

전력 기기 및 시스템 고장에 대한 VR을 이용한 온라인 가이드

정 영범, 박 창현, 장 길수
고려대학교 전기공학과

Online Guide for Power System Troubleshooting Using VR

Young-beom Jung*, Chang-hyun Park, Gilsoo Jang
Department of Electrical Engineering, Korea University

Abstract - When a large scale system and its machinery have a trouble, an inexperienced personnel has a difficulty to find out a countermeasure and to understand the situation quickly.

In this paper, a *Online Guide Application using 3D Virtual Reality* is proposed, and it will be used for operator to work out a countermeasure quickly and to see a trouble situation widely.

This application shows possibility of minimizing effects of an incident by presenting effective troubleshooting process. moreover, this is expected to be applied to training program.

Key Words : 3차원 오브젝트 모델링, 데이터 시각화, 고장수리, 기기의 현상 시각화, 변압기.

기 및 시스템에 대한 유지보수 온라인 보조 가이드를 제시하고자 한다.

2. 본 론

2.1 가상현실의 구현형식

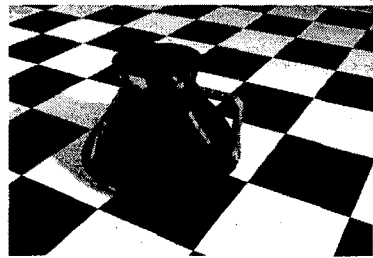


그림 1. 가상현실 구현의 예

1. 서 론

급증하는 전력 수요에 따른 발전 설비의 대용량화, 전력계통 설비와 시스템의 복잡화는 안정적인 전력계통 운용을 더욱 어렵게 하고 있다. 또한 현재 급속하게 진행되고 있는 전력산업 구조개편으로 종래와는 완전히 다른 형태의 전력계통 운용을 필요로 하고 있다. 현대 생활에서 전기가 차지하는 비중이 비추어 한 순간의 정전도 큰 사회적 비용을 초래하게 되므로, 현재의 복잡한 상황 하에서도 전력계통은 안정적으로 운용되어야 한다. 그러나 전력 관련 기기들에서의 사고와 고장은 필수적이므로, 고장 발생 시 빠른 시간 내에 고장을 제거하여 그 파급을 막는 것이 안정 운용의 가장 중요한 요소가 되고, 여러 요인들에 의해 발생하는 현상들간의 인과관계를 짧은 시간 내에 직관적으로 혹은 경험에 기초하여 신속하게 적절한 대책을 수립할 수 있는 전문 인력의 역할이 중요하다. 하지만, 복잡한 대규모 시스템 운용자들이 모든 부분에서 전문성을 갖기는 힘들며, 이러한 기기에서의 고장 상황 발생 시 대응 수렵에 상당한 어려움이 발생할 수 있다. 또한 변전소 시스템 및 전력기기를 대상으로 운용자 및 유지보수 담당자를 교육 시키는 데에도 상당한 시간과 경비가 소요된다.

따라서, 기존의 소극적이고 단순한 고장 수리 및 복구 절차 안내서가 아닌 보다 효율적으로 운용자가 기기 및 시스템에 대해 이해할 수 있는 가이드 및 운용자의 신속한 대응을 가능하게 해 줄 수 있는 온라인 보조 시스템이 필요하게 된다. 본 연구에서 우리는 실제 존재하지 않는 환경이나 인간이 접근할 수 없는 환경을 인간의 의식 속에 존재시켜서 그 환경과 상호작용을 가능하게 하는 기술(Virtual reality)을 적용시켜 보다 운용자가 빠르게 이해할 수 있고, 상호연계된 기능을 이용하여 신속한 상황 대처 능력을 기를 수 있도록 하는 전력 기

가상현실(Virtual Reality)라는 말은 1985년 Jaron Lanier가 '컴퓨터에 의해 제작된 물리적인 시각적 경험'을 의미하는 단어로 쓴 데서 유래하였다. 보다 정확하게 개념을 규정하면 컴퓨터를 이용해 만들어진 가상 공간 안에 인간의 오감을 통한 상호 작용을 실현하여, 현실 세계에서의 활동 또는 공간적, 물리적 제약에 의해 직접 경험하지 못하는 상황을 간접적으로 체험할 수 있는 수단이라고 정의할 수 있다[1]. 가상현실 시스템은 가상환경, 컴퓨팅 환경, 가상현실 입출력 기술 및 상호 작용 방식의 4요소로 구성된다. 가상환경 구성 요소로는 3차원 컴퓨터 그래픽, 애니메이션, 시뮬레이션 기술이 주축이 된다. 본 연구에서는 3차원 컴퓨터 그래픽을 가상환경의 기반으로 하여 대화형 troubleshooting guide application을 만들고자 한다.

2.2 기기의 선정과 3차원 모델링

본 연구에서는 변전소를 대상으로 운용자가 경험이 부족한 경우 고장상황 발생시 그 원인이 모니터 상에 동시에 다발적으로 복잡한 용어로 표현되어 신속한 분석이 불가능하다는 것 과 그 대상이 거대하여 그것을 형상화 하는 방식의 인식이 어렵다는 것을 고려하여, 변압기를 입체적 영상으로 나타내어 보다 효과적으로 관찰할 수 있게 하고자했다. 그렇게 하기 위해서는 대상에 친숙하지 않은 사용자에게 상황을 어떻게 전달할 것인가에 대한 개념화(2)가 이루어져야한다. 가령 만약에 우리가 모의 계통 속에서 위상과 동기속도를 가진 발전기의 경우 계통 내에서 그것을 어떻게 표현하는 것이 사용자가 발전기로 볼 수 있는 가를 생각하는 것이다. 이러한 개념화가 이루어진 후 3차원 시각화 응용 프로그램에서 장면

을 구성하기 위해서는 3차원 오브젝트 모델링이 필요하다.

3차원 오브젝트 모델링을 하는 방법에는 여러 가지 방법이 있을 수 있으나, 일일이 꼭지점과 법선 벡터를 구성하는 값을 계산하여 사용하는 방법보다는 복잡한 모델링 과정을 빠르고 쉽게 하여 원하는 모델링 데이터를 얻을 수 있는 도구인 3D Studio MAX를 이용하였다. 이는 우리가 구성하고자 하는 변압기 모델의 구성요소들을 개별 모델링 하여 그룹화 할 수 있기 때문에 다른 응용 프로그램에서 쉽게 불러들일 수 있는 장점이 있다.

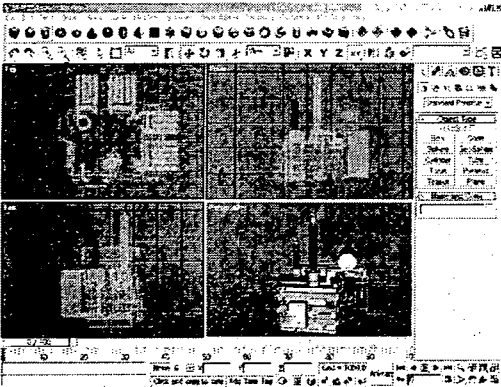


그림 2. 3차원 오브젝트 모델링의 예

2.3 시물레이션 및 시각화 도구

만들어진 3차원 오브젝트 모델들을 이용하여 본격적으로 애니메이션과 시물레이션을 수행하기 위해서는 Silicon Graphics사의 Open GL과 Microsoft사의 DirectX 등의 실시간 3차원 그래픽 라이브러리를 쓸 수 있다.

하지만, 본 논문에서는 Open GL기반의 가상현실 개발 툴인 World Tool Kit을 사용하여 시물레이션 연구를 수행하였다.

WTK(World Tool Kit)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.

WorldToolKit은 universe (Simulation 관리 및 모든 Object를 내포한 개체), geometric object, viewpoint, sensor, path, light 등을 처리하는 20여개의 Class로 구성되어 있다.

또한 각각의 함수들은 Display setup, Device instancing, Collision detection, Object Loading, 동적 Geometry 생성, Object의 특정한 동작, 그리고 Rendering Control등의 기능들을 가지고 있다.

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

WTK에서 장면(scene)은 geometries와 light 그리고 위치에 관한 정보로 이루어진다. WTK이 각 시물레이션 루프마다 한번씩 장면을 구성하여야 하는데 이때 scene graph를 이용한다. scene graph[3]는 scene(장면)을

구성하기 위한 계층적 구조이다. 그림3 에 scene graph의 형태와 그를 이용하여 장면이 구성되는 순서를 나타내었다.

Node는 scene graph의 기본적인 구성요소로서 다음과 같은 종류가 있다.

1) Content Nodes

- Geometry node : Polygons(2차원 다각형)들의 집합을 표현한다. (여기서는 3차원 모델링 된 오브젝트 자체의 정보)
- Fog node : fog나 smoke효과를 나타낸다.
- Light node : 다른 Content node들에 영향을 미치는 빛을 결정한다.
- Transform node : 위치와 방향에 대한 정보를 제공한다.

2) Grouping Nodes

- Root node : scene graph의 최상위 노드로서, 각 scene graph는 오직 한 개의 root node를 갖는다.
- Group node : 하위노드들을 하나의 그룹으로 묶을 때 사용한다.
- Separator node : 자신의 하위노드의 정보가 다른 노드의 하위노드에 영향을 미치지 못하게 하는 Group node.

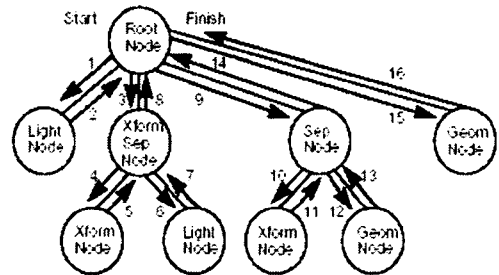


그림 3. Scene Graph 횡단순서 예

2.4. 기기의 현상 시각화

2.3절에서 언급한 도구를 이용하여 중요 부위별로 시물레이션 프로그램에서 불러들여 모니터링 할 수 있다. 여기서는 고장 가능 부위를 차별하는 방식으로 그 부위의 색을 바꾸는 형식을 취하였다.

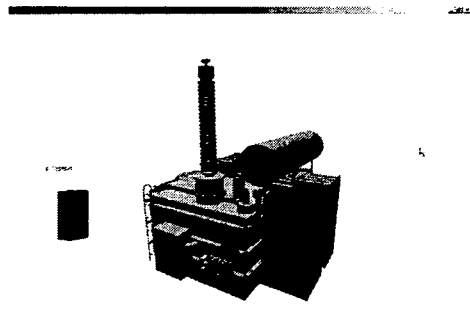


그림 4. 기기의 현상 시각화 예

2.5. 유지 보수 규정집 및 사례집 분석

설비의 이상유무 진단을 통한 고장을 사전에 예방하기 위한 필수적인 준비 단계로써, 본 논문에서는 변압기의 운전기준 중심으로 분석하였다.

[표 1] 변압기의 허용온도 기준 [4]

구분	자연순환	강제순환
주 위 온도 (°C)	40°C	40°C
권선허용 온도상승 (°C)	55°C	65°C
절연유 최고온도 (°C)	55°C	55°C

위 표를 기준으로 운전 중 조치사항은 다음과 같다.

1) 주변압기 절연유 상태확인

변압기 과부하시의 온도상승에 따른 절연유 부피 증가로 절연유 레벨 경보가 동작 할 수 있다.

2)기기의 감시

- 주변압기의 부하는 [kVA]를 기준으로 하되 전압, 전류, 유효 및 무효전력을 병행 감시한다.

- 과부하 운전시에 대비하여 주변압기 및 직렬기기의 상태, 단자 접속부의 과열상태 등을 파악한다.

- 주위온도, 부하상태, 유면계, OLTC정격 등을 기록하여 과부하 운전이 불가능 할 경우에는 급전계통으로 보고하고 별도 조치한다.

4. 3차원 그래픽을 이용한 온라인 가이드

본 연구에서 개발한 온라인 가이드는 연계된 시스템과 기기의 고장상태를 표시하기 위해 SDI(Single Document Interface)[5] 형태의 메인 프레임을 그 시작으로 하였다.

먼저 2차원 적인 단선도로 연계된 계통과 기기들의 상태를 쉽게 파악 할 수 있다. 그리고 기기의 이상상태 신호 발생시 그림5 에 나온 깜박거리는 중간의 변압기를 마우스를 클릭하면 그림6 의 상태로 화면이 전환되면서 이상상태를 상징하는 부위를 차별화 하여 입체적인 모델로서 보여 준다. 이는 메인 프로그램에서 WorldToolKit을 실행시켜 보여주는 형태로써, 트랙볼 형태의 view point를 마우스를 센싱하여 변화시킴으로써 마치 손위에 사과를 올려놓고 여러 각도로 볼 수 있는 방식이다.

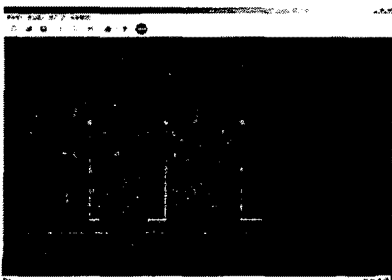
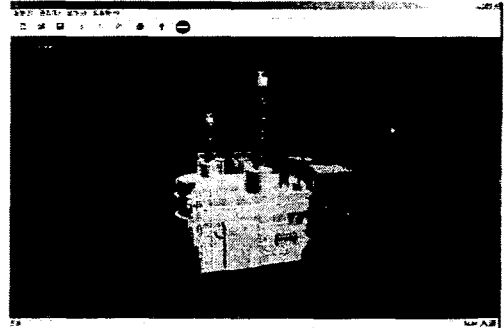
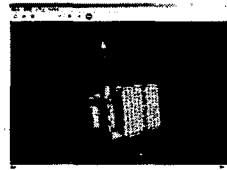


그림 5. 연계된 시스템 과 기기상태

이제 그림7 과 같이 고장부위 별 원인을 분석하기 위한 대화창이 뜨고, 가능한 내용을 체크하면 그림8과 같은 가능한 원인 분석 결과 확인 및 처리 가이드 함으로 서 그 기능을 수행 한다.



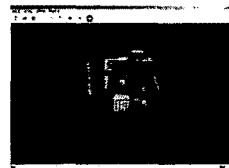
Front



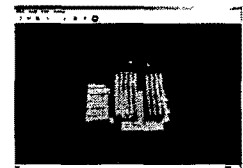
Right



Left



Top



Back

그림6. 입체감있는 모델을 이용한 윈도우 창들

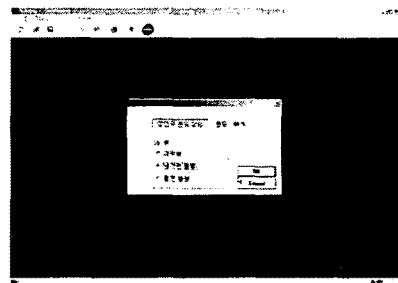


그림7. 원인을 분석하기 위한 대화창

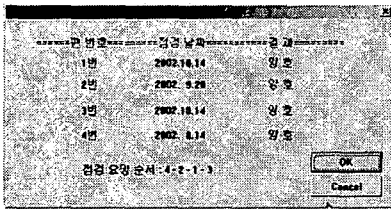
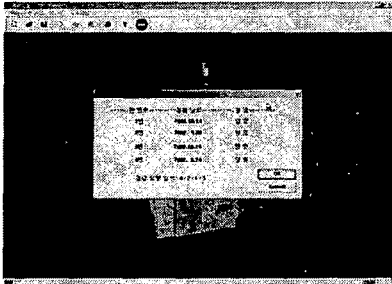
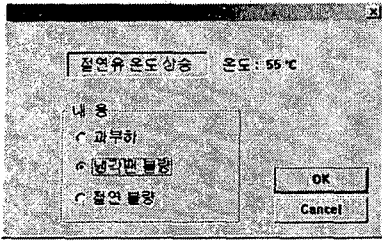


그림 8. 분석결과 확인 및 처리 가이드

5. 결론

변전소 운영자가 인지하는 고장발생상황의 시각정보에 초점을 맞추어 운영자가 계통과 기기의 상태를 효율적으로 인식할 수 있도록 대화형 윈도우 어플리케이션 과 그 안의 3D 가상현실 기술적용에 따른 사용자 중심의 온라인 고장 수리 가이드가 개발되었으며, 효율적인 상황인식에 따른 운영자 실수 최소화 및 신속한 복구 방안 적용의 가능성을 제시하였다.

이는 비숙련자의 실수 유발 최소화 뿐 만 아니라 운영자의 반복적 교육 훈련에 도 활용할 수 있다.

또한, 이로 인한 사고 영향 최소화는 산업손실을 줄이는 방법이 될 수 있고, 국내 가상현실 기술 개발업체의 응용분야 진출로 인한 경제적 이익을 기대할 수 있다.

감사의 글

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

(참 고 문 헌)

- (1) 가상현실 기술/시장 보고서, 한국전자통신연구원
- (2) 박인권, 윤용범, 이 진, 김태균, "3차원 그래픽 애니메이션을 이용한 SSR 현상의 시각적 제시에 관한 연구", 2002년 대한 전기학회 추계부문 학술대회 논문집 A 권, p81~91.
- (3) ENGINEERING ANIMATION, INC. SENSE8 PRODUCT LINE, "Worldtoolkit Reference Manual" version April 1999, Web site www.sense8.com
- (4-1) 전력설비 고장진단 및 유지보수 실무, 한국산업기술원
- (4-2) 변전원 집합 교육, 수원전력관리처 서서울전력소
- (5) 김희율, 이상엽, Visual C++ programming Bible ver.6.x . (주)영진출판사.
- (6) ARTHUR R. BERGEN, VIJAY VITTAL, "Power Systems Analysis" 2th edition, PRENTICE HALL.