

무정전 활선작업 피교육자를 위한 3차원 몰입형 가상환경 교육시스템의 개발

論 文
53A-1-4

3D Immersion Type Virtual Environment System : Training Interruption-free Live-Line Workers

鄭永範* · 朴昶炫** · 金起鉉*** · 張吉洙§
(Young-Beom Jung · Chang-Hyun Park · Gi-Hyun Kim · Gilsoo Jang)

Abstract - As an information-oriented society comes, many people use PC and depend on database that network server has. However, the online data can be missed when a blackout happens and also a power failure effects on standard of judgment on Power Quality.

Thus, it is reason of a trend using interruption-free live-line work when a trouble happens to power system. However, the 83% among the number of people who receive an electric shock experience when a laborer is doing interruption-free live-line works.

In interruption-free method, the education and the training problem has been issued. However, we have a few instructors for that training. Furthermore, the trainees have short training period, just 4 weeks.

In this paper, to develop the method that has no restriction of a time and place and reduce the wasteful materials, immersion type virtual reality(or environment) technology is used.

The users of a 3D immersion type VR training system can interact with the system by doing same action in the real safe environment. Thus, it can be valuable to apply this training system to a dangerous work like as "Interruption-free live-line work exchanging COS(Cut-Out- Switch)".

In this program, the user works with a instruction on the window and speaker and can't work other tasks until each part of the task completed.

The workers using this system can use their hands and viewpoint movement as he is in a real environment but the trainee can't use all parts and senses of a real body with the current VR technology.

Despite of this weak point, when we consider the trends of improvement in electrical devices and communication technology, we can say that 3D graphic VR application has a high potentiality.

Key Words :활선작업, 교육형 시스템, 작업요소, 센서, 시뮬레이션

1. 서 론

1.1 연구의 배경

정보화시대가 도래하면서 전산설비의 보급이 대중화되고 이용이 증대되고 있다. 가정이나 기업에서 사용하고 있는 각종 가전제품 및 컴퓨터 기기들이 정전에 의해 입력된 정보가 소멸하거나 진행 중이던 정보활동이 중단되어 막대한 재산적 피해를 입는 사례들이 발생하곤 한다. 이는 물론 전력에너지의 공급신뢰도에도 큰 타격이 되므로 정전감소를 위한 전기사업자의 부담이 가중되고 있다. 1995년도에 호당 작업정전시간이 80분에서 23분으로 급속히 감소된 것은 국내에서 직접 활선 공법의 확대와 임시송전 공법이 배전공사 현장에 적

용된 사실과 맥락을 같이 하고 있는데 실제, 최근 감전사고 인원중의 83%가 무정전작업 중에 발생한 재해로서 무정전 작업자의 감전 사고가 급증하고 있는 추세이며, 대부분의 사고요인이 작업자의 작업미숙, 작업실수, 장비의 결함 및 작업 환경에 기인한다는 것을 알 수 있다[6].

무정전 공법의 작업에 있어서 가장 큰 문제점은 활선 작업 원에 대한 교육 문제라 할 수 있다. 무자격자에 의한 활선작업이 공공연하게 발생되고 있고, 활선 작업자 양성과정에서 교육기간의 부족으로 표준 공법으로 교육하고 있는 12개 공법에 대하여 현행과 같이 4주간의 교육을 시킬 경우 교육기간중의 실습설비 및 실습교사 인원 여건상 하나의 작업공법에 대한 훈련횟수가 2-3회에 불과하여 작업현장에 투입할 수 있을 정도의 기능을 갖추는 데는 무리가 있는 것으로 분석되고 있고, 이러한 문제점은 작업현장에서 지속적인 직무교육으로 보충하여야 하나 공사업체의 기업여건상 충분한 현장 적용기간을 마련해 주지 못함으로써 작업자의 안전이 우려되는 상황이 계속된다[6].

1.2 연구의 방향

가상현실(Virtual Reality)은 컴퓨터에 의해 모사된 가상의

* 準 會 員 : 高麗大學校 電氣工學科 碩士
** 正 會 員 : 高麗大學校 電氣工學科 博士課程
*** 準 會 員 : 高麗大學校 電氣工學科 碩士課程
§ 正 會 員 : 高麗大學校 電氣工學科 助教授 · 工博
接受日字 : 2003年 9月 3日
最終完了 : 2003年 11月 17日

세계 안에서 인간의 감각계(Sensory Systems)를 통해 인공적인 체험 및 경험을 할 수 있도록 컴퓨터와 상호 작용하며 다양한 피드백(Feedback)이 가능하도록 하여, 사용자들이 몰입된 상태로 실제 세계와 같다는 현실감을 느끼도록 하는 기술이다[7].

본 연구에서는 최근 7년간(93.2~99.7) 무정전 작업으로 인한 감전재해 현황 자료[6]에 따라 전체 사고건수의 30%를 차지하고있는 직접활선 주상변압기용 COS(Cut-Out-Switch) 교체작업을 위주로 언급된 가상현실 기술 중 사용자의 몰입도를 증진시키는 몰입형 가상현실 기술을 이용하여 활선작업 피교육자가 실제 작업환경과 가장 유사하게 느낄 수 있는 사용자환경(GUI : Graphic User Interface)[2]을 제공 하면서도 실존하는 위험성과 소모성 기기의 낭비를 줄일 수 있는 교육 시스템을 개발 하고자 한다.

2. 직접 활선 COS교체작업

2.1 작업절차

현재 적용되고 있는 직접활선 COS교체작업에 대한 표준작업절차는 다음과 같다.

절차1. 중성선 및 저압선 절연

- (1) 바스켓 탑승자는 고무장갑, 고무소매, 보안경 착용
- (2) 중성선 및 저압선 방호

절차2. COS 절연

(1) 활선작업 차에서 가장 가까운 COS부터 순차적으로 절연한다.

절차3. 점퍼케이블 설치

- (1) 분기 고리 압축 부분에 임시 COS 연결
- (2) 점퍼 케이블 1차 클램프를 임시 COS 하부에 연결
- (3) 점퍼 케이블 2차 클램프를 변압기 1차 부싱 터미널에 연결
- (4) 임시 COS에 퓨즈홀더를 건다.

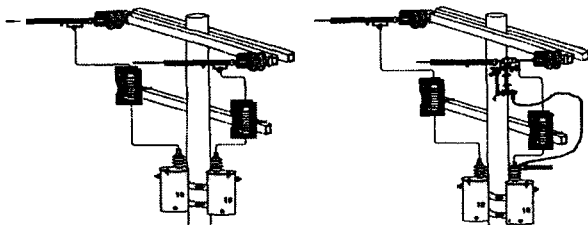


그림 2.1 COS 및 전력선 절연 (왼쪽) 및 COS/점퍼케이블 설치(오른쪽) [6]

Fig. 2.1 Insulating COS & Power Line(left) and Installing COS & Jumper Cable(right) [6]

- (5) 퓨즈홀더 투입

절차4. COS 교체

- (1) 변압기 COS 덮개를 철거

- (2) 변압기용 COS 퓨즈홀더를 개방
- (3) COS 2차 리드 선을 변압기 부싱으로부터 철거
- (4) COS 1차 리드 선을 분기 고리로부터 철거
- (5) 불량 COS를 교체
- (6) COS 2차 리드 선을 연결하고, 1차 리드 선을 분기 고리에 연결
- (7) COS 조작 봉으로 변압기 COS 퓨즈홀더를 투입

절차5. 점퍼 케이블 철거

- (1) 임시 COS 홀더를 개방
- (2) 점퍼케이블 2차 클램프를 변압기 부싱에서 철거
- (3) 임시 COS에 물려 있는 점퍼케이블의 1차 클램프 철거
- (4) 임시 COS 철거

절차6. 저압선 및 중성선 절연 철거

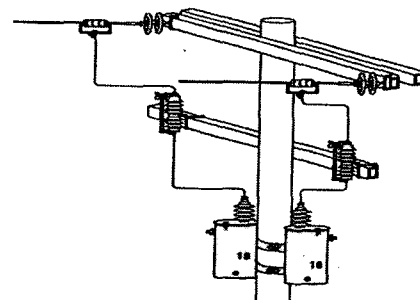


그림 2.2 점퍼케이블 및 절연 철거 [6]

Fig. 2.2 Removing Jumper Cable and Insulating Facilities [6]

2.2 작업요소추출

가. 시각 정보

사용자는 시각을 통해 외부세계로부터 약 70%의 정보를 입수하기 때문에 가상 현실감에 미치는 영향도 가장 크다고 말할 수 있으며, 가상현실에는 입체 시각과 색감이 중요하다.

인간의 망막에는 2차원 상이 맺히지만 그것을 3차원 공간으로 지각하는 것은 생리적 원리와 경험적 원리가 작용하기 때문이다. 가상현실에서는 이 두 가지 원리를 적절하게 이용하여 이용자에게 몰입 감을 제공하고 있으며, 이러한 방법은 크게 두 가지 시각 표시법으로 나눌 수 있다, 첫 번째는 이용자의 환경을 영상 공간으로 감싸버리는 방식이다, 즉, 디스플레이를 대형화하는 것인데, IMAX는 10m 이상의 대형 스크린, OMNIMAX는 돔형 스크린을 통해 관객에게 현장감을 부여한다[7].

두 번째로 강한 몰입 감을 주도록 고안된 것이 HMD (Head Mount Display)인데[12], 바로 눈앞에 장착된 소형 디스플레이와 머리의 위치와 방향을 검출하는 위치 센서로 구성된다. HMD의 원리는 공간 위치 센서(Tracker)로부터의 정보를 근거로 머리의 방향을 추적하여 그에 따른 영상을 소형 디스플레이에 공급함으로써 HMD를 장착한 사람에게 광대한 영상 공간을 보는 것과 같은 느낌을 주는 것이다. '직접 활선 COS교체작업'에서는 작업자가 활선작업 차 캐비닛에 탑승하여 상승과 하강 그리고 팔을 통해 기기를 운반하

면서도 자유롭게 시야를 움직이며 상황을 파악하고 안전 거리등을 측정하여야한다.

따라서 논문에서는 수행 작업에 HMD를 착용한 방식을 적용하는 것이 사용자에게 몰입 감을 줄 수 있는 가장 적합한 방식이라 말할 수 있다.

나. 동작 정보

‘직접 활선 COS교체작업’에서 동작정보는 팔과 손으로 구성된다. 대부분은 작업은 두 가지 동작정보를 이용해서 COS 조작봉과 보호 장갑을 끼고 할 수 있기 때문이다.

동작 정보의 센서 시스템을 위해서는 3차원 내의 위치를 추출하는 기술이 필요하다. 몸짓을 계측한다는 것은 몸의 각 부분의 공간적 위치를 시간 축에 따라 계측하는 것으로 축에 의한 방식, 자기 센서에 의한 방식, 초음파 센서에 의한 방식 및 광학적 방식 등이 있다. 팔목과 어깨 그리고 시야와 손목의 움직임에 해당하는데 여기서는 자기센서에 의한 방식을 이용하였다. 자기 센서에 의한 방식은 축에 의한 방식처럼 신체를 구속하지 않고 비접촉으로 공간 내의 위치를 측정할 수 있다, 코일로부터 발산되는 자기장은 거리가 멀어질수록 감쇠하기 때문에 이를 이용하여 비접촉의 거리 계측이 가능하다.

손의 경우, 데이터 글러브(data glove)라는 장갑 형 입력 장치가 있다, 이것은 얇은 장갑의 손가락 부분에 광섬유를 끼워서 손가락의 구부림을 측정하는 것이다. 광섬유는 손가락 끝에서 U 자형으로 돌아오게 되어 있고, 한쪽 끝에는 발광 다이오드가, 다 한쪽 끝에는 수광 다이오드가 붙어 있다. 광섬유가 구부러지면 빛의 투과 효율이 감소하기 때문에 수광 측의 광량이 적어지므로 이를 통해 광섬유의 굴절을 측정하여 손가락의 굴절을 계측하게 된다.

3. 개발방법 및 과정 (장면의 구성)

몰입형 가상현실(Immersion Type Virtual Reality)을 이용한 교육훈련 시스템을 개발하기 위해서는 ‘직접 활선 COS 교체작업’에 필요한 환경을 컴퓨터가 창출한 3차원 가상 공간상에 구성하고 사용자와 상호작용을 통해 최대한 사용자가 현실감을 느낄 수 있도록 장면을 구성하여야 한다.

장면의 구성 즉 렌더링 하기 위해서는 무한 반복루프를 이용한다. 무한 반복루프는 윈도우 프로그램의 전형적인 방식으로 메시지(Data)를 받아들이고 그것을 처리하고 다시 메시지가 오는 것을 기다리는 동작을 반복하는 것을 말한다[10].

이를 이용해서 센서에서 나오는 시야의 움직임에 관한 정보와 작업자가 착용한 데이터글러브의 손가락 마디마디의 구부림에 관한 정보 그리고 시뮬레이션 상에서의 대상물(Object)의 움직임이나 충돌상황에 대한 정보들을 판독하여 프로그램머가 기술한 메시지처리 방식에 따라 가상공간상의 변화를 새로운 장면으로 렌더링 한다.

3.1 시뮬레이션 도구(WorldToolKit)

WTK(World Tool Kit)[11]는 실시간 Simulation을 구성하고, 동작을 부여하고 (interactive) 제어하는데 필요로 하는 High Level의 C 함수 1,000여개로 이루어져 있으며 하나의 C 함수는 일반적인 C code 1,000여 Line에 해당하는 능력을 가지고 있다.

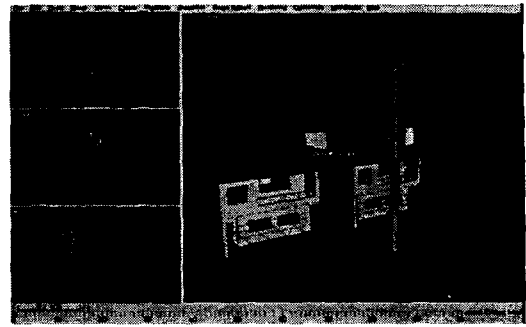


그림 3.1 3차원 공간을 구성하고 있는 기본요소들
Fig. 3.1 Basic Elements Constructed in 3D Space

WTK(World Tool Kit)의 핵심은 센서의 입력을 받아 오브젝트를 갱신하고 새로운 장면을 화면으로 렌더링(초당 5에서 30 프레임을 유지)하는 시뮬레이션 루프이다. WTK의 main loop와 event dispatching 메커니즘은 전통적인 window manager[10]와 비슷하지만 관측자의 시점이나 공간상의 오브젝트가 계속 변한다는데 중점을 두었다는 것에서 구별될 수 있다.

WTK는 각 시뮬레이션 루프마다 한번씩 장면을 구성하여야 하는데 이때 scene graph를 이용한다. scene graph는 scene(장면)을 구성하기 위한 계층적 구조이다. 그림 3.2에 scene graph의 형태와 그를 이용하여 장면이 구성되는 순서를 나타내었다.

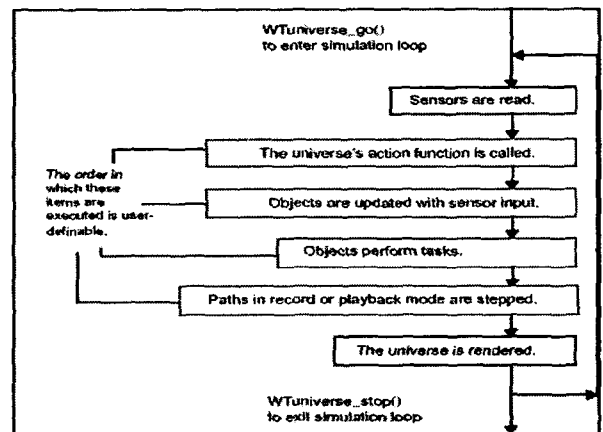
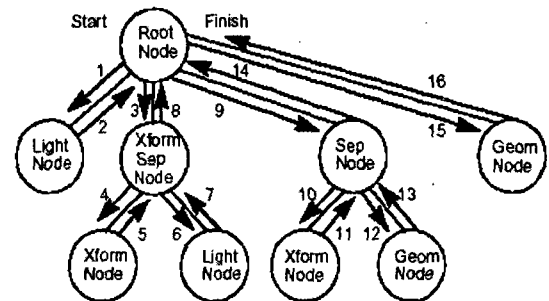


그림 3.2 Scene Graph 와 시뮬레이션 순서도 [11]
Fig. 3.2 Scene Graph and Flow Chart of The Simulation [11]

3.2 계층적 구조

인간의 신체부위는 몸통을 기준으로 계층적이라 말할 수 있다. 즉 몸이 움직일 때 모든 신체 부위가 따로 떨어져서 움직일 수는 없다. 여기서는 작업에 가장 핵심이 되는 팔부터 손가락 까지를 예를 들어 설명하겠다.

꺾어지는 팔꿈치에서 위쪽을 상완(上腕), 아래쪽을 전완(前腕)이라고 할 때 몸통을 최 상위 계층 그다음 상완, 전완, 그리고 손이 차례대로 붙어 있어 상완이 회전을 할 때 전완과 손(손가락 까지 포함)은 함께 회전을 한다. 이와 같은 원리가 3차원 공간상에서도 적용된다. 몸통 상완 전완 손바닥 손가락들을 모델링 한 후 이를 시뮬레이션 상에 표현하기 위해서는 노드를 이용하여야 한다.

이러한 움직임을 좀 더 편하게 구성하기 위해서 World Toolkit 에서는 Movable node를 제공한다. 그림 3.3 왼쪽에서는 Movable node의 구성을 보여준다. 이름 그대로 움직임을 대상으로 주로 표현하기 위해 만들어져 있기 때문에 자체 내에 분리 노드와 트랜스폼 노드 그리고 내용 노드로 이루어져 있다.

간단한 로봇 팔을 예를 들어 설명 하면, 그림 3.3 오른쪽의 각 부분을 밑바닥(base), 하위부분(lower arm), 중간부분(middle arm), 실행부분(effector)이라 할 때 밑바닥에 하위부분을 하위부분에 중간부분을 중간부분에 실행부분을 연결하여 계층을 이루었다면, 그중 한 가지가 움직인다면 자신의 자식 노드 즉 하위 계층은 함께 움직인다.

마찬가지로 '직접 활선 COS 교체작업'의 팔과 손 또한 계층을 이루고 있으며 상완이 움직이거나 회전할 때 자식노드인 전완과 그 하부의 손바닥노드 그리고 손바닥의 하부인 손

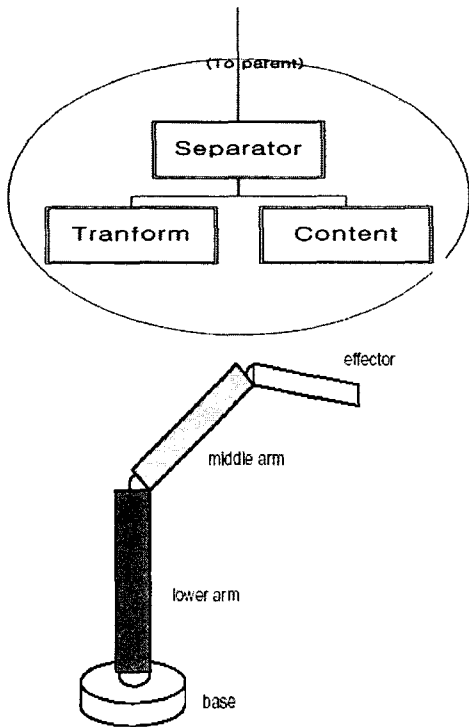


그림 3.3 movable node 의 기본구조 와 계층적 구조의 개념 [11]

Fig. 3.3 The Conception of The Structure of Movable Node and Hierarchical Structure [11]

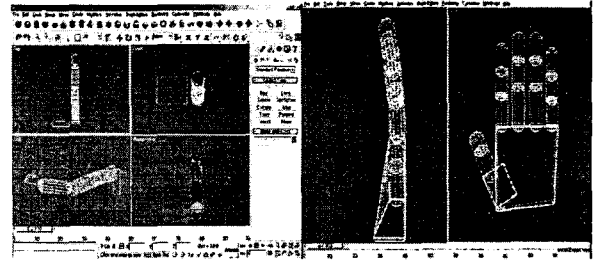


그림 3.4 팔에서 손바닥까지의 계층적 구성 Fig. 3.4 Hierarchical Structure(from Arms to Finger)

가락 마디마디 들이 함께 움직이며 각자 자신의 움직임을 행하여야 한다.

주의할 점은 실제 시뮬레이션 상에서 하위노드의 지역좌표계원점 자체까지 이동 또는 회전을 시키면서 하위노드는 독립적인 움직임을 행하게 하기 위해서는 3차원 모델링 도구 상에서 각 부분을 만들 때 미리 예상되는 회전중심점의 위치를 원점에 위치시켜서 만들어야 된다는 것이다. 그렇게 함으로써 각 부분의 지역좌표계원점을 원하는 곳에 위치시킬 수 있다.

3.3 작업용 센서분석

가. 5DT Data Glove 16

데이터 글로브의 역할은 손가락 마디마디의 구부림 정보를 시간 축에 따라 측정하여 컴퓨터로 보내는 것이다.

그 정보를 추출하기 위해서는 센서(광섬유)를 부착하여 손의 움직임이 따라 구부림을 가능하게 하여야 한다. 그러기 위해서는 광섬유에서 나오는 광량을 판독하여 프로그래머에 친숙한 10 수치로 변환하여 인터페이스 케이블을 통해 컴퓨터의 시리얼 포트에 전송된다. 그림 3.5 에서 데이터 글로브와 컴퓨터와의 연결형태를 표현하였다.

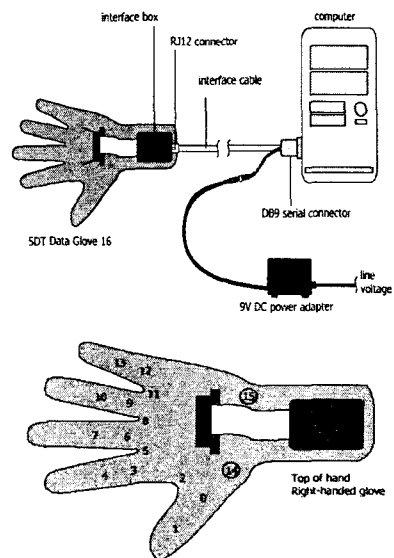


그림 3.5 기본적인 컴퓨터와의 연결형태 [13] Fig. 3.5 The General Form of A Connection Between Glove and Computer [13]

장갑에서 나오는 10진 정수 구부림 정보에 대한 조사는 3차원 공간상의 자신의 손을 형상화한 모델을 위한 중요한 자료가 된다. 그러기 위해서는 장갑의 각 부분에 정해진 제작회사의 인터페이스 함수를 통해 얻을 수 있어야 한다.

그림 3.5의 1번, 4번, 7번, 10번 그리고 13을 각각 THUMBFAR, INDEXFAR, MIDDLEFAR, RINGFAR, LITTLEFAR로 지정하여 제작사가 제공한 'fglove.h' 헤더파일에 정의된 함수를 이용하여 조사한 정보를 표 3.1에 작성하였다.

표 3.1 장갑의 데이터출력범위

Table 3.1 The Range of Output Data Using Glove

부위	완전히 구부릴 때	완전히 펼 때
엄지(면 곳)	1230	1080
검지(면 곳)	2760	2415
중지(면 곳)	2850	2257
반지(면 곳)	2816	1740
새끼(면 곳)	1670	1270

나. Polhemus Fastrak

Polhemus 사의 Fastrak은 위치와 방향(회전)의 정보를 시간 축에 따라 측정하는 트래커(Tracker)의 한 종류이다.

Fastrak은 크게 본체와 송신기(Transmitter) 수신기(Receiver)로 구성되어 있다. 송신기는 전자계(Electro-Magnetic Field)를 발생하는 장치로써 수신기가 위치와 방향을 측정하는 기준이 된다. 그림 3.7 왼쪽에 송신기가 인식하는 차원의 방향과 장치의 크기를 인치(Inches)단위로 묘사하였다.

수신기는 송신기에서 나오는 전자계를 기준으로 자신의 위치와 방향(회전각)을 측정하는 작은 장치이다. 그림 3.7에 수신기가 인식하는 차원의 방향과 장치의 크기를 표시하였다. 표시된 축에 따라 프로그래머가 원하는 신체부분에 수신기를 부착하여 회전량을 측정할 수 있다.

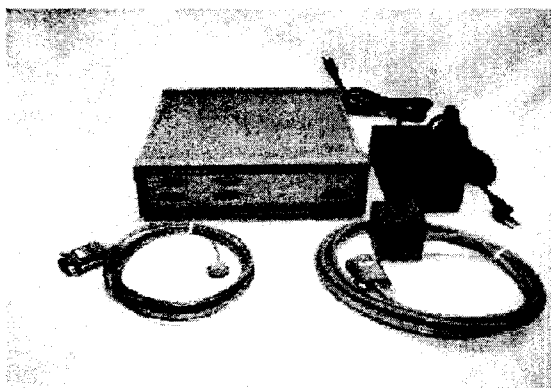


그림 3.6 Fastrak 시스템의 구성 [14]
Fig. 3.6 The 'Fastrak' System [14]

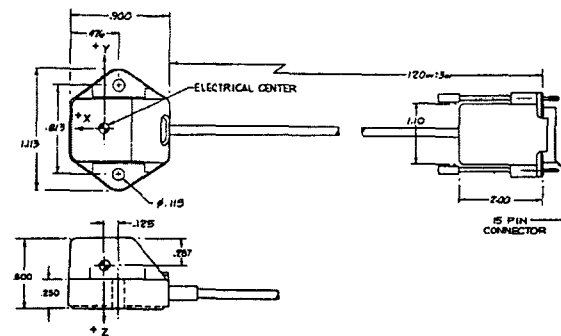
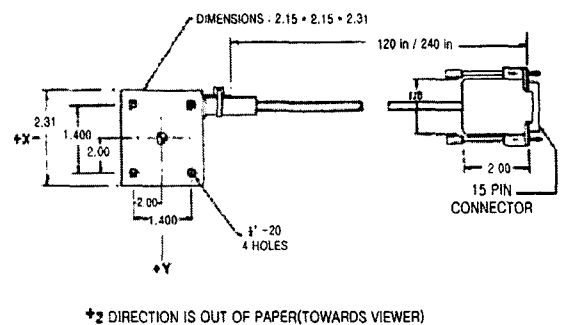


그림 3.7 수신기(왼쪽)와 송신기(오른쪽)의 차원의 방향 및 크기 [14]

Fig. 3.7 Direction and Size of Receiver (upper) and Transmitter (down) [14]

3.2 교육시스템의 구성

HMD(Head Mount Display)와 데이터 글로브 그리고 위치와 오리엔테이션을 캐치하는 트래커를 이용해 우리의 개념과 가장 가까운 SAVE(Safety Virtual Environment)[2]모델의 구성을 채택하였다.

그림 3.8에서 사용자는 HMD를 착용하고 있고 HMD에 부착된 트래커(Tracker)는 사용자의 시야의 움직임 측정하여 그래픽용 워크스테이션으로 그 데이터를 보내고 이에 따른 관점의 움직임을 포착하여 변경된 방향을 보고 있는 장면을 HMD를 통해 보여주고, 이때 교육자(사용자)는 화면(HMD에 있는 모니터)이 자신의 머리와 같이 움직이므로 마치 자신이 3차원 컴퓨터 그래픽공간상에서 고개를 돌리는 것과 같이 느낄 수 있다.

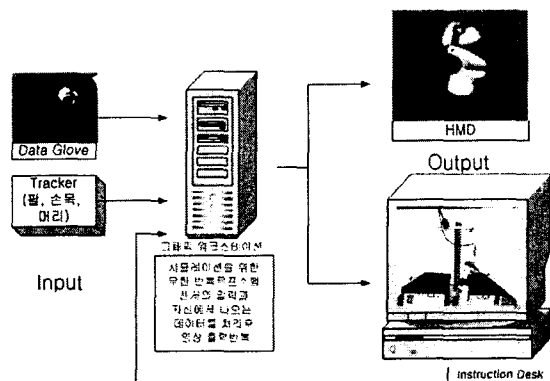




그림 3.8 교육시스템 구성환경 [2]
Fig. 3.8 Building Environments of Training System [2]

마찬가지로 데이터글러브 착용하고 손을 움직이거나 회전 하던 3차원 가상 손이 똑같이 움직이고 회전하게 된다.

한 가지 그림 3.8 과 차이가 있다면 본 프로그램에서는 조이스틱을 사용하지 않고, 레버를 이용한 장치로 활선작업원이 탑승한 상자를 이동할 수 있게 직접 구성해보았다.

4. 몰입형 가상현실 교육시스템

활선작업을 위한 교육대상자가 실제 작업환경과 유사하게 느낄 수 있는 사용자환경을 구축하기 위한 가장 핵심적인 부분은 손과 팔의 움직임을 실제 움직임과 근접하게 동작 시킬 수 있는 정도라고 말할 수 있다.

몰입형 가상현실 교육시스템에서는 작업을 위한 손목의 움직임과 손가락의 움직임을 거의 실제 움직임의 모든 경우(각 손가락들의 구부림 과 손목의 X, Y, Z 축에 대한 회전)를 다루었다. 팔의 모습은 사용자가 작업을 인식하는데 불편하지 않도록 철망구조(Wire Frame)형태로 표현하였다. 작업 보조원이 시작버튼을 누르면 작업해야 하는 내용을 실행화면에 빨간색 글과 함께 스피커를 통해 안내를 하면서 시작된다.

4.1 저압선절연

작업자는 안내에 따라 저압선을 절연하기 위해 분기 고리 앞부분 저압선이 손에 닿을 높이 까지 상승하여야 한다. 그림 4.1 는 보조원에 의해 저압선 절연덮개를 손에 위치시킨 다음 저압선을 절연하기전의 모습이다.

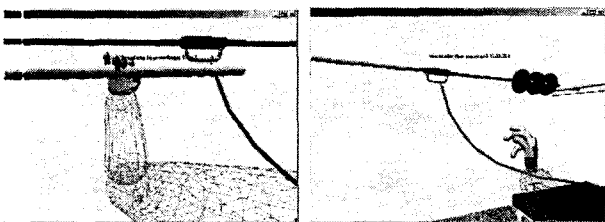


그림 4.1 저압선절연 전후
Fig. 4.1 Insulating Low Voltage Line

4.2 COS 절연

COS 가 2개 이상일 경우 현재위치에서 가까운 것부터 절연 덮개를 씌운다. 본 프로그램에서는 주상변압기용 COS 가 1개 이므로 보조원에게 지시를 하여 캐비닛으로 작업반경까지 이동한 후 작업을 수행한다.

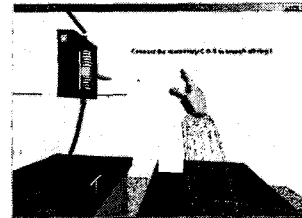


그림 4.2 COS 절연
Fig. 4.2 Insulating COS

4.3 분기 고리 압축 부분에 임시 COS 연결

이 부분의 작업은 전력선과 직접적으로 연관됨으로 상당한 주의가 필요하다. 실제작업에서 고무장갑 고무소매를 착용한 것으로 시뮬레이션 상에서는 가정한다.

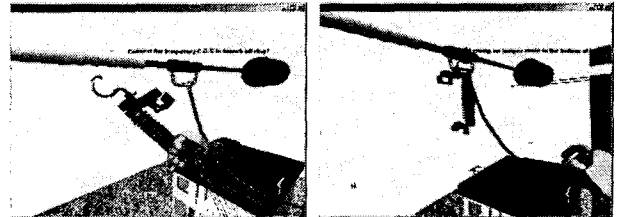


그림 4.3 임시 COS 연결작업
Fig. 4.3 Connecting Temporary COS

4.4 점퍼 케이블 1차 클램프를 임시 COS 하부에 연결

점퍼 케이블 1차 클램프를 앞 절에서 연결한 임시 COS 하부에 부착한다. 그림 4.4 에 작업을 하고 있는 모습을 보여준다.

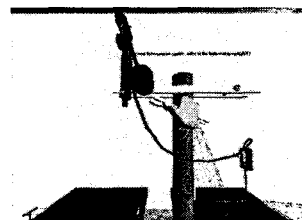


그림 4.4 임시 COS 하부에 1차 클램프 연결
Fig. 4.4 Connecting 1st Clamp to The Bottom of Temporary COS

4.5 점퍼 케이블 2차 클램프를 변압기 1차 부싱 터미널에 연결

변압기 상단의 1차 부싱 터미널에 2차 클램프를 연결하면 임시 COS 하부와 부싱 터미널 사이에 점퍼케이블이 연결되는 형식을 취했다.

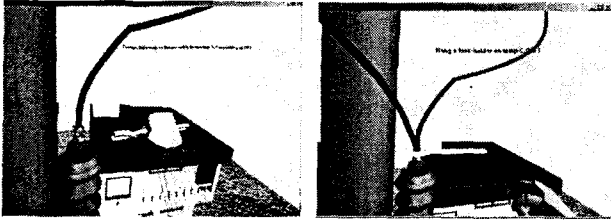


그림 4.5 2차 클램프의 연결
Fig. 4.5 Connecting 2nd Clamp to The bushing of Transformer

4.6 임시 COS 퓨즈홀더 투입

무정전 작업 에서는 COS를 교체 할 동안에도 전력을 공급해야 되므로 병렬로 변압기에 전력을 공급하기 위해서 임시 COS에 퓨즈홀더를 걸고 COS 조작 봉을 이용해 퓨즈홀더를 투입해야 한다.

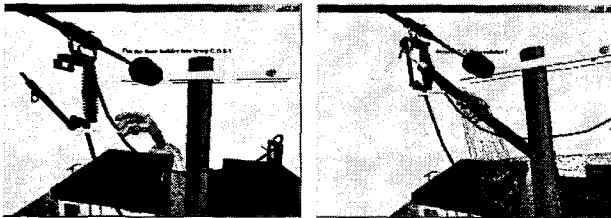


그림 4.6 퓨즈홀더 부착 및 투입
Fig. 4.6 Attaching Fuse Holder to Temporary COS and Injecting It

COS 조작 봉을 이용하는 이유는 2장에서 설명하였듯이 COS 퓨즈홀더 투입 개방 시 아크가 발생할 가능성이 높기 때문이다. 본 프로그램 상 에서는 현실상황 보다 시야가 작으므로 실제 조작봉보다 작게 설계하였다.

4.7 변압기용 COS 절연덮개 철거

고장 COS를 교체하기 위한 초기 단계로 4.2 절에서 설치 하였던 덮개를 철거한다. 그림 4.7 에서 절연덮개를 분리한 후 떨어뜨리는 것을 보여준다.

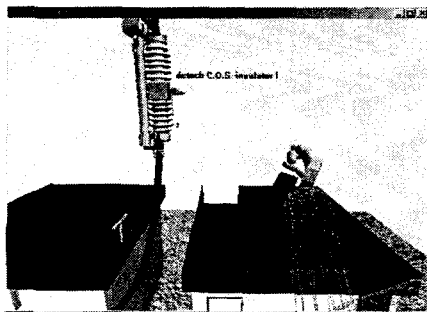


그림 4.7 COS 절연덮개 철거
Fig. 4.7 Removing The Insulations of COS

4.8 변압기용 COS 퓨즈홀더 개방

COS 조작 봉을 이용해서 퓨즈홀더를 개방한다. 그림 4.8 에 조작 봉을 이용해서 퓨즈홀더를 개방하는 장면을 보여준다.

4.9 COS 2/1차 리드 선을 변압기 부싱으로부터 철거

COS 가 개방된 상태에서 안전하게 COS 교체를 하기위해 2차 와 1차 리드 선을 제거한다.

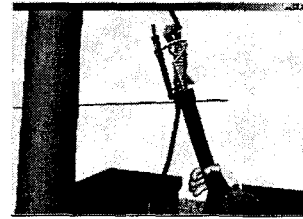


그림 4.8 변압기용 COS 퓨즈홀더 개방
Fig. 4.8 Opening The Fuse Holder in COS

4.10 불량 COS를 교체

불량 COS를 떼어 내고 새로운 주상변압기용 COS를 부착한다. 그림 4.9에서 변압기를 부착하고 있는 모습을 보여준다.

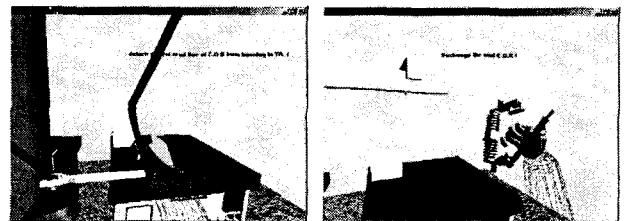


그림 4.9 부싱과 COS 사이의 2차 리드선 제거 후 COS 교체
Fig. 4.9 Removing 2nd Lead Wire Between Bushing and COS and Changing COS

4.11 COS 1/2차 리드 선을 연결

COS 1/2차 리드 선을 철거하였을 때와 마찬가지로 2차 리드 선을 COS와 변압기사이에 1차 리드 선을 분기 고리와 COS 사이에 연결한다. 그림 4.10 에서 그 과정을 보여준다.

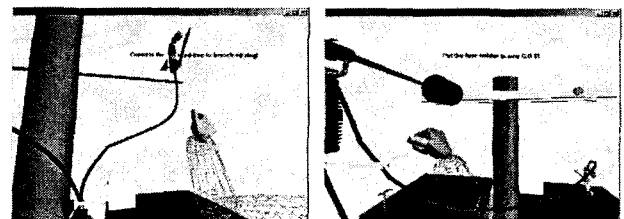


그림 4.10 COS 2차 리드선 연결 후 1차 리드선 연결
Fig. 4.10 Connecting 2nd and 1st Lead Wire to COS

4.12 COS 조작 봉으로 새 COS의 퓨즈홀더 투입

COS 교체를 완료하기 위해서는 퓨즈홀더를 투입하여 이전과 같이 주상변압기용 COS를 통해 전력을 정상적으로 공급하여야 한다. 그림 4.11과 같이 아크발생을 고려하여 조작 봉을 이용해서 퓨즈홀더를 투입한다.

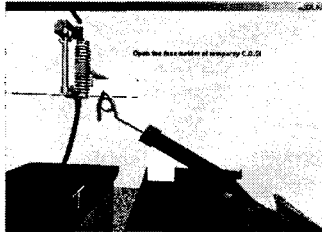


그림 4.11 새 COS 퓨즈홀더 투입
Fig. 4.11 Injecting Fuse Holder in A New COS

4.13 임시 COS 홀더를 개방

부정전 교체작업을 위해서 설치되었던 임시 COS를 제거하기 위해 점퍼케이블을 철거하기 전에 퓨즈홀더를 개방한다.

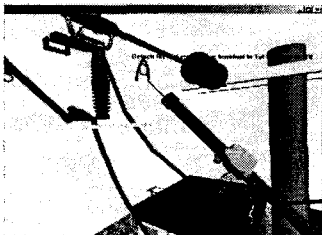


그림 4.12 임시 COS 퓨즈홀더 개방
Fig. 4.12 Opening Fuse Holder in Temporary COS

4.14 점퍼케이블 2차 클램프를 철거

점퍼케이블을 변압기 부싱 터미널에 연결하기 위해 설치되었던 2차 클램프를 제거한다.

4.15 점퍼케이블 1차 클램프를 철거

임시 COS 하부에 물려 있던 1차 클램프를 제거한다. 이렇게 함으로써 점퍼케이블은 자동적으로 없어진다.



그림 4.13 2차 클램프 철거 후 1차 클램프 철거
Fig. 4.13 Removing 2nd and 1st Clamp

4.16 임시 COS의 철거 후 저압선 절연 철거

이제 불필요한 임시 COS를 분기 고리 압축부분에서 떼어낸 후 작업 초기에 설치하였던 저압선 절연물질을 제거한다.

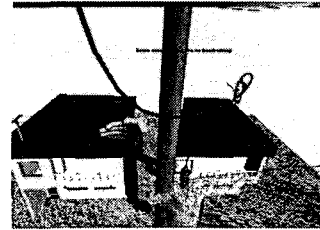


그림 4.14 임시 COS의 철거
Fig. 4.14 Removing Temporary COS

4.17 작업 종료

직접 활선 COS 교체작업을 위한 모든 절차가 끝나고 다시 처음 형태의 모습으로 돌아왔다. 그림 4.15에서 작업이 종료되었음을 지시하고 있다.

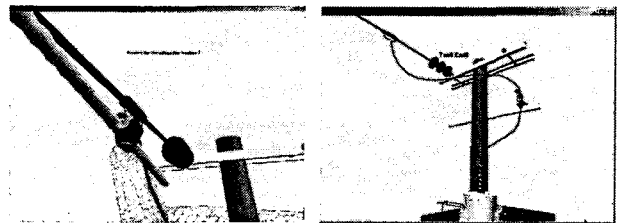


그림 4.15 저압선절연 철거 후 작업종료
Fig. 4.15 Removing Insulations of Low Voltage Line and Ending The Task

5. 결론 및 고찰

직접 활선 COS 교체작업에서 양성과정에서 교육기간 부족과 실습설비 및 실습교사의 부족으로 인한 교육상의 문제점들을 해결하는 새로운 방향을 제시하기 위해서 사용자들이 시간제약을 받지 않고 반영구적인 기자재의 사용을 할 수 있는 방법을 모색하였다.

본 논문에서는 사용자의 시각정보에 초점을 맞추어 3차원 공간상에 있는 느낌을 주는 몰입감을 주어 컴퓨터그래픽기술로 최대한 현장적응력을 기를 수 있도록 할 수 있는 몰입형 가상현실 교육시스템을 개발하였다. 이는 프로그램사용자의 현실세계의 행동중 일부분이 3차원 공간상에 반영되므로 단순히 과정을 보여주기 보다는 행동으로 참여할 수 있으므로 위험한 작업에 적용해볼 가치가 크다고 할 있다.

그러나, 아직까지의 VR 기술로는 나사를 조이고 물체의 촉감이나 질량을 느낄 수 있도록 하기 위해서는 엄청난 경비가 소요되므로 다소 미흡한 부분이 없다고는 말할 수 없다.

하지만, 가상현실은 전자, 통신을 기반으로 발전하는 기술이다. 현재 하드웨어 기술의 발전 속도를 고려할 때 3D 가상현실 기술의 잠재적 가능성은 거의 무한하다고 말할 수 있다. 따라서 현재는 실제현상을 최대한 흉내 내는 것을 목적으로 시작하는 이 교육시스템의 개발이 현실을 대체할 수도 있는

HCI(Human Computer Interface)의 한 형태를 만들어가는 작은 밑거름이 될 수 있을 뿐만 아니라 정전감소에 대한 전기사업자의 부담이 가중되고 있는 시점에서 안전하게 활선 공법을 확대할 수 있는 기초적인 방안이 될 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 및 한국과학재단의 ERC 프로그램을 통한 지원으로 이루어졌으며 이에 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

- [1] 박인권, 윤용범, 이 진, 김태균, "3차원 그래픽 애니메이션을 이용한 SSR 현상의 시각적 제시에 관한 연구", 대한전기학회, 2002년 추계학술대회 논문집 A권, pp. 81-91, 2002
- [2] Roland Holm, Erwin Stauder, Roland Wanger, Markus Priglinger, Jens Volkert, "A Combined Immersive and Desktop Authoring Tool for Virtual Environment", IEEE Virtual Reality Conference 2002, pp.93-101, March 24, 2002
- [3] A. Okapuu-von Veh, R. J. Marceau(M), A. Malowany(M), P. Desbiens, A. Daigle, E. Garant, R. Gauthier, A. Shaikh, J. C. Rizzi, "Design and Operation of a Virtual Operator-Training System", IEEE Transaction on Power Systems, Vol. 11, No. 3, August 1996
- [4] Eder Arroyo, Jose Luis Los Arcos, "SRV: A Virtual Reality Application to Electrical Substations Operation Training", IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems Volum I-Volume 1, June pp.07-11, 1999
- [5] 박창현, 정영범, 장길수, "전력시스템 해석을 위한 3차원 시각화 적용 연구", 대한전기학회 춘계학술대회 논문집, pp. 10-12, 2002.5
- [6] 문수덕, "작업재해 해방을 위한 무정전작업 개선방안에 대한 연구", 고려대학교 석사학위논문, 2000.6
- [7] 이성국, 이동일, 이재환, 이윤철, "가상현실 기술/시장 보고서", 한국전자통신원, 2001.12.30
- [8] 주우석, "3차원 컴퓨터그래픽스", 도서출판 그린, 1999.11.10
- [9] 안재문, "JOYCG COM 교수들의 노하우 3ds Max 5", 디지털북스, 2002.11.25
- [10] Charles Petzold, "Programming Windows", 컴피플, 1998. 10.20
- [11] WorldToolKit Reference Manual, Release9, Engineering animation, Inc. Sense8 Product Line.
- [12] 5DT HMD 800 Series User's Manual, Fifth Dimension Technologies, www.5DT.com
- [13] 5DT Data Glove 16 User's Manual, Fifth Dimension Technologies, www.5DT.com
- [14] 3SPACE FASTER User's Manual, Polhemus, www.polhemus.com

저 자 소 개



정영범 (鄭永範)

1974년 6월 2일생. 2001년 고려대 전기전자전파 공학과 졸업. 2003년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학 석사)
 Tel : 02-3290-3781
 Fax : 02-3890-3692
 E-mail : ybjung@elec.korea.ac.kr



박창현 (朴昶炫)

1974년 12월 25일생. 2001년 인하대 전기공학과 졸업. 2001년~현재 고려대 대학원 전기공학과 박사과정
 Tel : 02-3290-3781
 Fax : 02-3890-3692
 E-mail : chpark@elec.korea.ac.kr



김기현 (金起鉉)

1978년 3월 3일생. 2003년 고려대 전기전자전파 공학과 졸업. 동 대학원 전기공학과 석사과정
 Tel : 02-3290-3781
 Fax : 02-3890-3692
 E-mail : kevain@elec.korea.ac.kr



장길수 (張吉洙)

1967년 10월 26일생. 1991년 고려대 전기공학과 졸업. 1994 동 대학원 전기공학과 졸업(공학 석사). 1997년 Iowa 주립대, 전기 및 컴퓨터공학과 졸업(공학 박사). 2000년~현재 고려대 전기공학과 부교수
 Tel : 02-3290-3246
 Fax : 02-3290-3692
 E-mail : gjang@elec.korea.ac.kr