

HyperSim을 이용한 전력현상 3차원 시각화 연구

김기현, 박창현, 이일화, 장길수
고려대학교 전기 공학과

A study on Power System using 3D Graphic to visualize the actual state based on the result of Hypersim

Gi-Hyun Kim*, Chang-Hyun Park, Yil-Hwa Lee, Gilsoo Jang
Department of Electrical Engineering, Korea University

Abstract - Due to the involvedness of power system, the analysis of power system is hard to make out. In some cases, visualized analysis results help to understand the power system effectively. In this paper, 3D graphic is used to visualize the power system, and chains of power system's changes are represented using the result of HyperSim, a real-time simulator. We represent states of each bus by changing height and colors of cylinder. The current of transmission lines and the angle of generators are represented by the size of pyramids and the direction of arrows respectively. Results of power system analysis are represented more easily and more intuitively using the visualization.

Key Words : 3차원 오브젝트 모델링, 전력계통 시각화, 계통현상 시각화

1. 서 론

최근 전력수용가 급증하여 이에 따라 발전용량이 급격히 증가, 전력 산업 자체가 갈수록 고도화되고 많은 설비들이 계통에 추가 되면서, 계통의 복잡성이 크게 증가하였다. 복잡성의 증가는 계통의 운용해석을 점점 어렵게 만들고 있는 실정이다. 이러한 해석의 난이도가 증가함으로써 계통내부의 여러 현상들에 대한 이해가 더욱더 어려워지게 되었고 특히 기존의 전력 현상 해석 도구들은 계통의 현상을 수치적인 해석 결과로만 보여주었고 수치적 해석 결과는 그 사용자의 능력에 따라 이해되고 해석되어 전력현상을 예측하는 것으로 상당한 전력계통에 대한 지식이나, 경험 없이는 불가능한 것이다. 이를 보완하기 위해서 현재의 컴퓨터 그래픽 기술의 발전에 따라 크게 대두 되고 있는 3D 기술을 사용하여 직관적으로 이해하기 어려운 전기적인 현상들을 시각적인 현상으로 나타냄으로써 계통의 변화를 명확하고 직관적으로 이해 할 수 있는 시스템을 개발하고자 한다.

전력 계통내의 각종 전자기적 현상들은 실시간 시뮬레이터인 HyperSim을 이용하여 시뮬레이션을 하여 나온 결과 값을 이용하여 최종적으로 3차원 시각화를 통하여 계통내부의 현상들을 사용자가 쉽게 해석할 수 있고 이해할 수 있는 시스템을 개발하고자 한다.

2. 본 론

2.1 3D 시각화 기술

3차원 그래픽 표현 기술은 그동안 특수한 전문기기를 이용하여 구현 되어왔기 때문에 특수한 분야인 군사 사용 과 의료용 분야로 주로 사용되어왔다. 하지만 고가의 장비들이 PC기술의 발달과 급격히 성장하는 개인 3D 표현 기술의 발달로 저가/보급형 3차원 그래픽 주변기기가 보급되게 되었다. 3차원 정보는 2차원의 정보보다는 실제의 정보에 가깝기 때문에 직관적으로 이해하기 쉽고 명확한 인식이 가능하다. 따라서 복잡한 현상

을 이해하기 쉽게 표현하는데 가장 효율적인 표현 장치라고 볼 수 있다.

기존의 전력계통내에서 발생하는 현상을 해석하는 방법은 평면적인 사용자 인터페이스를 통해 해석결과를 보여 주고, 사용자는 그 결과를 분석, 이해한 후 관계있는 데이터를 정리 후 시뮬레이션에 대한 입력을 수정하여 갱신된 결과를 관찰하는 방법이었다. 이것은 해석결과와 대상의 특성의 연관성을 파악하기 어렵고 특히 전력 계통과 같은 해석결과와 양이 방대하고 결과사이의 관계가 복잡할 때 해석되기 어렵다. 이러한 접근의 난해함을 해결하기 위해서 직관적인 인식이 가능한 3차원 그래픽 기술을 이용하여 결과를 보여주는 것이다. 이때 이용 가능한 3차원 그래픽에는 여러 가지가 있을 수 있으나 계통의 현상은 시간에 따라 변화하는 것이기 때문에 3차원 애니메이션 기법을 이용하여 계통현상을 시뮬레이션 하였다.

2.1.1 계통구성 요소들의 3차원 모델링

복잡한 시뮬레이터의 결과를 효과적으로 전달하기 위해서는 효과적인 표현 모델이 필요하고 3차원 영상 표현을 위해서는 3차원 모델이어야 한다. 이러한 모델들은 대상을 관찰하기 적합하고 시뮬레이터가 구현하고자 하는 목적에 맞게 그 형태와 속성을 개념화 시켜야한다. 대부분의 전력계통내의 전력현상은 전력 계통 연구자들 사이에서 그간 계속 연구되어 오면서 확립 되고 발전된 개념화 된 모델이 있으며 표현하려는 현상이 물리적이 현상일 때 더욱 쉽게 모델링 될 수 있다. 개념화된 모델이 구현되었으면 3차원 시각화를 위한 3D 오브젝트 모델링을 하여야 한다.

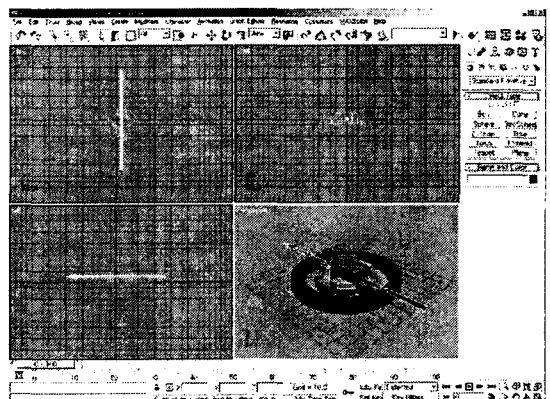


그림 1. 발전기 3차원 모델

3D 모델링은 수작업으로 3차원 좌표계에 꼭짓점(vertex), 선(line), 면(polygon), 덩어리(mesh)의 값을 일일이 지정해줌으로서 구현하거나, 3D Studio MAX등의 3차원 그래픽 툴을 이용하여 구현할 수 있

다. 계통의 각종 모델들은 간략하게 표현하여도 구조가 복잡하기 때문에 3D Studio MAX를 이용하여 각각 전력 계통의 구성요소들을 모델링 하였다. 이때 모델을 너무 복잡하게 만들면 PC상에서 처리 속도가 너무 느리기 때문에 모델을 간략 하게 만들어야 한다.

2.1.2 3D Engine을 이용한 시뮬레이터 구성.

전력 현상을 나타내기 위한 요소를 모델링을 하고 난 후에 이러한 모델들을 이용하여 전력 계통내의 현상을 보여주기 위해서는 3D Engine을 이용하여 화면에 표시를 하여야 한다. 이때 사용되는 3D Engine에는 Silicon Graphics사의 Open GL 과 Microsoft 사의 DirectX 등의 기초 3차원 그래픽 라이브러리와 이를 기반으로 제작된 여러 가지 프로그래밍 도구들이 있다. 이 중에서 Sense8 사에서 개발된 가상현실 개발 툴인 World Tool Kit을 이용하여 시각화 하였다.

WTK(World Tool Kit)는 3차원 장면을 구성하고 각각의 오브젝트의 속성 및 움직임을 제어하는 함수로 이루어져있으며 C를 기반으로 동작한다.

WTK는 각종 3차원 장면의 구성요소들을 universe (Simulation 관리 및 모든 Object를 내포한 개체), geometric object, viewpoint, sensor, path, light 등으로 구분하여 그 특성들을 처리하는 20여 개의 Class로 구성되어 있다.

또한 각각의 Class들의 함수들은 Display setup, Device instancing, Collision detection, Object Loading, 동적 Geometry 생성, Object의 특정한 동작, 그리고 Rendering Control등의 기능들을 가지고 3차원의 장면들을 매순간 재구성 하게 된다. 장면의 재구성은 WTK의 핵심으로 각종 센서 정보 및 데이터를 읽어 들여 3차원 장면을 구성하고 있는 오브젝트의 속성 및 위치 정보를 갱신하고 이를 화면으로 렌더링 함으로서 사용자에게 3차원 공간감 및 움직임을 표현하는 시뮬레이션 루프 기능이다. WTK의 3차원 공간 표현 시뮬레이션 main loop와 각각의 event를 처리하는 event dispatching 메커니즘은 전통적인 window manager와 비슷하지만 관측자의 시점이나 공간상의 오브젝트가 계속 변한다는 특징을 두었다는 것에서 구별될 수 있다.

WTK에서 장면(scene)은 geometries와 light 그리고 위치에 관한 정보로 이루어진다. WTK이 각 시뮬레이션 루프마다 한번씩 장면을 구성하여야 하는데 이때 scene graph를 이용한다. scene graph는 scene(장면)을 구성하기 위한 작업 절차 및 오브젝트 정보의 순서를 계층적으로 가지고 있다.

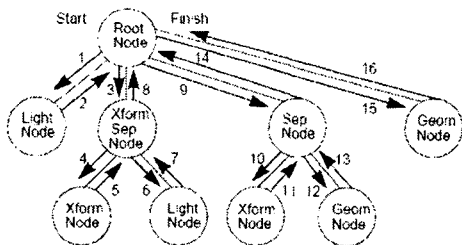


그림2. Scene Graph 구성 및 처리 순서

2.2 전력 계통 시뮬레이터

전력 계통의 현상을 시뮬레이션 하기 위해서 그간 여러 가지 프로그램 도구가 사용되어 왔다. 그중에서 최근에 개발되어진 실시간 시뮬레이터인 HyperSim을 이용하여 전력 계통현상을 시뮬레이션 하였다

2.2.1 HyperSim.

HyperSim은 TransEnergieTechnologies에서 개발한 수치 해석 전력 시스템 시뮬레이터로 전압 안정도와 과도 전압 및 전력 전자 등 다양한 종류의 전력 시스템 네트워크를 시뮬레이션 할 수 있다. 또한 동기기기, induction motors, dynamic load뿐만 아니라 HVDC와 SVC 시스템과 같은 훨씬 더 복잡한 기기들에 대한 전력 시스템 모델의 라이브러리를 제공하며 전력 시스템 모델을 개발하고, 기기들을 제어할 수 있는 융통성을 가지고 있다. 새로운 모델들은 Matlab/Simulink 소프트웨어를 이용해서 개발 하여 이를 HyperSim 시뮬레이터에 적용시킬 수 있다. 뿐만 아니라, HyperSim은 실시간 입력과 출력에 대한 접근이 가능하므로 실제 제어 시스템 기기를 이용한 close-loop 실시간 시뮬레이션이 가능하다.

Software 구성

사용하기 편한 Graphical User Interface(GUI)환경으로, 시뮬레이션 편집부터 동작까지의 모든 작업이 그래픽환경 하에서 이루어진다. 전력 시스템 시뮬레이션에 필요한 모든 모델이 라이브러리를 통해 제공되며 HyperSim control block library를 이용하여 새로운 모델을 신속하고 능률적으로 만들고 제어할 수 있다.

또한 Matlab/Simulink software와 직접 호환이 가능하여 사용자는 스스로 모델을 만들 수 있고 HyperSim 환경에서 직접 시뮬레이션 할 수 있으며 EMTF 파일을 만들거나 불러서 쓸 수 있는 호환성을 제공한다.

실시간 시뮬레이션이 가능하고 시뮬레이션 동안에도 유저는 시스템 매개변수를 바꿀 수 있고, 중간에 고장을 넣거나 변화를 줄 수 있으며 이들의 영향을 곧 바로 확인할 수 있다.

Hardware 구성

일반 PC에서 Linux시스템을 기반으로 동작하며 PC-cluster를 이용하여 실시간 계산 엔진을 수행할 수 있도록 하고 있다. 또한 실시간 응답 및 제어를 위해 Analog outputs(D/A), analog inputs(A/D), Digital outputs(DO), Digital inputs(DI)등과 같은 다양한 입출력을 가지고 있으며 프로세서간의 partitioning과 mapping 이를 통하여 실시간 수행을 가능하게 한다. HyperSim은 일반 상업용 컴퓨터를 기반으로 하기 때문에 하드웨어는 다른 용도로도 사용될 수 있으므로, 구입에 사용된 비용은 전력 시스템 시뮬레이션에만 한정 되지 않을 수 있다. 또한 새로운 프로세서 기술이 개발되었을 때 업그레이드가 용이하다.

2.2.2 HyperSim 출력 정보

HyperSim의 출력정보는 on-Line 모드에서 실시간 시뮬레이션을 할 때에 실시간 출력이 가능하고 Off-Line 모드에서 일정 동안의 결과 값을 볼 수 있도록 되어 있다. 이때 결과 값은 HyperSim 부속 프로그램인 ScopeView에 의해서 보도록 되어있지만 ScopeView를 통하여 텍스트 파일, Matlab 파일등으로 변환이 가능하다. 본 논문에서 텍스트 출력 값을 이용했으나 향후 실시간 시뮬레이션을 통하여 실시간 출력 값을 이용하게 되면 더 좋은 시뮬레이터 구성이 될 것이다.

2.3 전력 현상 3차원 시각화 시뮬레이터

3차원 모델과 과 HyperSim의 결과 값을 이용하여 최종적으로 3차원 시각화 시뮬레이터를 구성하였다.

2.3.1 시뮬레이터의 구성.

시뮬레이터는 HyperSim의 계산 결과를 바탕으로 전력 조류 계산, 발전기 위상각 등의 데이터에 시각화 기법을 적용하여 운영자가 필요에 따라 시각화 적용 결과물의 방위 및 위치를 변동하면서 필요 정보를 얻을 수 있도록 GUI를 구성하였으며, 선로의 조류 변동은 선로에 방향을 지시하는 사각뿔과 색깔 변화를 통해 사용자

가 쉽게 과부하 여부를 파악할 수 있도록 하였으며, 각 모선의 전압크기는 모선별로 위치시킨 원기둥의 상대적인 높이를 통해 비교 가능하고, 설정된 최소 전압과 최대 전압 초과 시에는 원기둥의 색깔을 주의, 경고 레벨에 따라 변화시키도록 구성하였다. 발전기의 경우 화살표의 회전에 의하여 상대 각을 나타낼 수 있도록 구성하였으며, 각의 크기는 화살표의 회전한 각도와 일치하도록 하였다. 또한 발전기의 유효전력 출력과 무효전력 출력을 각각 초록색 기둥과 파란색 기둥을 이용하여 나타내었고 모선과 부하에 도 동일한 방법을 이용해 나타내었다.

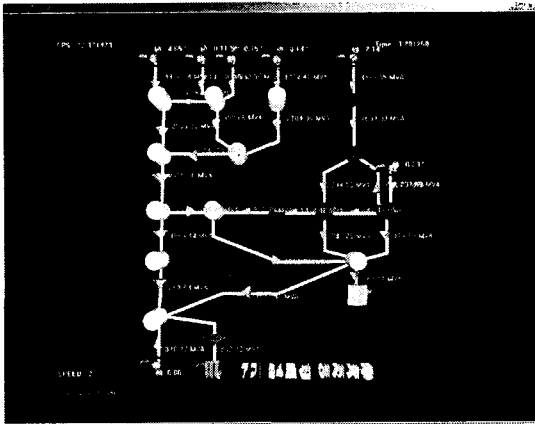


그림3. 시뮬레이터 구성 모습

2.3.2 시뮬레이터를 이용한 전력현상 해석

시뮬레이션을 실행하게 되면 계통의 3차원 오브젝트 파일들을 불러오게 되고 이를 기본적으로 화면에 그려주게 된다. 기본적인 네트워크 구성화면에서 해석할 계통이 불러진 상태에서 동작 버튼을 누르면 시뮬레이터는 HyperSim에서 시뮬레이션된 결과를 읽어 들여 각각 값에 맞도록 3차원 모델들의 위치 및 속성을 변화 시키게 된다. 또한 전체적인 모습뿐만 아니라 구체적인 각각 부분을 보기위해서 클릭을 하거나 마우스를 이용해 장면을 움직이면서 관찰이 가능하며 필요에 따라 실제 값이 개체 위에 표현 되도록 되어 있다.

2.4 HyperSim 예제계통 적용연구

HyperSim의 예제 계통파일을 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 다음은 구성된 3차원 전력 계통 시각화 프로그램의 수행 모습이다.

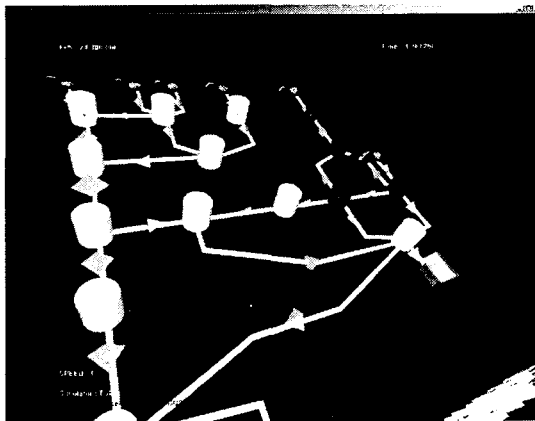


그림5. 계통시각화 프로그램 수행 예

다음은 부분적으로 확대해서 살펴본 응용프로그램의 수행 모습이다.

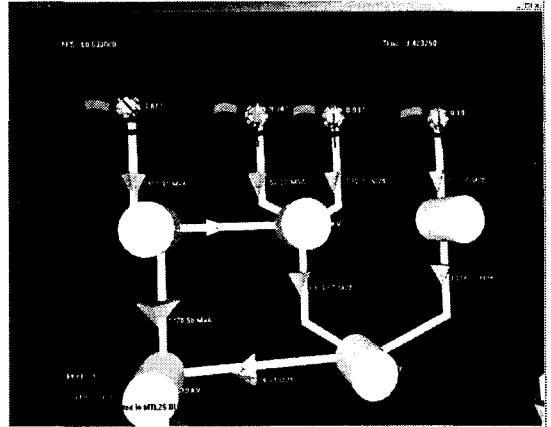


그림6. 계통의 부분 확대 및 적용

각 모선의 전압 및 각 발전기의 위상각크기 조류의 흐름 등을 한눈에 알아볼 수 있으며 각 실제 값도 화면상에 나타내게 되고 이 화면상의 숫자들은 개체의 움직임에 종속적으로 따라 다니게 된다.

3. 결 론

계통의 여러 가지 현상에 대한 3차원 시각화 방안이 모색 되었다. 이러한 3차원 시각화는 계통을 해석하거나 운영할 때 운영자가 계통의 상태를 효율적으로 인식할 수 있도록 해줌으로서 보다 직관적이고 정확한 판단을 기대할 수 있다. 또한 실시간 시뮬레이터인 HyperSim의 결과를 이용하여 계통의 현상을 모의 하였으므로 추후 실시간 상호연동하게 되면 계통내의 사고나 값들을 실시간으로 변화시켜 그 결과를 관찰할 수 있을 것이라고 기대된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 박창현, 정영범, 장길수, "전력시스템 해석을 위한 3차원 시각화 연구", 2002년도 대한 전기학회 추계학술대회 논문집,
- [2] ENGINEERING ANIMATION, INC. SENSE8 PRODUCT LINE, "Worldtoolkit Reference Manual" version April 1999, Web site www.sense8.com
- [3] TransEnergieTechnolies, "HyperSim Reference Manual" 2002
- [4] 박인권, 윤용범, 이진, 김태균, "3차원 그래픽 애니메이션을 이용한 SSR 현상의 시각적 제시에 관한 연구", 2002년 대한 전기학회 추계부분 학술대회 논문집 A권, p81-91
- [5] Pramod M. Mahadev, Richard D. Christie, "Envisioning power system data, vulnerability and severity representations for static security assessment", IEEE Transactions on Power System, Vol. 9, NO. 4, November 1994