

### 3차원 그래픽 애니메이션을 이용한 SSR현상의 시각적 제시에 관한 연구

박인권, 이진, 윤용범\*, 김태균\*, 송호승\*, 신정훈\*  
 LG산전, 한전 전력연구원\*

#### A Study on Visual Representation of SSR Phenomena using 3-D Graphical Animation

I.K. Park, J. Lee, Y.B. Yoon\*, T.K. Kim\*, H.S. Song\*, J.H. Shin\*  
 LG Industrial Systems, KEPRI\*

**Abstract** - This paper presents a new method for representing SSR(Subsynchronous Resonance) Phenomena using 3-D computer graphics animation. A virtual power system simulation environment was made for simulation and visualization of SSR phenomena. It is anticipated that the proposed method would be helpful for the operator training as well as power system education.

**Keywords:** Power systems, SSR, Animation, 3D Computer Graphics

#### 1. 서 론

전력계통분야의 연구가 진척됨에 따라 기존에는 해석이 매우 난해하거나 또는 그 원인이 분명하지 않았던 많은 계통현상들이 속속 학문적인 근거를 가지고 비교적 명확하게 해석되게 되었다. 그러나 전력계통의 규모가 증가하고 또한 규제완화 환경에서 수치적인 해석 및 예측이 요구되는 계통현상은 기하급수적으로 증가하고 있으며 그 해석방법에 있어서 난이도의 증가는 필연적으로 계통에서 일어나는 현상에 대한 이해를 함에 있어서 많은 어려움을 초래하였다. 또한 이러한 해석과정을 전개하기 위하여는 고도의 수학적 접근방식이 광범위하게 사용되며, 또한 그 해석대상이 되는 계통현상도 일반적인 계통종사자 및 계통분야 입문자에게는 매우 난해한 경우가 대부분이다. 따라서 이러한 현상의 제시 또는 재현 방법에 따라 그 이해과정의 난이성이 현저히 감소될 수 있을 뿐 아니라 직관적인 대처방법의 강구까지도 생각해 볼 수 있게 되었다. 세계적으로도 현재 계통분야에서 이러한 계통현상에 대한 시각화(Visualization)연구가 일본을 중심으로 활발하게 전개되고 있다. 장거리 송전선로의 경우 직렬 커패시터를 송전선로에 병입하여 무효전력 보상을 실시하는 경우가 일반적이라 할 수 있다. 이러한 경우 송전선로의 주파수가 발전계통의 전기-기계적인 고유 주파수에 근접하게 될 때, 준동기 공진 현상(SSR:Subsynchronous Resonance)이 발생하는 것으로 알려져 있다. 이러한 현상은 1972년 미국 남서부의 Mohave Powerplant에서 처음으로 관찰되었다.[1] 본 논문에서는 RTDS(Realtime Digital Simulator:전력계통 실시간 시뮬레이터) 및 Workstation, PC등을 이용하여 이러한 SSR현상을 비교적 장시간 모의 할 수 있는 가상환경을 구성하고 RTDS를 통하여 계산되어지는 모의를 통해 취득되는 해석결과를 3차원 그래픽 애니메이션 기법을 적용하여 사용자에게 직관적으로 제시함으로써 이러한 계통현상에 대한 이해를 높일 수 있는 방안을 강구하였다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 전력계통 현상의 시각화를 위한 3차원 그래픽 애니메이션 환경의 구성

전력계통 현상을 효과적으로 사용자에게 전달하기 위한 환경은 다음과 같이 3부분으로 나눌 수 있다. 실제 전력계통 현상의 모의를 수행하여 그 결과를 제공하는 RTDS, 이러한 모의 절차진행을 제어하기 위한 Engineering Workstation, 취득된 결과를 사용자에게 효과적으로 전달하기 위해 3차원 적인 그래픽 애니메이션으로 표시하는 그래픽 워크스테이션이 그것이다.

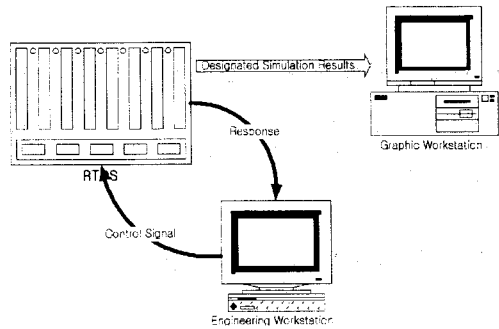


그림 1. 전력계통현상 시각화 환경의 구성

기존 3차원 그래픽을 이용한 응용 프로그램 또는 가상 현실(VR:Virtual Reality)환경을 개발하기 위한 개발 도구로는 일반적으로 Silicon Graphics사의 Workstation 및 Open GL, IRIS GL등의 그래픽 라이브러리, Reality Engine등의 그래픽 엔진등 고가의 하드웨어 및 소프트웨어가 이용되는 것이 일반적인 추세라 할 수 있다. 본 논문에서는 위 3가지 구현 요소중 실제 사용자에게 전력계통 현상을 제시하는 부분인 3차원 그래픽 애니메이션을 일반적인 사용자에게 보다 친숙한 PC상에서 효과적으로 구현하기 위해서 Microsoft사의 Game 및 Multimedia 응용 프로그램제작용 라이브러리인 DirectX가 사용되었다. 현재 PC용 운영체제로 가장 널리 사용되는 Microsoft Windows는 GDI(Graphic Device Interface)를 통해 하위의 하드웨어의 특성에 구애 받지 않는 공통적인 그래픽 환경을 제공하였지만 하드웨어의 특성을 제대로 살려주지 못하는 단점 때문에 고속 3차원 그래픽을 처리하기에는 부적절하다고 인식되어져 왔다. Microsoft사는 급성장하는 게임산업의 요구에 부응하고자 DirectX Library를 개발하여 그래픽 속도의 비약적인 향상과 더불어 그래픽 카드의 종류에 관계없는 단일 프로그래밍 인터페이스 환경을 제공하여 주고 있다. 이 중 Direct 3D Library가 PC상에서의 3차원 고속 그래픽을 위하여 제공된다. Direct 3D Library는 크게 두부분으로 구성되는데 이

는 Immediate Mode 및 Retained Mode이다. Retained Mode는 자체적으로 Geometric Engine을 구비하여 응용 프로그램 작성을 비교적 용이하게 할 수 있는 장점이 있는바(3), 계통 현상 시각화를 위하여 구현된 응용 프로그램은 Direct 3D Retained Mode 인터페이스 부분을 기반으로 하여 작성이 이루어 졌다.

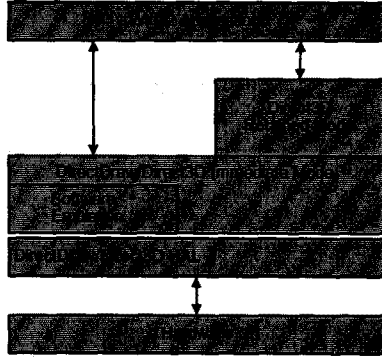


그림 2. Direct 3D의 구조

## 2.2 3차원 그래픽 애니메이션 응용 프로그램 제작

3차원 그래픽 기법 및 애니메이션 기능을 적용한 전력계통 현상 시각화를 위해 작성된 프로그램은 다음과 같은 구조를 가진다.

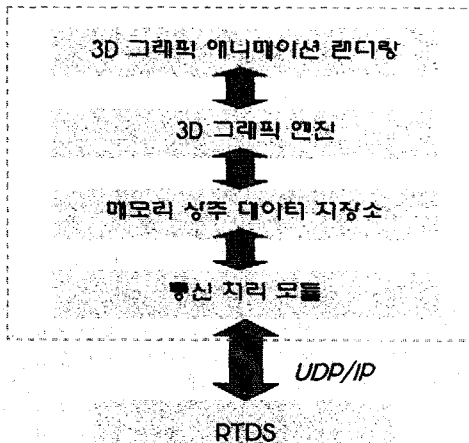


그림 3. 3차원 그래픽 애니메이션 도구의 전체구조

RTDS로부터 계통현상을 모의한 결과 데이터를 3차원 그래픽 애니메이션 도구 응용 프로그램에서 취득하기 위한 프로토콜로 UDP(User Datagram Protocol)가 이용되고 있다. 위 그림 3에서 노란색 테두리 부분이 3차원 시각화를 위하여 Graphic Workstation에서 수행되는 부분이다. 통신 처리 모듈 및 메모리 상주 데이터저장소의 효율적인 디자인으로 고속의 데이터 취득이 이루어 지도록 설계되었으며, 3D 그래픽 엔진으로 위에서 언급된 Direct 3D Retained Mode가 이용되어 초당 20fps(Frame per Sec)에 상당하는 장면 갱신이 이루어 지도록 설계되었다.

## 2.3 전력계통현상에 알맞은 3차원 시각화 장면의 구성

개발된 3차원 그래픽 애니메이션 도구는 시각화 하고자 하는 계통현상을 RTDS를 통해 시뮬레이션을 실시하고 RTDS에서 계산된 결과를 취득하여 이를 작성된 장면을 통해 사용자에게 제시하는 구조를 취하고 있다. 이러한 경우 사용자는 이미 이러한 계통 현상에 친숙한 사용자 이거나 또는 전혀 모의의 대상이 되는 계통 현상에 대한 사전 지식이 없는 경우도 있을 수 있다. 이러한 사용자에게 계통 현상을 효과적이며 흥미롭게 전달하기 위하여는 실제 계통현상의 개념화가 선행되어야 한다. 이러한 개념화는 대부분 이러한 현상을 해석하는 시도중에서 이루어지게 되며 대부분의 전력계통 현상은 전력계통 연구자 사이에서 잠재적으로 동의된 개념화된 모델이 있다고 할 수 있을 것이다. 더군다나 시각화 대상이 되는 계통 현상이 실제 물리적 실체를 가진 현상일 때 이러한 개념화는 더욱 용이하게 이루어 질 수 있다. 다음 그림은 "First Benchmark Model for Computer Simulation of Subsynchronous Resonance"[2]에서 제시된 Turbine-Rotor Mass Relationship의 개념화된 모델이다.

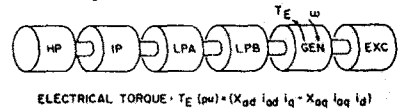


Fig. 2 Rotor Model for Transient Studies

그림 4. SSR현상을 위한 개념화

이러한 개념화를 바탕으로 3차원 시각화 응용 프로그램에서 장면을 구성하기 위하여 장면 구성의 기본이 되는 3차원 오브젝트의 모델링이 필요하다. 이러한 모델링은 수작업으로 장면구성에 이용될 모델의 모든 꼭지점(Vertex) 및 법선벡터(Normal)를 구성하는 값을 계산하여 그 결과를 응용 프로그램에서 이용하거나, 3D Max등의 모델링 툴을 이용하여 복잡한 모델링 과정을 비교적 신속하게 작업하여 필요로 하는 모델의 모델링 데이터를 얻을 수 있는 방법이 있다. 그러나 현재 PC의 그래픽 성능으로는 상당한 복잡도를 가지는 모델링 툴을 이용한 모델을 적절하게 화면상에서 표현하는데 일정 정도의 한계가 있다. 따라서 본 시각화 응용 프로그램에서는 이러한 두 가지 방법을 절충하여 비교적 양호한 응용 프로그램의 성능을 얻는데 중점을 두었다.

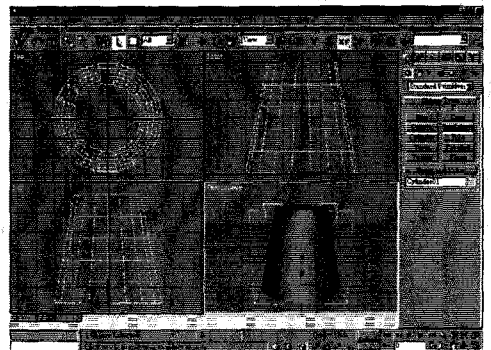


그림 5. 3차원 오브젝트의 모델링

다음 화면은 이러한 구성요소들을 종합하여 실제 3차원 시각화 응용 프로그램이 수행되는 모습이다.



그림 6. 3차원 시각화 응용 프로그램의 수행

응용 프로그램 상에서 사용자에게 제공되는 정보는 다음과 같다.

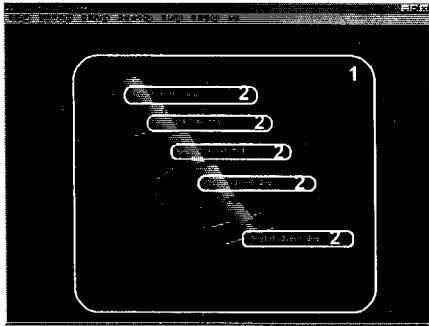


그림 7. 3차원 시각화 응용 프로그램의 수행2

1번 영역에서는 SSR현상으로부터 시각화에 이용되기 위하여 도출된 개념화된 모델을 이용하여 실제 장면이 구성되었다. 구성된 장면은 RTDS(Realtime Digital Simulator)에서 실제 모의된 결과를 고속으로 취득하여 그 결과 값에 따라 동적으로 변화하게 된다. 각 2번 영역에서는 발전기(Generator)를 기준으로 하여 각 Mass의 상대적인 Torsional Angle을 RTDS를 이용하여 모의된 결과를 취득하여 사용자에게 비교가 용이하도록 숫자 형태로 제시하고 있다. 이러한 과정을 통해 시각화에 이용된 데이터는 Graphic workstation에 내장되어 있는 하드디스크상에 덤프되어 저장이 가능하며 저장된 데이터를 이용하여 Replay가 가능한 기능을 포함하고 있으므로 RTDS(Realtime Digital Simulator)가 없어도 모의 대상이 된 계통현상을 재현하여 볼 수 있다. 또한 이러한 재생 작업시 사용자가 인지하기 힘든 순간에 그 결과가 변화하는 현상을 정밀하게 보기 위하여 느린 속도로 재생하는 기능을 갖추어 좀 더 정밀하게 계통 현상을 관찰할 수 있도록 할 수 있는 기능을 구비하였다.

### 3. 결 론

절차로 진보하고 있는 PC의 하드웨어 및 소프트웨어 기술은 PC상에서 운용 가능하며 계통 현상을 제시하기 위해 비교적 적절한 3차원 컴퓨터그래픽 애니메이션 제작환경을 제공하여 줄 수 있다. 전력계통분야의 연구가

진척됨에 따라 기존에는 해석이 매우 난해하거나 또는 그 원인이 분명하지 않았던 많은 계통현상들이 속속 학문적인 근거를 가지고 비교적 명확하게 해석되게 되었다. 이러한 현상의 제시 또는 재현 방법에 따라 그 이해과정의 난이성이 현저히 감소될 수 있을 뿐 아니라 복잡한 수식적 전개나 이해를 필요치 않은 상태에서도 직관적인 현상의 전달의 가능성이 여러 전력계통 연구자들에 의해 모색되게 되었다. 계통분야에서 이러한 계통현상에 대한 시각화(Visualization)연구가 일본을 중심으로 활발하게 전개되고 있으며 상당히 직관적인 이해를 도모할 수 있는 전달수단이 여러 가지 방법을 통하여 모색되고 있다. [1][2] 본 논문에서는 RTDS(Realtime Digital Simulator: 전력계통 실시간 시뮬레이터) 및 Workstation, PC등을 이용하여 이러한 SSR현상을 비교적 장시간 모의 할 수 있는 가상환경을 구성하고 RTDS를 통하여 계산되어지는 모의를 통해 취득되는 해석결과를 3차원 그래픽 애니메이션 기법을 적용하여 사용자에게 직관적으로 제시함으로써 이러한 계통현상에 대한 이해를 높일 수 있는 방안을 강구하였다. 본 논문에서 제시된 계통 모의 환경은 전력계통 운용자로 하여금 보다 신속하고 적절하게 전력계통의 변화하는 상황에 적용할 수 있는 능력을 배양하는데 이용 될 수 있으며 또한 통상적인 교수방법에 부가하여 전력계통 교육에 이용될 수 있는 전력계통 현상에 대한 보다 직관적인 제시 방법으로 제안 될 수 있는 가능성이 있다. 앞으로 보다 더 다양한 현상에 적용됨으로서 그 가능성이 보다 넓게 모색될 필요가 있다.

### [참 고 문 헌]

- [1] T. Kakinoki, K. Takahashi, G. Fujita, R. Yokoyama, "Visualization of Subsynchronous Resonance", ICEE 2000, 2000
- [2] IEEE SSR Task Force of the Dynamic System Performance WG, "First Benchmark Model for Computer Simulation of Subsynchronous Resonance", IEEE Transaction, Vol. PAS-96, No. 5, Sept/Oct 1977
- [3] Stan trujillo, "Cutting Edge Direct 3D Programming", Coriolis Group, 1999
- [4] Peter J. Kovach, "Inside Direct 3D", Microsoft Press, 1999