

가상현실 기반 소방안전대응 시뮬레이터 개발

최병일*, 한용식, 김명배, 차무현, 이재경
한국기계연구원

Development of the Fire Simulator Based on Virtual Reality

Choi, Byung Il · Han, Yong Shik · Kim, Myung Bae · Cha, Mu Hyun · Lee, Jae Kyung
Korea Institute of Machinery and Materials

요 약

가상환경에서 화재를 재현, 체험 및 소방훈련을 수행할 수 있는 실감영상기반 소방안전 대응 훈련 시뮬레이터 개발하고자 한다. 이를 위해 소방훈련 시뮬레이터를 설계하고, 대상 화재 공간을 가상현실에 구현하였으며 화재 대응 시나리오 지침을 마련한 후 화재시나리오에 따른 화재시뮬레이션을 수행하였다. 또한 전산해석 결과를 토대로 한 화재상황을 가상공간 구현하는 시스템을 구축하였다. 팀 훈련이 가능하도록 하는 팀 훈련 모듈과 열기를 체험할 수 있는 물리 체험모듈을 장착하여 모듈을 추가하여 6팀이 고층 빌딩 및 지하역사에서 소방안전 팀 대응 훈련을 할 수 있는 소방안전 대응 시뮬레이터 시스템을 개발하였다.

1. 서 론

다수의 사람들이 이용하는 공간에서의 화재발생시 화재의 급속한 성장으로 인하여, 소화 및 구조 활동의 제약 등을 받게 되어 막대한 인명 및 재산 피해가 발생할 가능성이 높다. 또한 급격한 화재성장, 고온의 열기류, 연기에 의한 시야의 제약 등으로 화재진압 및 인명구조에 투입된 소방관들의 안전에도 큰 위협이 발생한다. 이러한 이유로 2001년 서울 홍제동 주택화재의 경우 진화중이던 소방관 6명이 사망하는 등, 국내에서도 끊임없이 소방관 순직사고가 발생하고 있다. 이러한 소방관 순직사태에서 보듯 실제 화재현장에서의 소방관 훈련 필요성이 늘어나고 있으나, 고층빌딩, 다중이용시설, 지하역사 대상 등 대형 소방대상물에서의 화재 대응 훈련은 실제 화재를 재현하는 것이 불가능하기 때문에 현실감이 있는 훈련을 수행하는 데 문제가 있다. 따라서 새로운 개념의 소방훈련 시스템 개발이 필요한데, 최근에 기술이 비약적으로 발전하고 있는 화재전산해석 기술과 가상현실(VR, Virtual Reality) 기술을 활용할 필요가 있다.

가상현실(VR, Virtual Reality)기술은 컴퓨터에 의해 시뮬레이션되는 3차원 가상환경을 통해, 인간에게 현실감 및 몰입감을 제공해 주는 기술로서, 데이터의 시각화/시뮬레이션/교육/의료/오락 등 다양한 분야에 걸쳐 폭넓게 응용되고 있다. 또한 화재전산해석을 통하여 실제 화재상황의 열, 연기, 유독가스 등의 정보를 얻을 수 있으며 이러한 정보를 가상현실 내에 제공함으로써 실제 화재상황과 유사한 가상현실 내에서 소방대응 훈련을 수행할 수 있게 된다.

본 연구에서는 고층빌딩 및 지하역사를 대상으로 하여 화재현장에 직접 투입되는 2인 1조 6팀이 가상환경에서 화재를 재현, 체험 및 소방훈련을 수행할 수 있는 실감영상기반 소방안전 대응 훈련 시뮬레이터 개발하였다.

2. 소방훈련시뮬레이터의 설계

2.1 가상현실 기반 소방훈련의 개념

가상현실 기반 소방훈련시스템에서는 훈련을 계획하고 평가하는 운영자(Supervisor's Console, 소방 지휘관에 해당)와 실제 소방훈련에 참여하는 훈련자(Operator's Console)가 상호 통신하면서 훈련이 진행된다. 훈련자는 보통 2인 1조로 구성되며 화재상황에 따라 다수의 팀이 훈련에 투입된다. 각각의 훈련조는 운영자의 지시에 따라 가상공간을 이동하면서 정해진 임무를 수행한다. 이때 다른 훈련조와 의사소통을 할 수 있다. 해당 훈련조의 모니터에는 각기 처한 환경에 맞는 소방대상물의 가

* 정희원 · 한국기계연구원 그린환경에너지기계연구본부 책임연구원 · 공학박사 · E-mail: cbisey@kimm.re.kr

상 공간과 전산해석 결과를 토대로한 화재상황(화원, 연기)이 실시간 실감영상으로 재현된다. 예를 들면 그림 1에서 훈련조 1팀은 피난유도의 임무를, 훈련조 6팀은 실제 화재현장에 투입되어 화원 탐색 및 화재진압 활동을 수행하고 있다. 운영자(소방지휘관)는 이러한 각 팀에게 임무를 부여하고, 부여된 임무의 처리 상황을 보고 받으며, 후속조치를 다시 명령하게 된다. 각 팀의 모든 훈련상황은 대형화면을 통하여 관람자에게 제공되며, 운영자 컴퓨터에 저장되어 훈련평가를 위해 활용된다.

2.2 시스템 구성 및 기능

그림 2에 본 가상현실 기반 소방훈련 시뮬레이터의 구성을 도시하였으며, 표 1에 각 구성 요소의 기능을 나타내었다.



그림 1. 가상현실 소방훈련 시스템 개념도

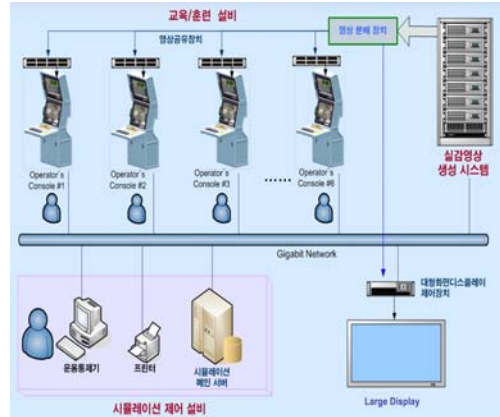


그림 2. 소방훈련 시뮬레이터 구성도

표 1. 가상현실 기반 소방훈련 시뮬레이터 기능

항목 및 세부 구성		기능
운영 통제 기	시나리오 생성 모듈	- 화재유형별 훈련시나리오 생성 - 화재상황(화재위치, 크기, 재실자분포, 훈련투입인원) 설정 - 훈련절차 생성
	시뮬레이션 제어 모듈	- 각 훈련시나리오의 Interactive 제어 및 통신 - operator console, 실감영상생성시스템 제어 - 시나리오 지시사항, 음성/도면 안내 제어 - 교육훈련 과정/이벤트 시뮬레이션 메인 서버에 저장
	훈련관리모듈	- 훈련 시나리오 실행 - 교육훈련 과정/결과 평가
시뮬레이션 메인서버		- 훈련 시나리오 data 저장 - 훈련용 콘텐츠 (3-D모델, 실사영상, 사진) 저장 - 화재/연기 modeling data 저장 - 교육훈련 과정/이벤트 data 저장
실감영상 생성시스템		- 훈련시나리오에 따른 실시간 실감영상 생성 - 화재/연기 modeling data를 토대로 한 실시간 CG 영상 생성 - 훈련용 콘텐츠 (3-D모델, 실사영상, 사진)와 실시간 CG 영상 합성
Operator Console		- Dual Screen 운영자 화면 - 화재상황 영상 - 현장정보도시(화재 건물 3D 도면, 현재 위치) 및 운영자 의사결정 입력
대형화면 디스플레이		교육훈련 개요, 진행과정, 결과 및 평가 Display

3. 화재 시나리오 및 교육 훈련 방안

3.1 소방대상물 가상현실 모델 구현

본 연구에서는 인명피해 위험성이 높은 고층빌딩과 지하역사에서 소방훈련을 목표로 하였다. 이를 위하여 고층빌딩과 지하역사가 함께 있는 복합 건물을 조사하고 이를 가상현실 모델로 작성하였다. 대상으로 건물은 부산광역시에 위치한 지하 5층, 지상 14층의 쇼핑몰, 대형 영화관, 스포츠 센터 등으로 구성된 복합건물로 지하역 지하철 역사가 있다.

해당 건물 및 지하역사를 방문하여 내부 영상을 촬영하고, 내부 구조를 가상현실로 구현하였다.(그림 3) 해당 건물 크기가 너무 방대하여 모든 층을 대상으로 하지는 못하였고 화재가 7,8층에 위치한 영화관에서 발생한다는 가정아래 지하층(6층)과 직상층(9층)까지를 대상으로 하였다. 본 건물의 8층에는 외부의 대형 정원으로 통하는

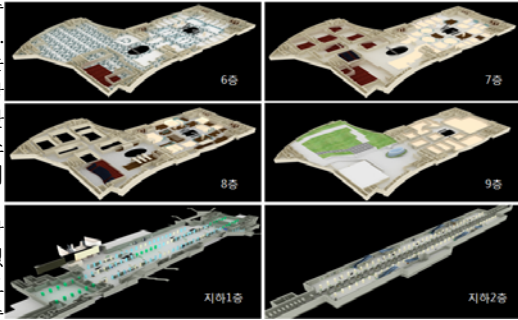


그림 3. 고층빌딩 및 지하역사 가상현실 모델
문이 있어 피난층으로 활용될 수 있다.

3.2 소방대상물 화재시나리오 및 화재전산해석

가상현실 모델내에 화재 상황을 실시간으로 구현하기 위해서는 대상 모든 공간내의 시간별 화재 상황 자료가 필요하다. 이를 위하여 FDS[1]를 이용하여 고층빌딩과 지하역사 화재를 전산 시뮬레이션 하였으며, 시뮬레이션된 자료는 자료 후처리[2]를 거쳐 시뮬레이션 메인 서버에 저장되며 훈련자가 위치한 가상현실 공간에서 연기농도, 온도, 유해가스 농도 등으로 실시간 가시화 된다.

고층빌딩의 경우 7층과 8층에 위치한 영화관에서, 지하역사이 경우 정차된 열차에서 화재가 발생한 것으로 가정하였고, 화재 규모는 스프링클러나 기타 소화설비가 작동된 상태를 가정한 2MW급, 화재가 확대되어 대형화재로 발달된 30MW급으로 하였다.

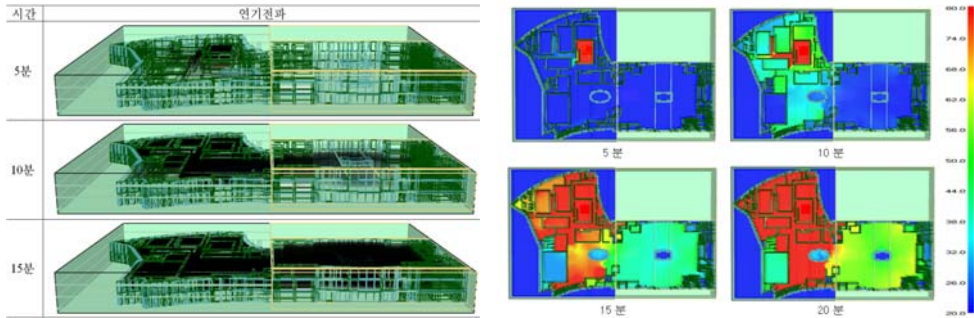


그림 4. 고층빌딩 화재해석 결과 (좌: 연기전파 - 6~9층, 우: 온도분포 - 8층)

3.3 교육훈련 시나리오

대형화재시 화재피해를 최소화하기 위해서는 사고현장 지휘체계(ICS, Incident Command System) 대로 지휘가 이루어져야 하며, 작전에 투입된 소방대원의 임무는 표준작전절차(SOP, Standard Operating Procedure)가 수립되어야 한다.

현재 중앙소방학교에서는 소방 지휘훈련 시뮬레이터를 운영하고 있는데 이는 소방지휘관을 대상으로 사고현장 지휘체계를 훈련하는 시뮬레이터로, 현재까지 화재현장에 직접 투입되는 소방관을 대상으로한 팀 훈련 시뮬레이터는 개발된 바 없다.

본 소방훈련 시뮬레이터에서는 사고현장에 투입되는 소방관의 표준작전절차[3]에 따라 2인 1조 인명 탐색 (지역 분담), 구조 및 구급, 화재진압(배연 조치, 화점 검색, 화연 억제, 화재진압), 화재 특이현상(Flash Over, Back Draft)을 훈련할 수 있도록 하였다.

4. 팀 훈련 시뮬레이터 개발

상기한 표 1의 각 구성품을 개발 완료하여, 6팀 기반의 훈련 시뮬레이터를 완성하였다.

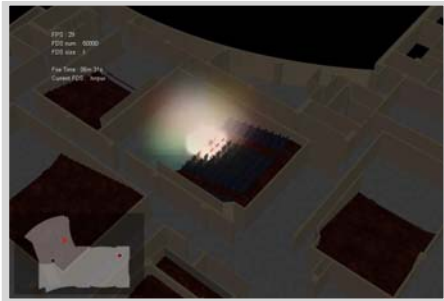


그림 5. 고층빌딩 VR 가시화 (좌: 건물 전체 상황, 우 : 화재실 상황)

그림 5는 완성된 시뮬레이터에서의 화재상황 가시화 결과를 보여주며, 그림 6은 각 개별 훈련자의 위치에서의 화재 상황 가시화 결과를 보여준다. 모든 훈련자는 각자의 입력장치(조이스틱)을 통하여 가상공간(고층빌딩, 지하역사)내에서 소방활동을 수행하며, 각 훈련자의 위치에 대한 화재영상은 실시간으로 훈련자의 위치에 따라 변화된다. 또한 훈련의 현실감을 높이기 위하여, 훈련자의 현 위치 온도에 따라 물리체험모듈(적외선 히터)에 의해 열기가 체험되도록 구성되어 있다.



그림 6. 실감영상 생성시스템



그림 7. 6팀 소방훈련 시뮬레이터

그림 7은 완성된 시뮬레이터 시스템 전체 사진이다. 완성된 가상현실 기반 소방훈련 시뮬레이터는 수요자의 의견 수렴 후 개선점을 도출, 보완한 후 일반인에게 화재 체험 및 대피 훈련을, 소방관에게는 화재발생 현장의 가시거리 및 열분포를 제공하여, 진화지점 파악 및 팀 소방활동 등을 훈련할 수 있는 안전하고 전문적인 훈련시스템을 소방관에게 제공할 것이다.

감사의 글

본 연구는 소방방재청 국가 R&D 프로그램인 “차세대핵심소방안전기술개발사업”의 지원을 통해 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] Kevin McGrattan, Bryan Klein, Simo Hostikka, Jason Floyd, Fire Dynamics Simulator (Version 5) User' Guide, NIST Special Publication 1019-5, NIST, 2008
- [2] 차무현, 이재경, 박성환, 최병일, “전산수치해석 기반 화재훈련 VR 시뮬레이터의 개발”, 한국 CAD/CAM 학회 논문집, 제14권, 제4호, pp. 271-280, 2009
- [3] 재난현장 표준작전절차, 중앙소방학교, 2006