

차세대도시철도시스템 무인운영시뮬레이터 기본설계방안 연구

Simulator design scheme for Manless Operation in Advanced Urban Transit System

오세찬* 김길동* 박성혁* 이장무* 이한민*
Oh, Seh-Chan Kim, Gil-Dong Park, Sung-Hyuk Lee Changmu Lee Hanmin

ABSTRACT

Recently, According to rapid advancements in railway system and IT have enabled manless operation in urban transit system. Futhermore, development countries have been tried to develop unmaned operation system for reliability, safety, efficiency, and some ones already adopted. In this paper, we define system requirements and functionalities, and establish the system scenarios to handle the various accidents/faults in manless operation environment.

1. 서론

최근, 철도시스템 기술 및 IT기술의 급속적인 발전에 힘입어 도시철도시스템 운영의 무인화가 가능하게 되었다. 일부 철도선진국에서는 안전성과 신뢰성 향상을 위해 무인운영시스템을 구축하여 실용화하고 있는 실정이며 이는 더욱 가속화 될 것이다.

우리나라의 경우도 도시철도시스템의 발전 추세가 무인자동화 되어감에 따라 무인운영에 대비하여 사고/고장 대응 시나리오 등의 체계수립을 위한 가상의 시뮬레이터의 개발이 필요하다. 무인운영시뮬레이터는 통합사령실 운영에 대한 안전성을 높이기 위해 사고 유형별 시나리오를 구성하고 시뮬레이션을 구현하여 도시철도 운영에 필요한 직원의 교육 등에도 적용이 가능한 시뮬레이터이다.

운전 시뮬레이터의 경우 운전자를 대상으로 교육시키기 위한 도구로 개발 활용되어 왔으나 운영 시뮬레이터는 종합사령실 운영과 안전 확보 측면에서 중요함에도 불구하고 도시철도용으로 개발된 사례가 없다. 하지만 자동·무인 운전의 확대에 따른 안전 확보, 시설물 고장에 대한 적정 대응성을 확보하기 위해 향후 연구가 확대될 전망이고, 운전자뿐만이 아니라 사령실 운영요원에 대한 적의의 교육으로 사고, 고장 발생 시 대처 능력을 키워나가는 것이 필요하므로 실용화에 대한 연구 또한 증가할 것이다.

본 논문에서는 이러한 무인운영시뮬레이터 개발에 필요한 시뮬레이터 기능의 정의와 함께 무인운영 환경에서의 여러 사고/고장/신호 대응시나리오 체계를 수립하고자 한다.

* 책임저자 : 한국철도기술연구원, 도시철도기술개발사업단, 정회원

2. 무인운영 사고/고장/대응 시나리오

무인운영을 위한 종합사령실의 기능 분석을 통하여 각각의 사고/고장별로 시나리오(SOP)을 작성/제정할 필요가 있다. 무인운영시물레이터의 기능 정의 및 목표사양을 작성하기 위하여 시나리오(SOP) 작성의 사전 단계로 몇 가지의 사고/고장 대응 시나리오를 소개한다.

2.1 화재발생시 대응 시나리오

화재발생의 진위가 확인되면 우선 화재진화 가능여부 및 열차운행 가능여부를 판단하여 만약 불가능하다면, 화재 차량을 인접역에 정차 시킨 후에 승객을 안전하게 하차시키고 안전한 탈출 통로를 안내한다. 화재 발생시 대응 시나리오는 그림 1과 같다.

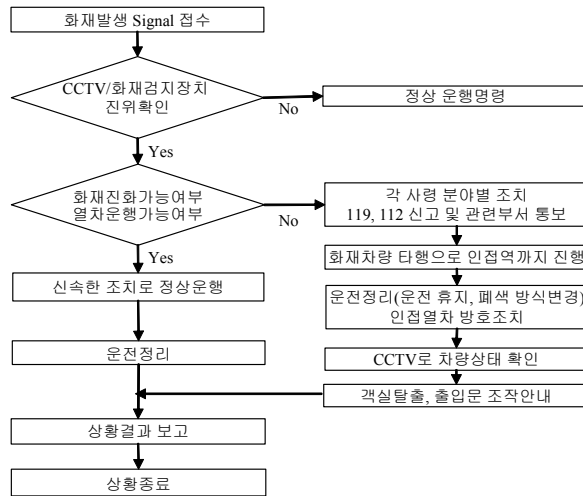


그림 1. 화재발생시 대응시나리오

2.2 역사 장애물 검지 대응 시나리오

승객이 승강장 선로에 떨어졌을 경우, CCTV로 진위를 파악하고 진입열차의 비상제동을 체결한 후, 해당 역 감시원에 통보하며 차량 객실 및 역사 승강장에 비상 방송조치가 필요하다. 승강장 장애물 검지 시 중앙제어실 대응 시나리오에는 그림 2와 같다.

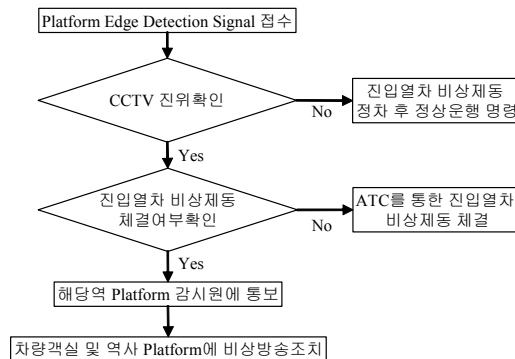


그림 2. 승강장 장애물 검지 대응시나리오

2.3 탈선사고 대응 시나리오

그림 3에서와 같이 열차의 탈선 및 장애물 사고 발생시 CCTV로 진위를 확인하고 열차의 비상제동을 체결하도록 한다. 다른 진입열차가 접근하지 못하도록 운전정리를 하고 객실안 승객이 안전한곳으로 대피 가능하도록 안내방송과 유도등이 점등 하도록 조치한다.

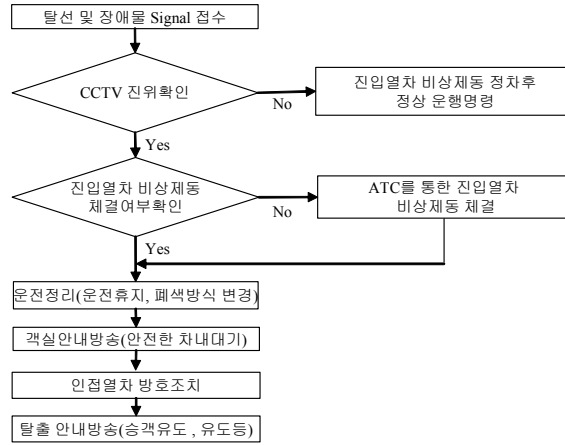


그림 3. 탈선사고 대응시나리오

2.4 전차선 단선 대응 시나리오

전차선 단선사고 발생시 초동조치를 수행하며 장기간 정차시 승강장인 경우 안전하게 하차 및 타교통 이용 안내 조치를 하며, 터널인 경우 인접선 열차를 통제하고 구원 운전을 하도록 조치한다. 대응시나리오는 그림 4와 같다.

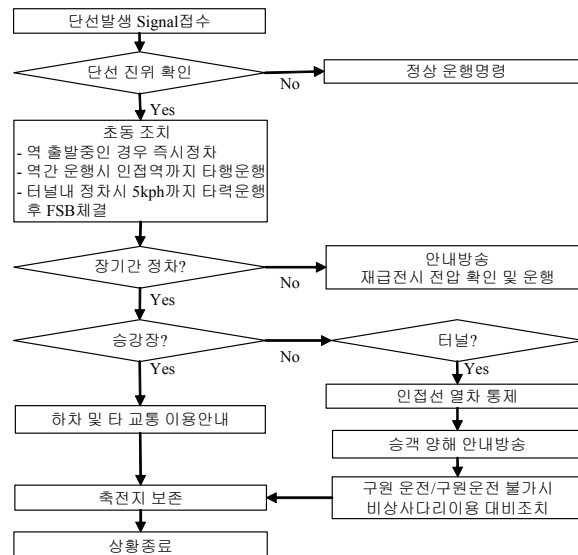


그림 4. 전차선 단선 대응시나리오

3. 무인운영시플래이더 시스템 구성 및 기능정의

무인운영시플래이더는 CCR(Central Control Room), SCR(Signal & Subsystem Control

Room), FME (Field Model Equipment), SGMC(Subsystem Signal Generating Management Computer), TMC(Training Management Computer)로 구성된다.

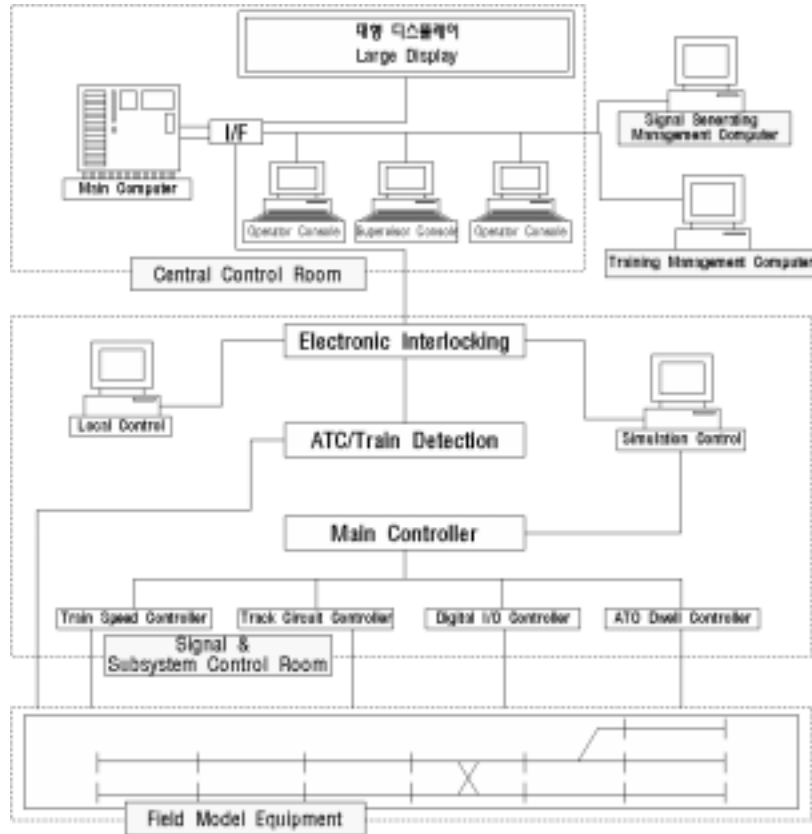


그림 5. 무인운영시뮬레이터 시스템 구성

3.1 CCR(Central Control Room)

CCR은 FME에 대한 열차 운행 신호를 제어하고, 열차 운행 상황을 모니터하는 서브시스템으로 구성된다. 서브시스템은 Main Computer, 2개의 Operator Console, 1개의 훈련 감독자 Console, 대형 Display panel 및 데이터 전송 시스템으로 구성된다. CCR에서 FME에 있는 전체 열차를 제어하기 위하여 이 시뮬레이터의 CCR은 실시간으로 열차 운행 상황을 모니터하고 자동 또는 수동으로 열차 운행 신호를 제어할 수 있다. 또한 CCR은 열차 운행 정보 및 운영자 대응 조치 상황 정보를 저장하여 이 정보를 통해 훈련 결과를 평가하는 자료로 쓸 수 있도록 한다. 피 훈련생이 대형 Display와 Operator console에 표시되는 상황에 대응하여 SOP에 따라 Operator console을 통해 조치를 취할 수 있고, 1개의 훈련 교관용 Console을 통해 훈련 교관이 훈련 상황을 점검할 수 있도록 한다. CCR Console에는 각종 고장 및 사고 시 그에 대응하는 표준 SOP를 TMC로부터 전송받아 표시하고, 이에 따른 Operator의 조치 입력을 받아들여 저장하고 그 정보를 TMC로 전송하여 훈련 결과를 평가할 수 있도록 한다. 이런 상황 하에서 Operator가 SOP에 의한 조치를 위해 Console에는 기존 차량의 운전대에 설치된 고장 조치 관련 스위치 및 버튼 등이 설치되어 Operator의 조치 입력을 받아들일 수 있어야 한다.

3.2 SCR(Signal & Subsystem Control Room)

ATP, ATO, TD, EIE 및 SSG로 구성되어 서브시스템 신호 발생 관리 및 제어 컴퓨터(SGMC)로부터의 전달되는 운영 시나리오 명령 신호에 따라 FME를 제어하고 FME로부터 전해지는 운영 상황 시뮬레이션 신호를 CCR에 제공하는 기능을 갖는다. 각 서브시스템의 사양 및 능은 다음과 같다.

① EIE(Electronic Interlocking Equipment)

EIE는 fail-safe의 CPU와 2개의 SIO 인터페이스로 구성된다. 시스템은 이중 구조로 구성되며, 주 시스템의 제어와 표시는 주/종(main/slave)시스템에 의해 처리 된다. 주 시스템이 고장인 경우 자동적으로 Standby시스템으로 제어가 전환된다. EIE Rack 은 EIE 시스템에서 FME로 정보와 데이터를 전송하는 역할을 한다.

② ATP(Automatic Train Protection)

ATP Rack은 열차를 감지하는 TD, 열차의 속도를 관리하는 ATC 및 정보 전송 제어 장치로 구성된다.

③ ATO(Automatic Train Operation)

ATO는 열차의 자동 운전 제어하는 장치로 TWC 데이터를 전송하는 부분과 역 정차 시간을 제어하는 부분으로 되어 있다. ATO제어는 시뮬레이션 컴퓨터를 통해서 모델 열차의 TWC데이터를 주고받고, TWC장치는 컴퓨터로부터의 정보를 분석하고, 자동 노선 설정, 역 정차 시간 제어 감시 및 모델 열차의 제어를 가능하도록 EIE에 출력을 전송한다.

④ SSC(Subsystem Simulation Control)

SSC는 CPU와 컬러 모니터, 키보드 및 마우스로 구성된다. 컬러 모니터는 MMI와 열차 시뮬레이션을 제공한다. 시뮬레이션 컴퓨터는 FME와 EIE 사이에 위치하며 통신은 RS-232C로 한다. 시뮬레이션 컴퓨터는 Track Circuit 정보를 접수하여 열차 이동을 감지한다. 또한 SSC는 기존의 TTC가 관리하고 감시하던 고장 및 사고 정보 외에 무인운영에 따라 추가로 TTC를 제어, 감시 관리가 부과되는 탈선사고, 충돌사고 및 열차의 주요고장 등과 같은 고장 및 사고에 대한 정보를 시뮬레이션 할 수 있어야 한다.

3.3 FME (Field Model Equipment)

소형 차량과 TRACK으로 구성된 Model Equipment, 실제의 Point Machine, Light Signal 및 기타 서브시스템 센서(장애물 감지, 탈선, 화재, 열차 내 주요 고장 발생)로 구성되어 SSCR 제어 명령에 따라 작동하면서 각종 운영 및 상황 발생에 따른 신호를 발생하여 SSCR에 Feed Back한다. 각모델 레일

① 모델레일

스케일을 작게 한 복선 트랙으로 구성된다. track circuit 수는 20개 이상이고 속도 제어에 사용된다.

② 모델 열차

모델 열차의 전원은 레일에서 공급되고 DC 모터로 가동 된다.

③ 모델 드라이버

모델 드라이버는 모델 신호 설비에 직접 연결을 통해 그 설비의 속도제어 및 기타 제어와 감시를 하는 기능을 갖는다. 모델 드라이버는 RS-232C 통신으로 시뮬레이션 컴퓨터와

연결되어 있어서 접수된 제어 정보에 따라 신호 모델 설비를 제어하고 감시하며 감시 정보를 시뮬레이션 컴퓨터에 전송한다. 모델 드라이버는 Track Circuit 제어기, 디지털 입출력 제어기, 열차 속도 제어기, 시뮬레이터 컴퓨터 및 모델 제어기로 구성된다.

3.4 SGMC(Subsystem Signal Generating Management Computer)

전체 훈련용 상황 시나리오를 내장하고 있어 이 시나리오에 따라 SSCR을 통해 FME를 작동토록하고 TMC에 전체 시뮬레이션한 시나리오 OUTPUT을 전달하고 그 내용을 기록 관리함. 각 훈련 시나리오는 최소한 화재, 탈선, 선로장애물 및 충돌과 같은 비상상황과 차량의 고장 같은 사고/고장에 대한 내용을 적절히 조합하여 소프트웨어가 설계되어야한다.

3.5 TMC(Training Management Computer)

각종 상황에 따른 SOP를 내장 하고 있으며, 각종 시뮬레이션 상황에 대한 훈련생의 대응 조치 내용을 SOP와 비교 평가하고 훈련생의 훈련 성과를 관리함. 상황 발생에 따른 대응 SOP는 적어도 사고/고장에 대하여 각각의 대응 표준 시나리오를 내장하고 있어야 하며, 사고/고장 발생 시 훈련생에 의하여 대응 조치된 내용을 모니터하고, 표준 시나리오와 비교 평가하여 훈련생의 훈련 성과를 출력하고 저장할 수 있어야 한다.

4. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 차세대 도시철도시스템의 무인운행을 위한 시뮬레이터 개발에 필요한 시뮬레이터 기능의 정의와 함께 무인운영 환경에서의 여러 사고/고장 대응 시나리오를 제안하였다. 제안된 시스템 요구사항 및 시나리오는 앞으로 차세대도시철도시스템의 무인운영 시뮬레이터 구축을 위한 토대가 될 것으로 기대된다.

5. Reference

1. G.S. Frederiksen, The Automated Copenhagen Metro in the first year of operation-Experience and Outlook, 9th International Conference on Automated People Movers, Sept. 2003
2. Henning Ildor, 6 Certification of a Driverless Metro to the Safety Standards of the Future, Copenhagen Metro Inauguration Seminar, Nov. 2002
3. 종합 안전·방재 표준처리절차(SOP), 서울특별시도시철도공사, 2004.4
4. 재난 및 장애발생시 조치요령, 서울특별시지하철공사
5. G.S. Frederiksen, Safety Concepts for the fully automated Metro in Copenhagen, <http://www.orestad.dk>, Jan. 2000
6. Peter Wigger, Copenhagen Metro Safety Assessment-Start of Test Operation 2001, <http://www.tuev-rheinland.de>