

# 가상현실기술을 이용한 차량 및 인적사고 시뮬레이터 설계

## Design of Simulator for Train and Human Accidents by using Virtual Realty Technology

전현규\* 양도철 옥민환  
Jun, Hyun Kyu Yang, Doh Chul Ok, Min Hwan

---

### ABSTRACT

There are always chances to make wrong decisions when personnels are suddenly exposed to unexpected accidents which can cause heavy casualties. For this reason, the technology for reproducing the accident condition to find better and effective solutions is necessary. A simulator technology based on virtual reality is regarded as an appropriate tool to reproduce accidents in safe environment.

In this research, we did research on making scenarios to cope with possible accidents in urban transit, and suggested a design strategy of a simulator for analyzing and training on the accidents by visualizing them in immersive virtual environment. By using the simulator, we expect to find more effective way to handle the emergency conditions

---

### 1. 서론

국내 도시철도는 서울, 부산, 대구, 대전 등 주요 대도시에서 운영되고 있으며, 편리한 교통수단을 요구하는 소비자의 욕구에 발맞추어 계속 늘어날 전망이다. 그러나 대중교통수단으로써의 도시철도 비중이 높아지고 있는 반면 사고발생에 대한 대응방안은 아직까지 미비한 실정이다. 도시철도는 20~30m의 지하공간에서 운행되는 만큼 사고가 발생하였을 경우 승객의 대피경로가 상대적으로 취약할 수밖에 없고 화재 또는 정전사고를 동반할 경우 탈출경로의 확보가 더욱 어려워진다. 기관사 및 역무원의 경우, 비상 상황시 조치요령[1]에 대한 교육을 받고 있으나, 이러한 조치요령은 예측 가능한 장애 및 사고 상황에 대한 것일 뿐이므로, 예측하지 못한 사고에 대해서는 올바른 방향으로 이끌지 못할 수 있다[2]. 또한 기관사 및 역무원도 본능을 가진 사람이므로 갑자기 대량인명피해가 야기되는 사고 상황에 노출되었을 때 이성적인 판단을 기대하기는 어렵다. 이를 해결하기 위해서는 위험한 상황에 반복적으로 노출됨으로 인한 학습효과가 필요하나 현실세계에서 이러한 상황을 재현하는 것은 불가능하다.

가상현실(Virtual Reality : VR)[3-5]은 컴퓨터에서 생성한 3차원 그래픽과 다채널 디스플레이 장치, HMD(Head Mounted Display)장치, 데이터글러브 등의 인터페이스 장치를 이용하여 사용자가 마치 현장에 있는 것처럼 몰입감을 느끼며 각종 시뮬레이션 및 실험을 수행하는 기술이다. 가상현실을 이용하면 실제 사고를 재현하고 훈련을 수행하는 방식에 비해 여러 가지의 장점을 가질 수 있다. 첫째, 안전성이 확보된 실험실 공간에서 운영되므로 훈련에 실패하더라도 안전성이 보장된다. 둘째, 가상의 공간에서 훈련이 수행되므로 정상적인 열차운행을 방해하지 않으며 시설물에 손상을 끼치지 않는다. 셋째, 훈련에 참여하는 인원이 가상의 아바타로 대체되므로 직접적으로 훈련에 필요한 인원만 참가시킬 수 있다.

---

\* 한국철도기술연구원, 정회원

마지막으로 실제 공간에서는 수행할 수 없는 다양한 사고시나리오를 가정하여 훈련을 수행할 수 있다는 장점이 있으며, 이외에도 경제성, 신속성 등 많은 이점을 가질 수 있다.

사고대처 및 훈련분야에서의 가상현실기술은 일정한 영역의 가상환경을 구성하고 시나리오를 기반으로 한 훈련을 수행하는 것이 1990년대 중반부터 일본, 프랑스, 호주 등에서 다양하게 연구를 진행하고 있다. 일본 RTRI[6]에서는 열차운행 중에 발생할 수 있는 비정상 운행상황에 대하여 최대한 짧은 시간에 정상조건을 회복하여 운행할 수 있도록 가로 2km×세로 2km의 가상공간에 철길, 역사, 도시환경, 도로 및 철도시설물을 모델링한 가상철도환경을 구축하고 여기에서 열차 정위치 정지 사고, 건널목 사고 등 열차운행 중 발생할 수 있는 다양한 사고조건을 발생시킨 후 이를 해결하고 정상운행조건으로 복귀하는 훈련을 수행하기 위한 가상철도환경을 개발한 바 있다. 프랑스, SNCF[7]에서는 열차 분기기가 고장났을 때 기관사가 이를 대처하도록 하는 분기기 고장조치를 위한 훈련용 시뮬레이터를 개발한 바 있다. 이와 같은 연구는 상용노선을 이용하여 실험을 수행하기 힘든 철도의 특수성을 극복할 수 있는 것으로 안전한 실험실 환경에서 다양한 실험을 수행할 수 있도록 하는 장점이 있다. 호주 철도청[8]에서는 철도종사자들의 훈련을 위하여 비상대처훈련을 위한 시뮬레이터를 개발하였다. 이를 이용하면 레도 위에 작업자 및 승객이 있을 경우, 기관사가 잘못된 레도를 운행하고 있을 경우, 건널목에 고장차가 있을 경우 및 열차 내에 화재가 발생하였을 경우 등 다양한 조건에서의 대처훈련을 수행할 수 있으며 훈련에 참가한 기관사가 미처 열차를 정지시키지 못해도 인명피해가 발생하지 않는다. Zarboutis[9,10]등은 터널안 열차화재를 가정하고 승객이 효과적으로 탈출하기 위한 시뮬레이션을 수행한 바 있다. 이 시뮬레이터에서는 승객, 승무원, 화염 및 연기의 전파 등이 각각의 지능을 갖춘 에이전트로 활동함으로써 시나리오에만 의존하던 기존의 방법에서 탈피하여 실제 승객의 탈출패턴을 연구하는데 적용하고 있다. 국내의 경우 철도분야에서는 아직까지 기관사 교육을 위한 운전시뮬레이터에만 적용될 뿐 비상대처 훈련을 위한 적용 예는 아직까지 없다.

본 연구의 목적은 가상현실을 기반으로 한 철도차량 및 시설물 사고시 승객의 안전을 확보하기 위한 시뮬레이션 환경을 개발하는 것으로써 본 논문에서는 시뮬레이터 설계에 필요한 주요기술을 정리하였으며 향후 시뮬레이터 개발시 적용할 수 있도록 하였다.



그림 1 사고대처훈련을 위한 가상도시(RTRI)



그림 2 비상상황 대처훈련을 위한 시뮬레이터(호주철도청)

## 2. 관련이론

### 2.1 비상사태 대응시나리오

도시철도 사고 및 장애는 충돌사고, 탈선사고, 화재사고, 사상(인명)사고, 시설 및 차량장애, 위험물 사고, 자연재해 및 테러 등으로 분류할 수 있다. 현재 수행되고 있는 철도종합안전사업[11]에서는 예상되는 국내 도시철도 사고 및 장애상황 대처시나리오를 개발하고, 사령실, 기관사, 역사 등 각각의 주체별 비상대응 행동요령을 구축함으로써 사고발생시 관계자가 신속히 대응하여 사고피해(인명사고, 재산손실, 환경피해)를 최소화하는 대응체계를 확립하고 있다.

비상사태별 대응 또는 복구시나리오는 사고 또는 장애 시나리오를 단순장애(incident), 사고(incident) 및 대형사고(major accident)의 3단계로 분류하여 각 레벨별 시설장애의 특징, 작업과 연관되는 인원, 시설장애 비상대응을 위해 필요한 장비 등을 분석하고 대처하도록 하고 있다.

표 1 시나리오 레벨정의

비상 등급	Level 1 (Incident)	Level2 (Accident)	Level3 (Major Accident)
정의	1.실질적인 피해를 동반하지 않은 초기단계 -시설장애 발생초기단계 -설비의 이상 경보 발생	1.시설장애 발생시 자체복구반 및 지원반에 의해 복구가 가능한 정도. 2.시설장애가 확산될 단계	1.원인불명으로 복구가 장시간 지속 될 때. 2.시설장애로 승객이 다른 장소로 이동해야 할 때
관계 인원	내부	기관사, 역무원, 복구반	기관사, 역무원, 복구반, 지원반
	외부	x	경찰서
대응	1.이상경보(징후)발생시 승객은 신속히 관계자에게 알린다. 2.관계자는 초기 대응이 가능한지 판별하고 가능하면 즉시 조치를 취한다.	1.자체 복구반, 지원반에 의한 복구시도.	1.복구반, 지원반 투입되어 구간별 전력공급을 중단하고 복구작업을 한다. 2.관계기관에 도움을 받는다.
예	1.역내 차단기가 내려갔을때 2.자동화제설비의 경보 (확인→일시적 감지기 작동)	1.순간정전(차량일시적정지) 2.자동화제설비의 경보 (확인→전기화제에 의한 감지기 작동) 3.가스누설경보기 작동 4.승강기에 사람이 갇혔을때	1.장시간 정전(차량 계속적으로 정지, 승객이 다른 교통편을 이용해야 할 때) 2.전기화제 및 터널붕괴 사고로 인하여 사고가 확산될 때.

그림 3은 도시철도 역사에서의 화재발생시 조치요령[1]으로써 역무실, 종합사령실, 경찰서, 소방서 등에 화재진압을 위한 각각의 역할을 할당하고 있다. 이러한 시나리오는 시뮬레이터를 개발하기 위한 뼈대 역할을 하며 사고의 상황을 재현하여 시나리오가 담당할 수 있는 범위를 검토하는데 이용된다.

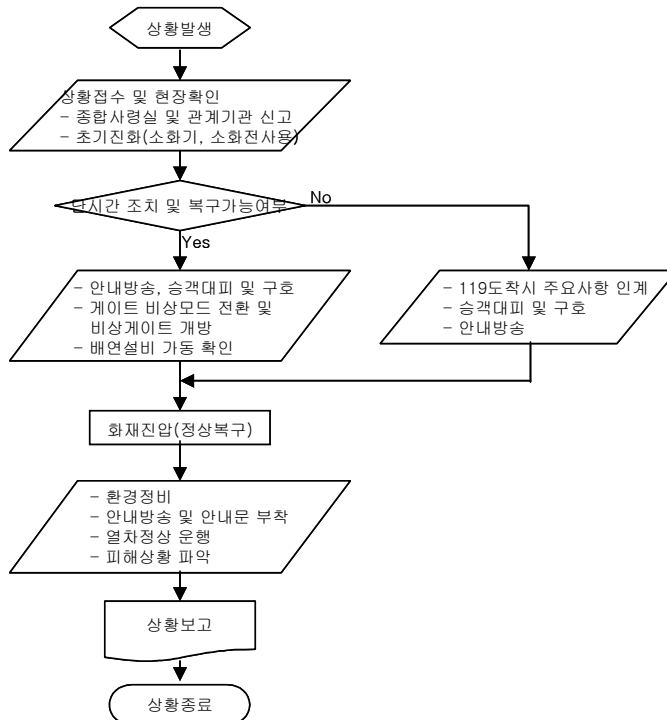


그림 3. 화재발생시 조치흐름도

### 2.3 에이전트 기반 시뮬레이션

일반적인 위험도 관리 프로세스는 위험도해석, 위험도 평가 및 위험도를 감소시키기 위한 적용단계로 분류할 수 있다. 위험도해석에서는 발생 가능한 사고 시나리오들을 바탕으로 사고대처시 발생할 수 있는 각종 상황(예, 경보시스템 고장, 스프링클러 고장, 정전 등)을 가정함으로써 종합적인 위험도를 예측하는 것으로 이를 위해서는 각각의 상황변화가 시뮬레이션 결과에 어떠한 영향을 미치는 가를 분석하기 위한 시뮬레이션 모델이 필요하다.

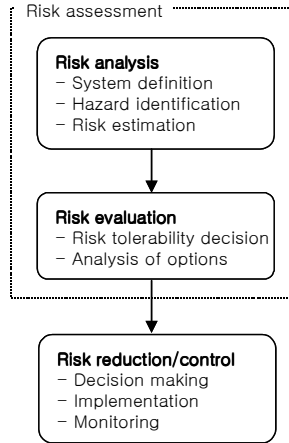


그림 4. 위험평가 및 관리 프로세스

도시철도 사고재현을 위해서는 그림 5와 같이 철도시스템(railway system), 승객(passenger) 및 사고(incident) 에이전트가 필요하다. 철도시스템은 터널, 역사, 사령실 등의 설비 인프라와 신호, 통신 등의 운영 인프라 및 기관사, 역무원, 사령실 등의 철도관계자로 구성되어 있다. 이때 철도관계자는 사고조치요령에 따라 행동하는 휴먼 에이전트로서 사령실의 지령에 따라 사고 상황을 통제하는 경우, 인사사고 등으로 사고 상황을 통제할 수 없게 된 경우 등 여러 가지 조건의 시뮬레이션이 가능해야 한다. 한편, 사고시의 철도승객은 무질서하고, 훈련되지 않은 상태이며 두려움 등으로 매우 감정적인 상태가 된다. 이들은 긴급상황시 이성보다는 본능에 의존하여 행동할 수 있으며, 역무원에 의한 통제가 이루어지지 않을 경우 전혀 예상치 못한 결과를 야기시킬 수 있다. 또한 사고는 시간에 따라 화재 등으로 확대될 수 있으며 이에 따른 화염과 연기의 전파를 시뮬레이션하는 것이 필요하다.

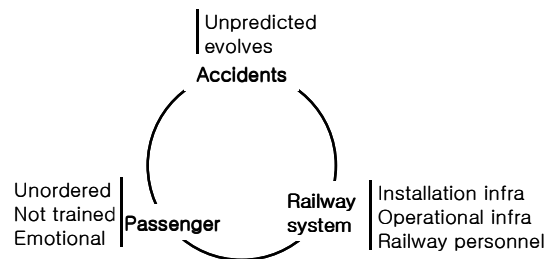


그림 5. 도시철도 사고시뮬레이션을 위한 에이전트 구성도

따라서 철도시스템, 승객, 사고 상황은 언제든지 예상 가능한 영역을 벗어날 수 있으므로 각각의 개체를 에이전트로 가정하고 시뮬레이션을 수행하는 것이 보다 현실에 가까운 결과를 기대할 수 있다. 특히, 비상시 승객의 행동은 인명피해에 직접적인 영향을 줄 수 있으므로 이러한 행동패턴을 분석하기 위하여 실제 사고 상황을 모사한 훈련 상황을 만들어 승객의 행동을 연구하고 있으나, 훈련상황과 실제상황에서 훈련자가 느끼는 위급상황에 대한 긴박감이 다른 만큼 훈련과 실제상황과는 다소 거리가 있다. 이러한 이유로 위급상황에서 사람의 행동패턴을 컴퓨터로 모델링하고 주어진 상황에서 어떻게 대처하는지를 시뮬레이션 할 필요성이 있다. 에이전트 기반모델링 기술을 이용하여 그림 6과 같이 화재시 개개인의 행동

패턴에 대한 모델을 만들고 역무원 등에 의한 특별한 행동지침이 없을 때 승객들이 제한된 공간 안에서 어떤 경로로 이동하는지를 분석하는 것은 향후 비상대처 시나리오를 개발하는데 매우 중요한 요소이다.

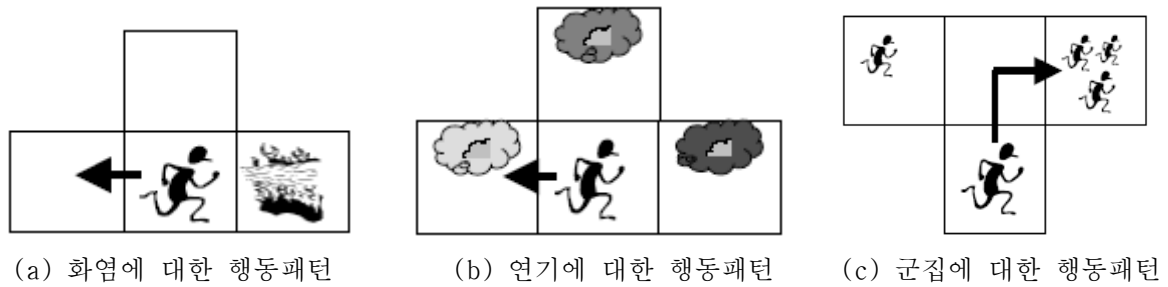


그림 6. 감성공학에 기반한 행동패턴 정의(예)

결론적으로 효과적인 시뮬레이션을 위해서는 승객, 차량, 역무원, 화염 및 연기 등을 스스로 생각하고 행동할 수 있는 각각의 에이전트로써 모델링하며 비상대응 시나리오를 역무원에 적용함으로써 역무원이 어떻게 행동하는가에 따라 승객의 거동 및 사상자수를 줄일 수 있는가를 시뮬레이션조건을 변경하며 다양하게 검토할 수 있는 환경을 구축해야 한다.

### 3. 사고훈련 시뮬레이터 설계

#### 3.1 시뮬레이터 설계

사고상황에 반복적으로 노출시켜 사고상황 대처에 대한 학습효과를 이루는 것은 현실세계에서는 불가능하므로 가상현실기술을 이용한 시뮬레이터의 개발이 필요하다. 시뮬레이터는 시나리오에 따른 사고상황의 발생 및 적용을 위하여 인터랙티브한 환경이 필요하며, 훈련의 효과를 높이기 위하여 훈련에 참가한 훈련자가 깊이 몰입할 수 있는 영상 및 음향시스템이 필요하다.

열차사고 시뮬레이션을 위해서는 앞서 설명한 것과 같이 크게 사고, 승객 및 열차시스템 에이전트가 필요하다. 그림 7은 사고재현을 위한 시뮬레이터의 개념도로써 사고, 승객, 열차시스템 에이전트가 각각 시뮬레이션 되는 환경과 시뮬레이션 결과를 통합하기 위한 복합적응계(complex adaptive system, CAS)로 구성되며, 시뮬레이션 결과를 VR환경에서 가시화함으로써 훈련에 참여한 사람들이 몰입감을 느끼도록 한다.

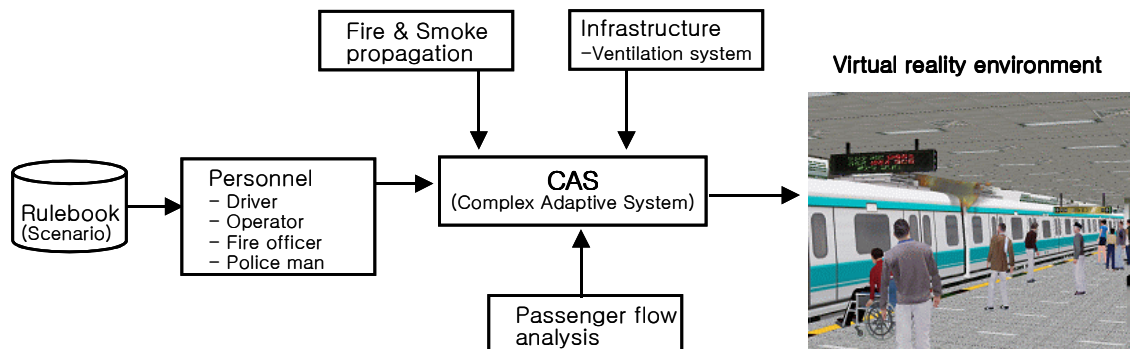


그림 7 플랫폼에서의 열차사고 시뮬레이션 개념도

그림 8은 사고재현을 위한 시뮬레이터의 구성도로써 경제성을 고려하여 시나리오와 시뮬레이션 컨트롤을 위한 마스터 PC와 VR 영상생성을 위한 이미지 생성 PC들이 고속 네트워크를 통해 연결하고 여기에서 생성된 영상이 교관 모니터와 대형 디스플레이장치로 출력되도록 한다. 또한 HMD 장치 및 모션트래킹 장치를 이용하여 사용자의 시선방향에 따라 영상이 이동하도록 함으로써 훈련자가 실제 사고현장에 있는 것처럼 느끼도록 한다.

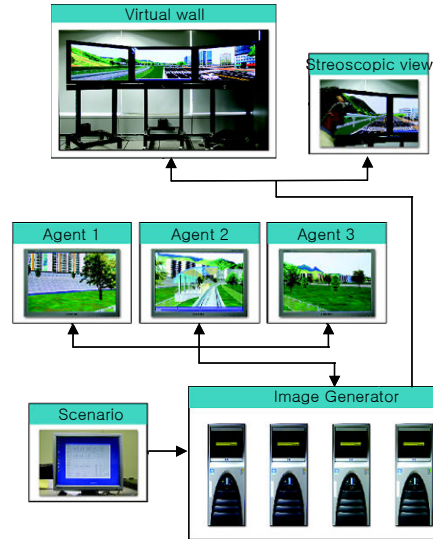


그림 8 PC 기반 사고훈련을 위한 하드웨어 구성도

#### 4. 결론 및 향후연구계획

본 연구에서는 가상현실기술을 이용한 철도사고 훈련시뮬레이션을 수행하기 위한 시뮬레이터 개발을 위한 설계를 수행하였다. 훈련시뮬레이터에 필요한 요건에 대해 살펴보았으며, 또한 가상현실장치를 이용하여 터널붕괴로 인한 열차화재상황을 시뮬레이션해 봄으로써 가상현실기술의 적용성을 검토해 보았다. 가상현실기술을 이용하여 열차 사고상황에 대한 시뮬레이터를 개발함으로써 열차안전성확보에 기여할 것으로 기대된다.

#### 후 기

본 연구는 한국철도기술연구원 2006 기본사업 “철도원천기술연구사업(가상공학 통합설계 기술연구)”의 지원으로 수행되었습니다. 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

#### 참고문헌

- [1] 서울특별시지하철공사, “지하철에서 재난 및 장애발생시 조치요령(역무, 열차운전, 차량, 사령)”, pp.4-11.
- [2] I.L. Kotsiopoulos, 1999, "Railway operating procedure : regulating a safety-critical enterprise", Computers in industry, Vol.40, pp.221-230.
- [3] G.C. Burdea and P. Coiffet, 2003, “Virtual reality technology”, Wiley-Interscience publishing,
- [4] 이지선, 박성호, 최종목, 2005, "철도차량 운전자교육을 위한 훈련용 시뮬레이터 설계", 한국철도학회 춘계학술대회논문집.
- [5] M.L. Louka and C. Balducelli, 2001, “Virtual reality tools for emergency operation support and training”, In proceeding of TIEMS 2001.

- [6] T. Shibata and H. Fujihara, 2002, "Development of railway VR safety simulation system", QR of RTRI, Vol. 43, No.2, pp.87-89.
- [7] D. Lourdeaux and P. David, 1999, "SOFI : Virtual system for track operation system", Proceeding of World Congress on Railroad Research.
- [8] SGI success story, "Employees learn advanced accident-avoidance procedures in a secure, immersive, virtual environment", <http://www.sgi.com>.
- [9] N. Zarboutis and N. Marmaras, 2004, "Searching efficient plans for emergency rescue using simulation : the case of a metro fire", Cognition, technology & work Vol. 6, pp.121-136.
- [10] N. Zarboutis and N. Marmaras, 2005, "Investigating crowd behaviour during emergency evacuations using agent based modeling", EAM 2005 proceedings, Athens, Greece.
- [11] 서울산업대학교 산학협력단, 2006, "비상대응 표준운영절차 개발(안) - 도시철도 차량사고 -", 건설교통부.