

# 가상현실기반 플랜트 체감형 안전 훈련 시스템 개발 연구

차무현\*, 허영철\*, 문두환\*\*, 이경창\*\*\*  
 \*한국기계연구원 기계시스템안전연구본부  
 \*\*경북대학교 정밀기계공학과  
 \*\*\*(주)톨레미시스템, 충남대학교 컴퓨터공학과  
 e-mail : mhcha@kimm.re.kr

## A Development of VR-based Emergency Training System for Safe Plant Operation

Moo-Hyun Cha\*, Young-Choel Huh\*, Du-Hwan Mun\*\*, Kyung-Chang Lee\*\*\*  
 \*Korea Institute of Machinery and Materials  
 \*\*Dept. of Precision Mechanical Engineering, Kyungpook Nat'l Univ  
 \*\*\*Ptolemy System Corp, Chung-Nam Nat'l Univ

### 요 약

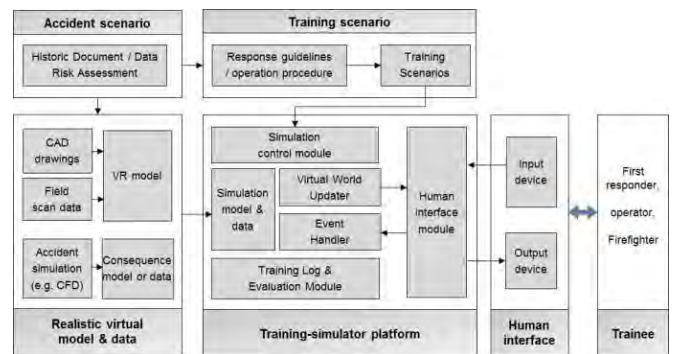
플랜트와 같은 대형 기계설비의 운영 시 발생하는 사고 피해를 최소화하고 조속한 정상화를 위해서는, 운영자 또는 초기 대응자가 예상치 못한 사고에 대처할 수 있는 능력을 향상시키기 위한 현장 운영자에 대한 훈련 기술이 필요하다. 이러한 훈련 과정은 실제 플랜트 현장에서 수행하기가 현실적으로 어렵기 때문에, 시뮬레이션 기술을 사용한 모의 훈련 및 평가기술이 필요하다. 본 연구에서는 이러한 가상현실 안전훈련 시뮬레이터의 설계 및 개발과정과, 체감형 훈련을 가능케하는 휴먼 인터페이스의 적용 및 통합 과정에 대해 소개한다.

### 1. 서론

플랜트와 같은 대형 기계설비의 운영 시 발생하는 사고 피해를 최소화하고 조속한 정상화를 위해서는, 운영자 또는 초기 대응자가 예상치 못한 사고에 대처할 수 있는 능력을 향상시키기 위한 현장 운영자에 대한 훈련 기술이 필요하다. 이러한 훈련 과정은 실제 플랜트 현장에서 수행하기가 현실적으로 어렵기 때문에, 시뮬레이션 기술을 사용한 모의 훈련 및 평가기술이 필요하다. 한편, 가상현실(VR, Virtual Reality) 시뮬레이터 기술은 휴먼 인터페이스를 사용하여 위험한 사고 상황을 가상공간에서 현실적으로 재현할 수 있기 때문에, 안전하고 반복적이며 상호작용이 가능한 훈련을 가능케 한다[1-6]. 본 연구에서는 이러한 가상현실 안전훈련 시뮬레이터의 설계 및 개발과정과, 체감형 훈련을 가능케하는 휴먼 인터페이스의 적용 및 통합 과정에 대해 소개한다.



(그림 1) 안전대응 훈련 시스템의 개념



(그림 2) 안전대응 훈련 시스템의 모듈 구성도

### 2. 플랜트 안전훈련 시스템의 설계

그림 1은 VR 기반 훈련 시뮬레이터의 개념을 나타내고 있다. 가스누출 또는 화재와 같은 사고 유형에 대한 확산방지, 구조 등의 적절한 훈련을 수행하기 위해, 가상환경과 휴먼 인터페이스, 훈련 및 평가 모듈로 이루어지는 시뮬레이터를 개발하고 이를 통해

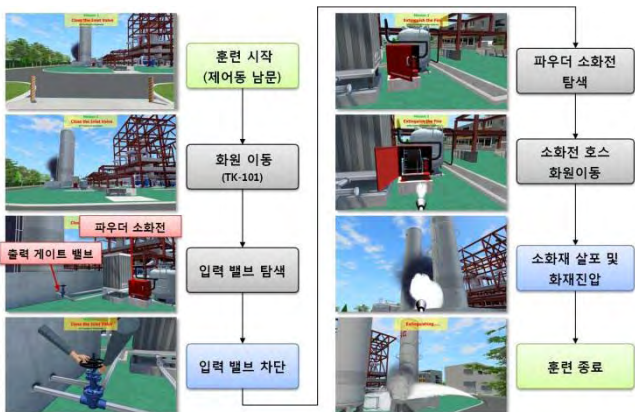
사고 대응능력을 향상할 수 있다. 안전사고 대응훈련을 효과적으로 수행하기 위해서는, 사고현상의 실감적 표현과 훈련자가 이를 사실적으로 인지하여 훈련 환경에 몰입할 수 있는 3 차원 가시화, 훈련 시뮬레이터의 효과를 극대화하기 위해서는 상호작용이 가능한

몰입형 하드웨어 인터페이스, 가상의 설비와의 상호작용을 위한 햅틱 인터페이스 등이 포함된 가상현실 기술, 대용량의 시뮬레이션 데이터 및 훈련상황을 사용자에게 직관적인 가시화를 통하여 제공하기 위한 실시간 데이터 처리 및 소프트웨어 기술, 네트워크 기반 훈련 시뮬레이터 통합기술 등이 필요하다. 그림 2는 VR 환경/자원, 훈련/평가 논리, 사용자 인터페이스, VR 훈련 시뮬레이터로 구성된 안전대응 훈련 시스템의 모듈 구조도를 나타내고 있다.

**3. 사고 및 훈련 시나리오의 정의**

본 연구에서는 플랜트 시설물 위험지역에서의 배관 가스 누출에 의한 소규모 화재 발생을 사고 시나리오로 정의하였다. 이는 초기 대응 및 진압 훈련의 효과가 대규모 폭발 또는 화재 상황보다는 상대적으로 크기 때문이다. 또한, 현장 조업자가 사고 인지 후 초기 진압을 위해 취해야 할 대응 절차를 정의하였다. 먼저 화원 지점을 파악하고 도보 탐색한 후, 사고의 2차 확산 방지를 위한 출력 게이트 밸브의 차단작업 및 소화전 설비를 이용한 화재 진압 과정을 훈련 시나리오로 정의하였다.

한편, 플랜트 운영 통제실에서의 공정제어 모니터링 상황과 현장의 센서 계측상황에 대한 일관성 여부 확인 및 비상 상황에서의 현장 밸브 압력 조정 등의 현실적인 플랜트 운영 시나리오를 기반으로, 이벤트 분기에 따른 시나리오 진행을 시뮬레이션 할 수 있는 시나리오 기반 훈련 통제 모니터링 모듈 개발을 현재 진행하고 있다.



(그림 3) 안전대응 사고 및 훈련 시나리오 정의

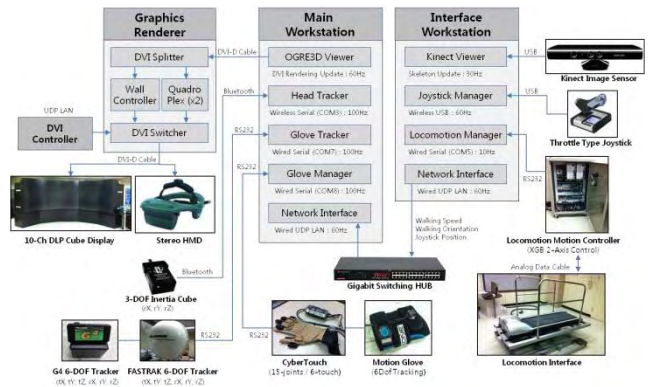
**4. 체감형 휴먼 인터페이스의 적용**

본 연구에서 정의된 사고 및 훈련 시나리오와 구축된 시각화 콘텐츠를 이용하여 체감형 훈련 시뮬레이터 플랫폼을 개발하기 위해 다양한 휴먼 인터페이스를 통합 적용하였다. 그림 4와 같이, 도보 탐색 과정

구현을 위해 기존의 키보드나 조이스틱 등을 대체할 수 있는 신체 보행 기반 네비게이션 시스템을 신규 적용하였으며, 모션 트랙클을 이용하여 현장 조작판 제어, 밸브 차단, 소화전 살포작업 등을 수행할 수 있는 모션 인식 및 처리 기술 등을 개발하였다. 그림 5는 본 시뮬레이터 시스템 개발에 활용된 디스플레이 장치, 보행장치, 모션 인식 장치 등의 휴먼 인터페이스에 대한 하드웨어 시스템 구조도를 나타낸다.



(그림 4) 훈련 임무의 분류 및 휴먼 인터페이스 적용



(그림 5) 체감형 하드웨어 시스템의 통합 구조

**5. 개발 결과 및 결론**

본 연구에서 개발된 훈련 시뮬레이터 프로토타입을 이용하여, 기본 훈련 시나리오인 화원 탐색, 게이트 밸브 차단, 화재 진압에 관한 사용자 시험을 진행하였다.



(그림 6) 체감형 훈련 시스템 프로토타입 실험 결과

그림 5 와 같이 사용자는 보행 장치를 이용하여 화원 탐색 임무를 수행하며 이동 거리감 및 위험지역에 대한 최적 경로를 파악할 수 있었으며, 밸브 차단 훈련을 통해 임무의 역할 및 소요 시간 등을 체득하고, 소화전 살포 훈련을 통해 소화전 위치 파악 및 살포 방향 체험 훈련 등을 수행할 수 있었다. 밸브 차단 임무의 경우 실시간으로 측정된 양 손등의 위치를 기반으로 양손의 중심에 대한 오프셋 벡터 값을 추출하여 양 손의 회전 각도를 계산하였다. 계산된 양 손의 회전 각도를 가상 밸브 핸들의 회전량과 연동하여 밸브 차단 기능을 구현하였다. 소화전 살포 임무는 밸브 차단과 동일하게 양 손의 중심점에 대한 위치 값과 방향 값을 계산하고 이 값들을 가상 소화전 노즐의 위치와 방향으로 매핑하여 손 동작에 따라 살포 위치와 방향을 조정할 수 있도록 구현하였다.

현재 개발 결과는 매우 기초적인 구현 가능성을 검증하는 프로토타입 시험 단계로서, 추후 실제 훈련 효과를 달성할 수 있는 시나리오 개선 및 현장 적용성 향상을 위한 연구가 지속적으로 필요할 것으로 판단된다.

## 후기

본 연구는 산업기술연구회 한국기계연구원 연구사업 “대형기계설비 안전기술 개발”, 국토교통부 플랜트 연구사업 “햅틱기반 플랜트 안전훈련시스템 기술개발” (과제번호: 14IFIP-B0859 84-01) 및 산업통상자원부 산업핵심기술개발사업(과제번호: 10048341)의 결과이며, 관련 지원에 감사드립니다.

## 참고문헌

- [1] Freund, et.al., 2000, "Virtual reality for intelligent and interactive operating, training, and visualization systems." Intelligent Systems and Smart Manufacturing.
- [2] Leu, Ming C., et.al., 2003, "Training in Virtual Environments for First Responders." Proceedings of the ASEE Midwest Section Meeting
- [3] Schofield, D., et.al., 2004, "Virtual reality interactive learning environments." EE: 225-231.
- [4] Salem, et.al., 2007, "A framework for utilising features and requirements of VR training environments to support the risk and accident analysis in industrial plants." Proceedings of the 2nd International Conference on IMCL.
- [5] M.H.Cha, et. al., 2012, "A Virtual Reality based Fire Training Simulator integrated with Fire Dynamics Data", Fire Safety Journal, 50:12-24.
- [6] Manca, et.al., 2013, "Bridging between virtual reality and accident simulation for training of process-industry operators." Advances in engineering software 55:1-9.