

# 전력 에너지 분야 VR 가상훈련 시뮬레이터 개발

채창훈·최민희·정남준 (한국전력공사 전력연구원)

## 목 차

1. 서 론
2. 드론을 활용한 송전선로 점검 가상 훈련
3. 배전기자재 구조 및 시공 가상 훈련
4. 보호계전기 정정 및 전력설비 시험 훈련
5. 변전설비 점검 가상 훈련
6. 향후 방향
7. 결 론

## 1. 서 론

4차 산업혁명 핵심기술 중 하나인 가상현실(Virtual Reality, VR)은 국방, 의료, 전력 등 여러 산업 분야로 그 영역을 확장하고 있다. 예를 들어, 도시가스 안전훈련 시스템[1], 자동제세동기(AED) 가상훈련 시스템[2], 소방안전교육 가상훈련 시스템[3], 재활운동치료 가상훈련 시스템[4] 등에서 가상현실 기반의 시스템이 개발되

고 있다. 특히 전력 에너지 분야는 설비가 다양하고 복잡하며, 조작이 어렵고 위험하므로 가상현실 기술의 활용 효과가 크다. 따라서, 우리는 송전, 변전, 배전분야의 가상훈련이 필요한 부분을 <표 1>과 같이 선정하여 시뮬레이터를 개발하였다. 이를 통하여 빠른 시간에 설비점검 업무 숙련도를 높일 수 있었고, 효율성 높은 교육 훈련이 가능하였다.

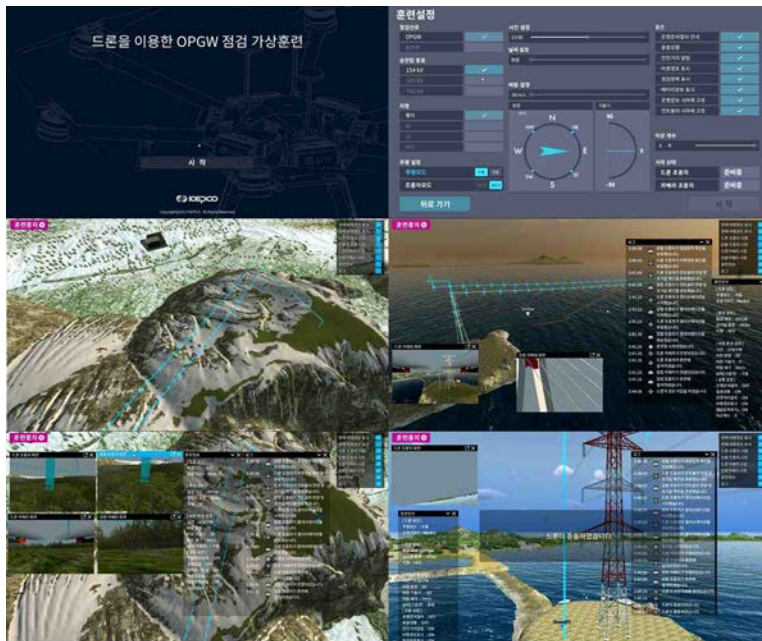
<표 1> 전력 에너지 분야 VR 서비스 개발 현황

구분	서비스명	내용
VR	(송전) 드론을 활용한 송전선로 점검 가상훈련	VR 및 물리 기반 드론 조종 및 철탑 설비점검 훈련
	(배전) 배전기자재 구조 및 시공 가상훈련	배전분야 주요기자재 내부구조 및 동작원리 훈련
	(변전) 보호계전기 정정 및 전력설비 시험	MTR, GIS 보호계전기 정정 및 케이블 결선 훈련
	(변전) 변전설비 점검 가상훈련	변전소 보통점검(변압기, 차단기, SFRA 등) 훈련

## 2. 드론을 활용한 송전선로 점검 가상훈련 시뮬레이터

최근 저비용, 짧은 점검시간, 안전상의 이유로 산업용 드론이 송전철탄의 송전선로 점검에 사용되고 있다. 하지만 드론 조종 미숙으로 인하여 큰 사고로 이어질 수 있으며, 이를 예방하기 위하여 드론점검 교육 및 훈련은 필수적이다. 하지만,

드론 훈련을 하기 위해서는 넓은 장소가 필요하며 드론 배터리가 10분 내외로 오랫동안 훈련하지 못하는 단점이 있다. 또한, 실제 송전철탄에 접근하여 훈련하기 어렵기 때문에 드론 훈련에는 여러 가지 제약사항이 존재한다. 이를 해결하기 위하여 우리는 가상현실(Virtual Reality) 기술을 이용한 (그림 1)과 같은 훈련 시뮬레이터를 개발하였다.



(그림 1) 드론 가상훈련 시뮬레이터



(그림 2) 시스템 구성도

본 가상훈련 시뮬레이터는 (그림 2)와 같이 구성되어 다중의 사용자가 동시에 드론 조종과 카메라 짐벌 조종 훈련을 진행할 수 있으며, 드론의 무게, 운동방향과 속도, 바람의 세기와 방향 등 실제 물리 법칙에 기반을 둔 시뮬레이터를 구현함으로써 훈련 몰입감을 향상시켰다. 또한, 교

육 훈련의 극대화를 위하여 시스템 최적화 등 다양한 방안을 도입함으로써 전력산업 현장에서 활용할 수 있는 최적화된 드론 가상훈련 시뮬레이터라고 할 수 있다.

본 시뮬레이터는 <표 2>와 같은 선로 점검대상을 선정하여 불량 및 고장을 시뮬레이션하여

<표 2> 송전철탑 선로 점검대상

OPGW 선로 점검항목		송전선로 점검항목	
내장형 금구류	그립형 클램프	내장형 금구류	앵커쇄클
	볼트형 클램프		체인링크
	점퍼 클램프		요크
	S.B댐퍼		아킹흔
	OPGW		볼크레비스
	너트 이탈 방지용 R핀		애자
현수형 금구류	그립형 클램프	현수형 금구류	소켓크레비스
	볼트형 클램프		압축인류 클램프
	S.B댐퍼		애지장치 U볼트
	PG클램프, ACSR, 압축단자 연결		앵커쇄클
	너트 이탈 방지용 R핀		요크
OPGW 선로	케이블	송전선로	아킹흔
	항공구		볼크레비스
접속함체	접속함체		애자
	드롭다운		소켓크레비스
	Y1클램프		현수클램프
	Y2클램프		아머로드
		스톡브리지 댐퍼	
		송전선	



(그림 3) 실제 훈련 화면

가상훈련을 하는 직원이 실제와 같은 훈련이 가능하도록 구성하였으며, (그림 3) 같이 실제 드론에 사용되는 컨트롤러를 연동하고 주변 환경에 따른 드론의 움직임을 물리엔진으로 구현하여 몰입감을 증대시켰다.

### 3. 배전 기자재 구조 및 시공 가상훈련 시뮬레이터

송전, 변전설비들과 달리 배전 기자재는 그 종류가 다양하고 우리 주변에 넓게 분포되어 있으며 고장이 빈번하게 발생한다. 배전 기자재의 고장 발생 시 내부구조에 대한 이해 부족으로 대처가 미흡한 점에 착안하여 배전 기자재의 다양한 고장 상황을 연출하고 그에 맞는 올바른 대응 절차를 학습할 수 있도록 (그림 4), (그림 5)와 같

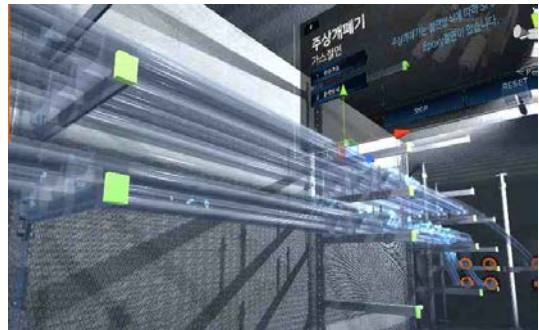
이 가상훈련 시뮬레이터를 개발하였다.

실제와 동일하게 만들어진 가상공간에서 사용하는 VR기기를 착용한 상태로 배전설비의 동작 방법 학습, 고장유형 분석, 파손된 장비의 교체 작업 및 주요 배전공사에 대한 시공학습을 진행할 수 있다. 3D로 만들어진 가상공간은 감전이나 낙하의 위험없이, 안전하게 학습이 가능하며, 각종 이벤트나 효과음, 애니메이션을 통하여 사용자에게 실제와 유사한 상황을 느낄 수 있도록 몰입감을 전달하였으며, 사용자의 명령을 전달하는 VR 컨트롤러는 실제 배전설비 시공방법과 동일한 행동으로 문제를 해결할 수 있도록 지원하기 때문에 실제 현장 투입 시 순서에 맞는 시공 방법 및 적합한 장비의 사용요령을 터득할 수 있다.

시뮬레이터는 (그림 6)과 같이 크게 내부구조 12종과 시공 및 점검 5종의 시나리오로 구분된



(그림 4) 주상변압기(좌) / 지상개폐기(우) 시공훈련



(그림 5) 주상개폐기(좌) / 지중전력구(우) 내부구조 훈련



(그림 6) 시스템 구성도

다. 내부구조는 다시 주상설비 5종(주상변압기 내철형, 주상변압기 외철형, 주상개폐기 가스절연, 주상개폐기 폴리머절연), 지상설비 4종(지상변압기, 지상개폐기 가스절연, 지상개폐기 고체절연, 다회로 차단기), 지중설비 3종(지중변압기, 맨홀, 전력구)로 나누어지며, 시공 및 점검은 주상설비 2종(주상변압기, 주상개폐기), 지상설비(지상변압기, 지상개폐기), 특고압 가공전선으로 구성되어 가상훈련이 가능하다.

#### 4. 보호계전기 정정 및 전력설비 시험 시뮬레이터

변전소에 있는 보호계전기는 전력계통에서 발생하는 고장으로부터 주변압기, 송전선로, 모선 등을 보호하기 위해 설치되는 필수적인 장치로 주변압기 절연과파괴 등이 발생하면 이를 신속히 감지해 해당 설비를 전력계통에서 분리함으로써 전력계통의 피해를 최소화하고 안정적으로 전기를 공급할 수 있도록 한다.

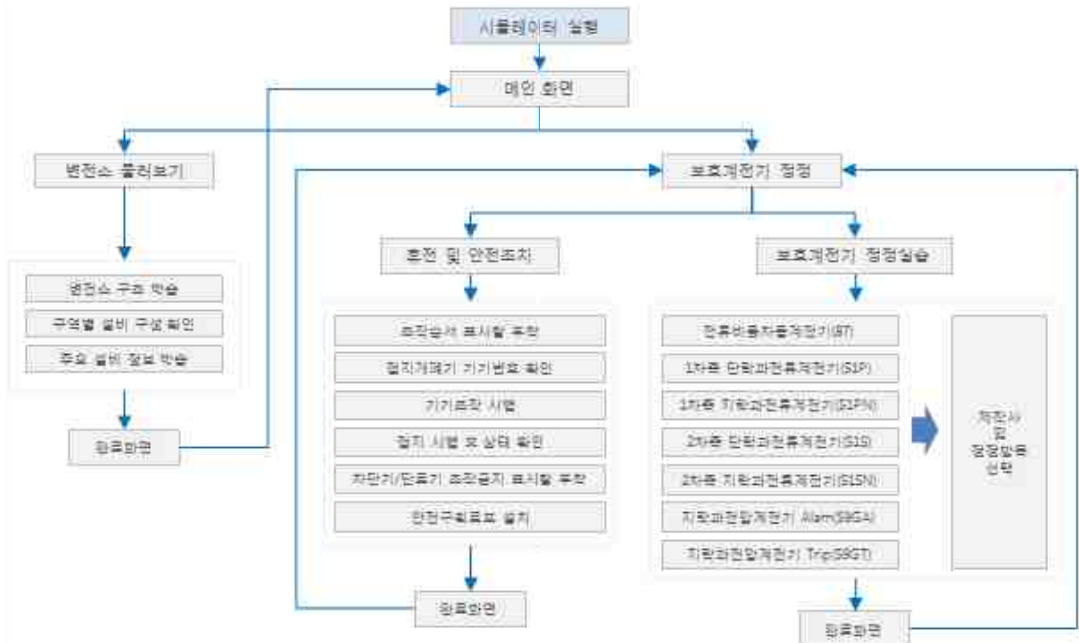
현재 국내 변전소에 도입되어 활용 중인 보호

계전기의 종류는 <표 3>과 같이 다양하여 해당 기기의 사용법을 숙지하기가 어렵고 인적실수에 의한 보호계전기의 오작동 시 과급되는 고장에 따른 피해 비용이 높아 인적 실수 방지를 위한 현장 시험환경을 정확하게 모의한 보호계전기의 정정 및 동작시험업무의 가상훈련 방법이 필요하다. 우리는 (그림 7)과 같은 보호계전기 정정 및 전력설비 시험절차에 따라 가상훈련 시뮬레이터를 개발하여 실제 환경에서의 작업 효율을 극대화하였다.

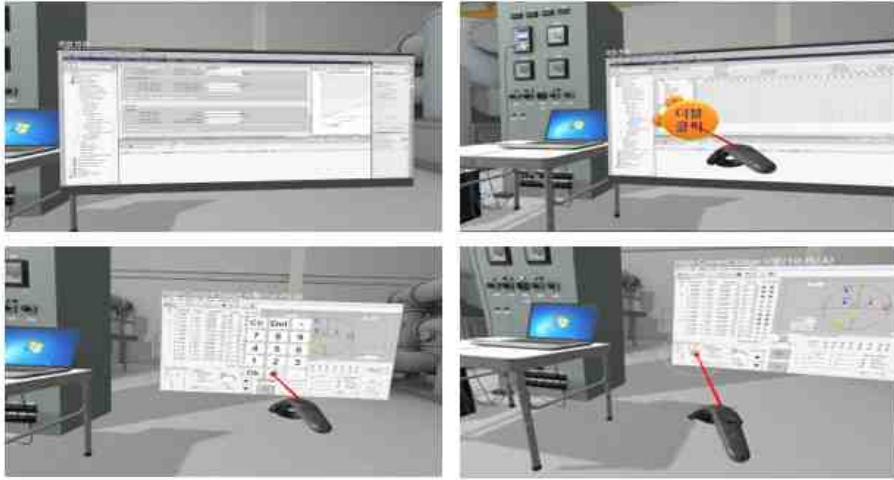
본 시뮬레이터는 제작사별 보호계전기의 특성을 파악하고 동작 방식에 따라 요소시험 절차를 학습할 수 있으며, 각 요소시험에 필요한 회로도를 기반으로 점점연결이나 상변화에 따른 결선을 위한 케이블 결선 훈련이 가능하다. 변전소 IED(Intelligent Electric Device) 정정표 내용을 파악하여 실습에 필요한 기대치를 실시간으로 계산하고 정정값 변경 및 점점 변경, 시험기 (Double) 운용을 위해 사용되는 프로그램을 (그림 8)과 같이 조작할 수 있도록 하였다.

〈표 3〉 훈련 대상 보호계전기 모델

보호 대상	보호반 제작	보호방식	보호계전기 모델명	제작사	
M.Tr	지멘스	87	7UT85	지멘스	
		51P/PN	GD31-AB17	경보	
		51S/SN	GD31-AB17	경보	
		59GA/GT	GD3-V11	경보	
	ABB	87	59GA/GT	RET670	ABB
		51S/SN	RET615	ABB	
					세니온
	51P/PN	GD31-AB17	경보		
	51S/SN	GD31-AB17	경보		
	59GA/GT	GD3-V11	경보		
	세니온	87	59GA/GT	STP-K120	세니온
51P/PN					
		51S/SN	STP-K120	세니온	
23kV GIS					50/51
	50/51	50/51	GD31-AB07	경보	
	50/51	50/51	7900A	유성	



(그림 7) 가상훈련 흐름도

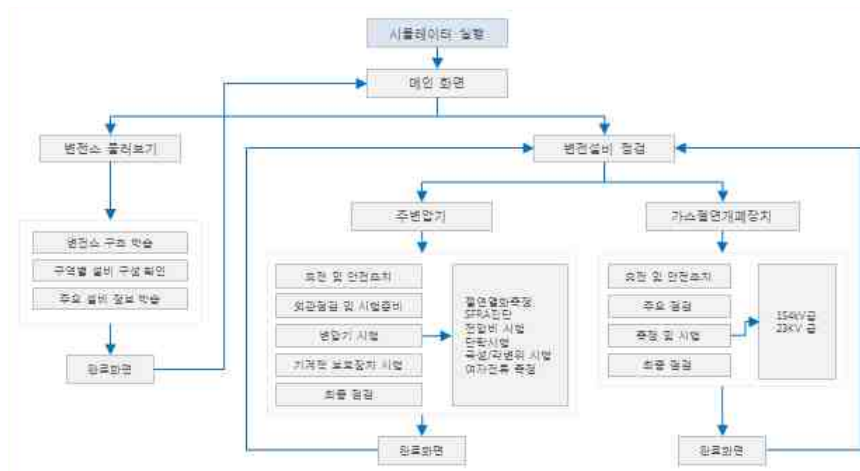


(그림 8) 훈련 화면

### 5. 변전기기 점검 가상훈련 시뮬레이터

변전소 내부에 있는 변전설비는 크기가 크고, 복잡하다. 변전소 점검은 주 단위의 순시점검, 분기 단위의 보통점검, 고장이 발생하였을 때 수행하는 정밀점검으로 나뉜다. 보통점검은 한 변전소당 3일 동안 변전소 전체설비를 점검하게 된다. 하지만, 설비별 동작 매커니즘이 복잡하여 점검을 수행하면서 효율적인 교육하기가 어렵다.

VR 환경에서는 어려운 보통점검을 (그림 9)와 같이 반복훈련 함으로써, 변전기기에 대한 고장 탐지 및 고장배제 업무의 인적실수를 줄일 수 있다. <표 4>, <표 5>의 주변압기(M.Tr)와 가스절연개폐장치(GIS)의 시험 및 측정의 전후로 수행되는 시험준비 및 최종 점검 내용의 절차를 모의할 수 있으며, 세부 시험 및 측정 항목의 기준 회로 구성에 맞게 케이블을 연결하여 회로를 구성하고 시험기를 동작시켜 측정결과를 도출할 수



(그림 9) 훈련 흐름도



(그림 10) 훈련 화면

〈표 4〉 M.Tr 점검훈련 대상

점검항목	세부항목
휴전 및 안전조치	안전구획로프설치
	차단기 및 단로기 조작금지 표시할 부착
	접지개폐기 조작전 기기번호 확인
	기기조작 시행
	변압기 1,2차측 전원 SW OFF
외관점검 및 시험 준비	부상단자 분리(Floating)
	변압기 누유점검
	부상 및 지지애자점검
변압기 시험	절연열화측정
	SFRA진단
	전압비 시험
	단락시험
	극성/각변위시험
	여자전류 측정
기계적 보호장치 시험	방출안전장치 시험(96D)
	OLTC 보호계전기 시험(96T)
	충격압력계전기 시험(96P)
	가스검출계전기 시험(96G)
	유온도계, 권선온도계시험(26D, 26W)
	유면계 시험(33Q)
	OFU 입력시험(63F)
최종 점검	제어함점검
	변압기 외관점검

〈표 5〉 GIS 점검훈련 대상

점검항목	세부항목
휴전 및 안전조치	안전구획로프설치
	차단기 및 단로기 조작금지 표시할 부착
	접지개폐기 조작 전 기기번호 확인
	기기조작 시행 확인
	검전 및 접지시행 후 상태 확인
주요점검	GIS 전원(DC, AC) OFF
	외관점검
	배관, 밸브, 배선상태
	각종 지시치 상태
	차단기 Mechanism 점검
측정 및 시험	압축공기 충전 및 Air 계통 점검
	154kV급 SF6 가스절연개폐장치(GIS)
	23kV급 SF6 가스절연개폐장치(GIS)
최종 점검	전원용 NFB시험
	제어케이블 결선상태 시험
	제어함 점검
	제어 및 지시치 점검
	각종 보호장치 경보시험
	외관점검
	개폐기 조작시험
접지제거 및 가압	



도 있다.

## 6. 향후 방향

우리 회사는 밀레니얼 세대 직원의 급증, 안전 책임 강화, 코로나 19 비대면 시대에 발맞춰 디지털 기술 기반의 효과적인 교육, 체험 수단을 확보하기 위하여 노력하고 있다. 위에서 소개한

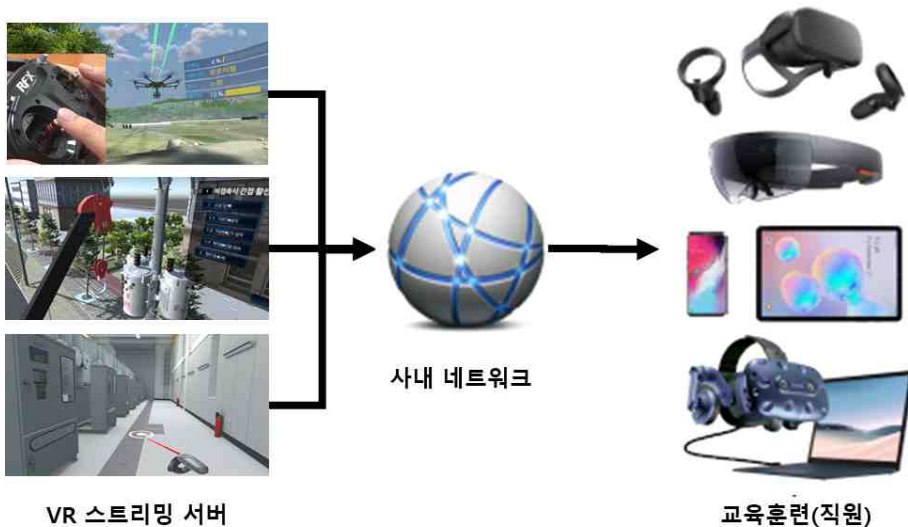
VR 가상교육 훈련은 고성능 GPU 자원을 보유한 PC에서 인재개발원과 각 사업소에 설치된 별도의 교육장에서 오프라인 형태로 이루어지고 있다. 따라서, 교육의 효과를 높이고 많은 직원이 공통으로 사용하기 위하여 e-Learning 시스템과 같은 VR 전용 가상교육 시스템 구축이 필요하다.

이를 위해서는 첫째, HMD, 센서 등의 별도의 H/W 대신 키보드와 마우스로 운영 가능한 통합 인터페이스 개발이 필요하고, 이를 이용하여 기존 VR 교육훈련 S/W를 PC에서도 사용할 수 있게 변환해야 한다. 둘째, 최근 사내 대부분 PC가 클라우드로 운용되고 있다. 클라우드는 중앙에서 자원을 할당해주기 때문에 직원들이 사용하는

각 클라우드 단말기에는 GPU가 없는 경우가 대부분이며, 따라서 클라우드 기반 PC에서는 그래픽 자원이 많이 필요한 업무나 프로그램 실행이 안 된다. 따라서 클라우드 기반의 GPU 가상화 기술과 실시간 스트리밍 기술이 필요하다. Valve Corporation의 SteamVR과 같은 VR 서비스도 서버 자원이 아닌 사용자의 로컬 GPU 자원을 사용한다[5]. 원격에서 H/W 자원이 넉넉하지 않은 직원이 VR 교육을 받고자 하면 중앙서버에서 GPU 자원을 가상화한 후 VR 콘텐츠를 실시간으로 지연 없이 클라이언트 화면에 송출하는 기술이 필요하다. 많은 게임업체, NVIDIA[6], 삼성, 국내 통신사들이 관련 기술을 연구단계이며 우리도 이 기술의 연구가 앞으로 필요하다.

## 7. 결 론

미국의 교육학자 에드가 테일(Edgar Dale)의 ‘학습의 원추(Cone of Learning)’ 이론에 의하면 같은 내용을 학습할 때 우리는 읽은 것의 10%, 들은 것의 20%, 듣고 본 것의 50%, 말한 것의



(그림 11) 클라우드 VR 구성도

70%, 말하고 실제로 행동한 것의 90%를 기억한다고 한다[7]. 이 ‘학습의 원추이론’은 수동적인 학습보다 능동적인 학습이 효율이 극대화 된다는 것을 보여주는 연구이며, 이는 단순히 영상을 보는 시청각 교육을 넘어 가상현실(VR)을 통하여 직접 행동함으로써 학습의 효과를 극대화될 수 있다는 것을 보여준다.

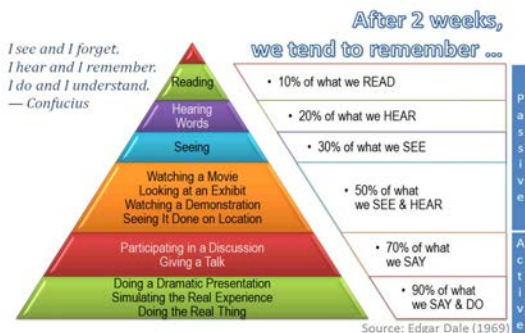
또한, 이온 리얼리티(Eon Reality)의 닐스 앤더슨(Nills Anderson)은 전통적인 교육보다 가상 시뮬레이터 기반의 교육이 2.7배 이상 효과적이었고, 집중력 또한 일반적인 학습보다 100% 향상되었다고 설명하였다[8]. 그리고, 텍사스 인스트루먼트(Texas Instruments)는 2010년 12월부터 2011년 5월까지 프랑스, 독일, 이탈리아, 네덜란드, 영국, 스웨덴, 터키 등 유럽 7개국 10~13세 학생 740명을 대상으로 설문조사를 실시하였고, 2D를 활용하면 몰입도가 46%에 불과한 반면, 3D를 활용하면 92%의 학습 몰입도를 보인다고 연구보고서에서 밝혔다[9]. 이처럼 많은 해외 연구에서 가상현실을 활용한 교육 효과에 대해 효과가 높다고 말하고 있다.

우리는 본 연구를 통하여 전력분야에 특화된 다양한 가상현실 시뮬레이터를 확보하였다. 본 시뮬레이터는 개발 완료 후 한국전력공사 인재개발원에서 많은 신입 교육생들에게 큰 호응을

얻었으며, 현재 전 사업소로 배포되어 활용 중이다. 또한, 본 개발을 통하여 송전, 변전, 배전 분야의 전력설비 3D 모델을 다량 확보하여 향후 디지털 트윈 구축을 위한 디지털 자산화 기반을 마련하였다. 우리는 본 가상훈련 시뮬레이터들을 교육훈련 및 현장업무에 활용함으로써 저렴한 비용으로 실제와 같은 상황에서 몰입감이 있고 체험적인 훈련이 가능하였다. 이를 통하여 업무 효율 향상, 고장 사고비용, 유지보수 비용을 절감할 수 있었다. 앞으로도 전력 에너지 분야의 다양한 가상훈련 시뮬레이터를 개발하여 4차 산업혁명 시대의 적합한 교육훈련으로 자리매김할 것으로 기대한다.

### 참 고 문 헌

- [1] 이재용, 유철희, “도시가스 정압기 가상훈련 플랫폼 연구”, 한국가스학회지 21, no. 1, pp. 59-64, 2017.
- [2] 송은지, “자동제세동기(AED) 가상훈련 시스템 개발에 관한 연구”, 한국정보통신학회논문지 v21, no.7, pp.1379-1385, 2017.
- [3] 윤태만, “소방안전교육 가상훈련 시스템”, 한국재난정보학회 2015년 정기학술대회 Nov. 27, pp. 335-338, 2015.
- [4] 최봉두, “재활운동치료환자를 위한 가상훈련 시스템 개발에 관한 연구”, 목포대학교 대학원 석사논문, 2016.
- [5] SteamVR, Valve Corporation, “https://store.steampowered.com/app/250820/SteamVR/”.
- [6] CloudXR, NVIDIA, “https://developer.nvidia.com/nvidia-cloudxr-sdk”.
- [7] Dale E. Audio-Visual Methods in Teaching, 3rd, New York: Holt, Rinehart & Winston; 1969:p.108.
- [8] Nils Anderson, Eon Reality, “https://www.



(그림 12) ‘학습의 원추’ 이론

eonreality.com/”.

[ 9 ] 3Droundabout, ‘TI European Research Shows Benefits of Using 3D Content as a Teaching Tool’, <http://3droundabout.com/2011/09/5090/ti-european-research-shows-benefits-of-using-3d-content-as-a-teaching-tool.html>” 2011.

### 저 자 약 력



**채 창 훈**

이메일 : changhun@kepco.co.kr

- 2007년 전남대학교 전자컴퓨터공학부(학사)
- 2009년 광주과학기술원 정보기전공학부(석사)
- 2010년~현재 한국전력공사 전력연구원 선임연구원
- 관심분야: 가상현실, 증강현실, 인공지능, 컴퓨터 비전



**최 민 희**

이메일 : minhee.choi@kepco.co.kr

- 1998년 서울시립대학교 전산통계학과(학사)
- 2000년 서울시립대학교 전산통계학과(석사)
- 2010년~현재 한국전력공사 전력연구원 책임연구원
- 관심분야: 가상현실, 증강현실, 인공지능, 드론



**정 남 준**

이메일 : namjoon.jung@kepco.co.kr

- 1989년 조선대학교 컴퓨터공학과(학사)
- 2005년 충북대학교 전자계산학과(석사)
- 2013년 한밭대학교 컴퓨터공학과(박사)
- 1991년~2000년 한국전력공사 근무
- 2000년~현재 한국전력공사 전력연구원 수석연구원
- 관심분야: 가상현실, 증강현실, 인공지능, 드론