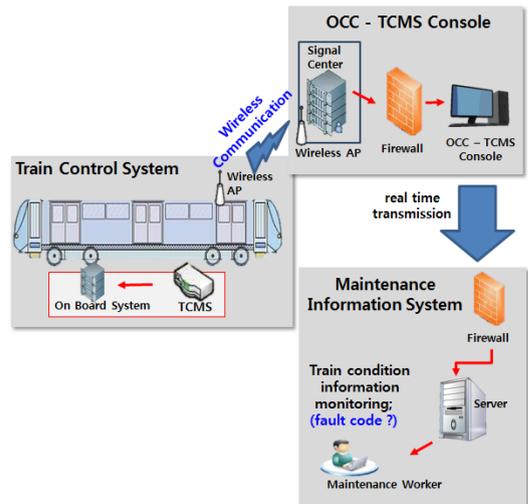


Fig. 1. An interface block diagram from TCS to MIS

정보를 확인하기가 어려우므로 이를 빠르게 확인할 수 있는 이들 사이의 인터페이스 설계가 중요하다.

2.2 전동차 상태 및 고장정보 맵핑 인터페이스

본 무인전동차의 각종 상태정보는 무선통신망과 전동차 TCMS 인터페이스를 통하여 유지보수정보시스템으로 실시간 전송된다. TCMS는 고장발생시 고장의 종류, 위치 및 시간 등의 정보를 보여주면서 알람을 출력한다. 중대한 고장인 경우에는 고장조치 방법 뿐만 아니라 수동운전 시 차량운행 거리, 속도, 차량번호 및 행선지 등 운전시 필요한 정보를 현시한다. Fig. 2는 전동차 상태정보 데이터의 일부분을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 대량의 전동차 TCMS의 각종 정보는 Fig. 3의 데이터 처리 알고리즘을 이용하여 56byte의 작은 데이터 테이블로 전송한다. 이러한 대량정보로부터 차량기지의 유지보수 정보시스템에 효율적인 전달을 위해서는 고장정보를 일정한 규칙에 의거하여 코드화하는 것이 중요하다.

전동차 TCMS는 전동차 내 하부장치 상태를 모니터링하고 약 600개 고장정보를 수집한다. 이들 고장정보는 Fig. 4와 같이 일정한 규칙을 갖도록 코드화함으로써 정보전송의 효율성을 높였다. Fig. 4 (a)에서 전동차 TCMS의 고장코드(fault code)는 4자리수의 Hexa code로 각 차량별/장치별 고장을 의미한다. 고장코드 첫번째 숫자는 서브시스템이며, 2번째 및 3 번째 숫자는 각각

Byte	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Note
1	Message Header(0x8) (Indicator the beginning of the message)								
2/3	Watchdog counter("sequence number)								
4			Power Up Bit	Maintenance Mode			Spare*0	VOBC Self Test	
Below data only from TCMS - VOBC - OCC									
Self Test Result. (1 = Healthy, 0 = Comm. fault or Fail.)									
5	VOBC#1	VOBC#0	C/I #7	C/I #6	C/I #3	C/I #2	SV #0	SV #1	# Car
6	ECU #0	ECU #7	ECU #6	ECU #5	ECU #4	ECU #3	ECU #2	ECU #1	# Car
7	HVAC#0	HVAC#7	HVAC#6	HVAC#5	HVAC#4	HVAC#3	HVAC#2	HVAC#1	# Car
8	DCU #0	DCU #7	DCU #6	DCU #5	DCU #4	DCU #3	DCU #2	DCU #1	# Car
9	FDU #0	FDU #7	FDU #6	FDU #5	FDU #4	FDU #3	FDU #2	FDU #1	# Car
10	MSR#0	MSR#1	TPE#0	TPE #1	All Self Test	Train Health Status	Self Check done	Self test Processing	# Car

Byte	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Note
42	DCU-L#1	DCU-L#2	DCU-L#3	DCU-L#4	DCU-R#1	DCU-R#2	DCU-R#3	DCU-R#4	Car#6
43	DCU-L#1	DCU-L#2	DCU-L#3	DCU-L#4	DCU-R#1	DCU-R#2	DCU-R#3	DCU-R#4	Car#7
44	DCU-L#1	DCU-L#2	DCU-L#3	DCU-L#4	DCU-R#1	DCU-R#2	DCU-R#3	DCU-R#4	Car#0
DCU Door Failure Status - (1= Heavy Failure Bypassed, Cut-off / 0=OK)									
45	# 0 -7 Car	Door Position(DCU#1-8)						Fault Status.	
46	HVAC Operation				Horn Operation#0	Horn Operation#1	Head Light #0	Head Light #1	
47	Train Room temperature average value-8bit Binary(-127.0~-128, Range -30°C - 50°C)								
48	Train outside temperature average value-8bit Binary(-127.0~-128, Range -30°C - 50°C)								
49	# 0 -7 Car	+ / -		- S(0x0BH), - S(0x0D5)					
Fault Code									
50	Car No.				CODE2				
51	CODE1				CODE1				
Detected Date									
52	mm(10)				mm(1)				
53	ss(10)				ss(1)				
54/55	CRC(16bits) Cyclic Redundancy Check								
56	Terminator(0x6)								

Fig. 2. Data table of TCMS information

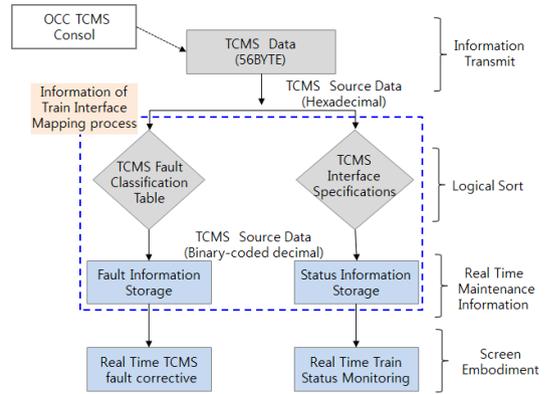
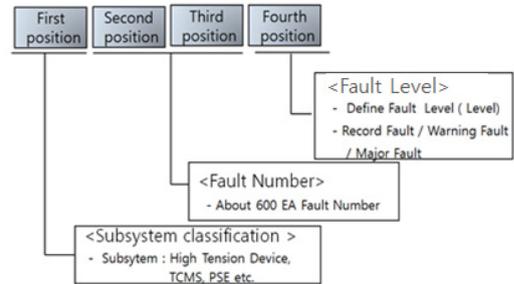
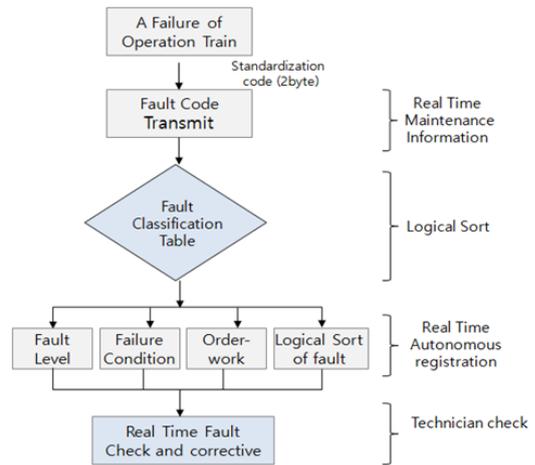


Fig. 3. Data processing algorithm of TCMS information



(a) Fault code

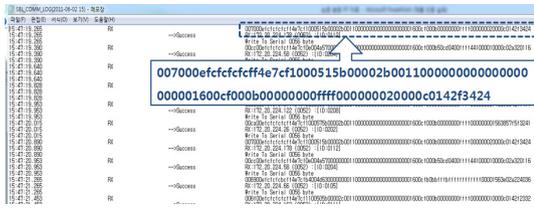


(b) Check algorithm

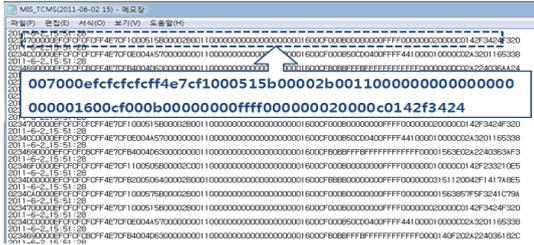
TCMS TRBL C D	TCMS TRBL M	LBS N O	MIN RFAI T YN	MAJRS ALT Y N	WORK CMD NT HT S	BAD C NT HT S	TRBL LGIC	TRBL LCTN	TRBL CNFRM WAY	TRBL MSR KNACK
TCMS trouble CODE	TCMS trouble NAME	LBS# R	Min. mal. Fault (Y/N)	Major Fault (Y/N)	Work command(Y/N)	Bad centers (Y/N)	Trouble logic	Trouble location	Trouble Confirm way	Trouble reaction
f001	VCU Master due to WTB & CCU failure	10000	N	N	Y	VCU Master Mode	#2 WTM communication backup status by #1 CCU trouble	#1	1. CCU Rack Assy SVPS 또는 POWER, SV, +24V lamp OFF 2. VCRUS Board SUPWR 또는 VME 또는 RUN lamp 3. VGVWS Board PWK 또는 VME 또는 RUN lamp/WTB, MSR, MSF, ST lamp	1. CCU RACK Assy, #1 / #0 CCU NFB ON/OFF 2. VGVWS Board #1 / #0 CCU NFB ON/OFF 3. VGVWS Board #1 / #03 CCU NFB ON/OFF 4. VGVWS board change

(c) Fault code classification table

Fig. 4. Fault code classification table and check algorithm



(a) log file of transmission data in TCMS



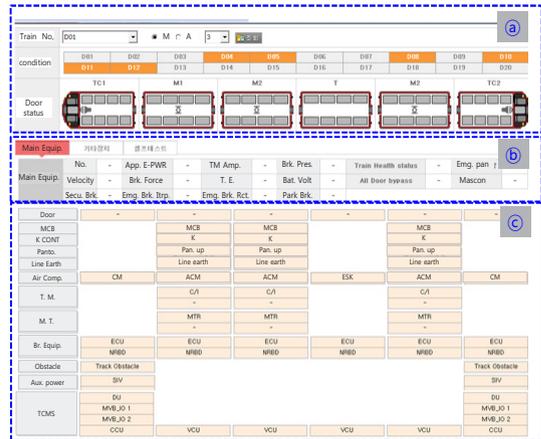
(b) log file of received data in TCMS

Fig. 6. Data log files in TCMS

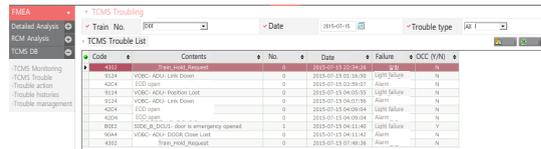
3.2 고장정보 화면구현

유인운전시 승무원은 전동차 TCMS 화면으로 전동차 상태정보를 확인하지만, 무인운전에서는 가능하다. 또한 현재 전동차 차량 기지에서도 유지보수 요원이 고장 정보를 신속하게 검수할 수 없다.

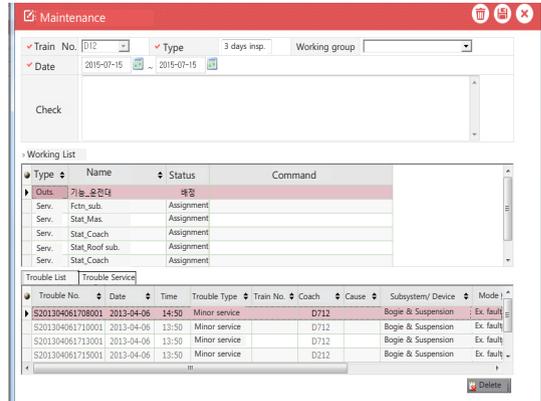
Fig. 7은 Fig. 4의 알고리즘에 따라 구현된 실시간 무인운전 전동차 상태정보 화면이다. Fig. 7(a)에서 ㉠섹션은 전동차 편성번호의 선택과 운행여부이며, ㉡섹션은 본선 운행중인 전동차의 실시간 출입문 정보이고, ㉢섹션은 주요장치의 상태정보를 확인하는 창이다. 이로부터 전동차로부터 실시간으로 전송된 TCMS 상태 및 고장정보 원시데이터는 차량기지 MIS의 데이터베이스에 저장되고, 이중에서 고장정보는 Fig. 7(b)와 같이 데이터 활용 프로세스에 따라 Fig. 4의 고장분류 및 작업지시 알고리즘으로 10분마다 고장 등록 대상 정보가 있는지 추출 후 TCMS고장으로 자동 등록한다. 그리고 Fig. 7(c)에서 보는 바와 같이 차량기지에서 고장정보에 따른 유지보수원에게 작업을 지시한다. 이로부터 해당 편성이 차량기지에 입고하여 정비작업이 배정될 때 자동으로 해당고장을 정비원에게 전달하므로 휴먼에러를 방지할 수 있다. 또한 해당고장 선택시 조치내역, 자체사용내역, 조치시간 등의 정보를 연동시킴으로써 고장관리의 효율성 향상과 신속한 고장조치를 할 수 있다. 본 연구에서 제시한 고장코드화는 본선 운행시 방대한 장치별 고장정보에 대하여 차량기지에서 확인부터 조치요령까지의 소요시간을 Table 3과 같이 단축한다.



(a) main subsystem



(b) Real-time fault information status



(c) fault information task assignment

Fig. 7. MIS display of EMU depot for the driverless operation

Table 3. Compared to effect time Real-time MIS and Non-real-time MIS

Item	Real-time MIS	Non-Real-time MIS
Get Information time & Read time	While operating train Real-Time	More than 1 hours
Work-order time	Automatically assigned immediately (On arrival at base)	More than 0.5 hours
RAM data Analysis Time	about 1 hours per train (because all data automatically assigned)	More than 4 hours per train

4. 결 론

본 연구에서는 무인 운전 전동차의 절대적 안전성 확보 일환으로서, 본선 운행동안 무선 통신망으로부터 열차 상태와 고장정보를 열차제어시스템, 관제 - 열차제어 정보시스템 콘솔 및 차량기지 유지보수 정보시스템간의 인터페이스에 대한 개념설계 방안을 제안하였다.

1. 본선 운행 중 발생하는 800,000건/일의 많은 차량 상태정보를 전송하기 위하여 상태와 고장정보를 구분하여 56byte의 데이터 테이블로 수집하였다. 이 중 고장정보는 4자리의 hexa 고장 코드화하여 분류하고, 본선 운행동안 실시간으로 각종 고장정보를 맵핑함으로써, 실시간으로 TCMS의 송·수신 데이터 로깅으로 전송여부를 확인하여 고장정보 화면구현을 구현하였다.
2. 본 연구의 실시간 유지보수정보 시스템 화면은 TCMS 고장코드에 따라 고장명, 고장로직, 고장확인 방법, 고장조치요령, 불량내용 등을 현시하였다. 이로부터 실시간으로 정보 입수와 판독이 가능하며, 운행 중 발생한 고장 해당편성 입고 시 자동으로 정비 작업을 지시한다.

향후에 자동으로 고장이 등록되어 신뢰성분석에 필요한 기초데이터를 확보할 수 있다. 그리고 관련 상태/고장 정보들이 자동으로 저장되므로 필요한 자료를 쉽게 분석할 수 있어 신뢰성중심 유지보수 관리 데이터 활용에 용이하다.

References

- [1] J. J. Jung, C. S. Kim, "Evaluation of Optimal Time Between Overhaul Period of the First Driving Devices for High-Speed Railway Vehicle", J. of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, vol. 16, no. 12, pp. 8700-8706, 2015.
DOI: <http://doi.org/10.5762/KAIS.2015.16.12.8700>
- [2] J. Y. Park, I. T. Lim, "Development of Interface Inspection System for On-board Signal Equipment", J. of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society, vol. 15, no. 4, pp. 2324-2329, 2014.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2014.15.4.2324>
- [3] J. H. Lee, K.M. Lee, P.S. Park, "Implementation & Application of Instrumentation System on Performance Evaluation for Korea-Radio Train Control System", The Trans. of the Kor. Inst. of Elec. Eng., vol. 62, no. 12, pp. 1777-1783, 2013.
- [4] A. F. Rumsey, Hubbsy, "Implementing Communication Based Train Control at New York City Transit", Proc. of Seminar on Train Protection-The way Forward, Institution of Mechanical Engineers, 2003.
- [5] Bin Ning, "Intelligent Railway System in the 21st Century", Computer in Railways VII, WIT Press, pp. 1153-1163, 2000.
- [6] Neotrans Co. LTD. "Sin-Bundang Metro Subway Line Signal System TCMS Console Technical Specification", DX-line Internal Report, 2011.
- [7] Neotrans Co. LTD. "Sin-Bundang Metro Subway Line Signal System CBTC Technical Specification", DX-line Internal Report, 2014.

한 준 희(Hee-Jun Han)

[정회원]



- 2005년 2월 : 한국철도대학 철도 차량기계과
- 2016년 2월 : 한국교통대학교 교통대학원 교통시스템공학과 (공학 석사)
- 2006년 11월 ~ 2008년 3월 : 공항철도 차량팀
- 2008년 4월 ~ 현재 : 신분당선 네오트랜스 차량팀

<관심분야>

철도차량, 유지보수, 실시간 검수정보시스템

김 철 수(Chul-Su Kim)

[종신회원]



- 2002년 8월 : 한양대 일반대학원 기계설계학과 졸업(공학박)
- 2008년 11월 ~ 현재 : 국토해양부 철도기술 심의위원
- (사) 한국도시철도협회 학술이사
- 2003년 3월 ~ 현재 : 한국교통대학 철도공학부 교수 (교통대학원 겸직)

<관심분야>

철도차량설계, 철도차량RAMS