

교육용 전력조류계산 시뮬레이터 개발

김현홍, 정윤원, 양광민, 이기송, 박종배, 신중린
건국대학교 전기공학과

Development of Educational Simulator for Load Flow

Hyun-Houng Kim, Yun-Won Jeong, Kwang-Min Yang, Ki-Song Lee, Jong-Bae Park, Joong-Rin Shin
Dept. of Electrical Engineering, Konkuk University

Abstract - This paper presents the development method of educational simulator for the load flow. The developed simulator can be made the students to model, analysis of power systems by drawing the system and performing the load flow by themselves under window environment. For the effective education of load flow, we have introduced the avatar which is the object to explain the load flow to the students. Also, The simulator has developed by using the language based on XML(Extended Markabel Language). Therefore, we determine that this simulator is useful to educate the load flow and easily to expand the other application program.

1. 서 론

기존의 대부분의 전력시스템을 해석하기 위한 시뮬레이터는 수학적으로 안정한 알고리즘 개발에 초점을 맞추면서 얼마나 정확하고 빠른 결과를 도출할 수 있는가에 초점을 맞추고 있다[1]. 최근들어 이러한 전력계통 해석 시뮬레이터는 단순 텍스트 위주의 환경에서 사용자에게 친숙한 GUI(Graphic User Interface)환경으로 개발되어지고 있다[2-7]. 특히, Overbye 등은 컨투어(Contour) 및 3D효과 등을 이용하여 전력시스템 시뮬레이터의 정보를 효과적으로 전달할 수 있는 방법론을 제시하였고 원도우 기반의 프로그램에 적용하였다 [5-8].

현재 국내에서 사용되는 전력시스템 분석 소프트웨어는 대부분 해외기술에 의존하고 있는 실정이다. 또한 상용 프로그램은 가격이 비싸고 다루기가 복잡하여 교육용으로 활용하기에는 어려움이 많다. 본 논문에서는 닷넷 프레임워크(.NET Framework)[9]을 사용하여 전력계통 해석하는데 있어 기본적인 전력조류계산의 효율적인 교육을 위한 시뮬레이터를 개발하였다. 본 논문에서 개발된 시뮬레이터는 사용자들이 전력계통을 손쉽게 구성할 수 있고 시뮬레이션 결과를 명료하게 분석할 수 있는 인터페이스를 제공하였다.

또한 사용자의 전력조류계산에 대한 흥미를 유발하기 위하여 사용자에게 조류계산에 대한 일반적인 개념 및 시뮬레이터 사용상의 설명을 해주는 아바타(Avatar)를 도입하였으며, 저장 포맷을 XML (Extensible Markup Language) 기반의 벡터 그래픽 포맷인 SVG(Scalable Vector Graphic)로 채용함으로써 웹을 통하여 자유로운 교육이 가능 하도록 설계하였다.

GUI 환경을 제공하기 위하여 마이크로소프트사에서 개발한 닷넷을 사용하였으며 방대한 데이터를 효율적으로 관리하고 처리하기 위해 분산처리 기술을 사용하였다. 현재 닷넷은 빠르게 변화하는 개발환경과 모든 것이 웹으로 집중되는 인터넷시대에 부흥하기 위해서 개발된 프로그램 개발 환경이다[9]. 이러한 개발환경의 변화에 따라 본 논문에서 제시하고 있는 프로그램은 HTTP와 같은 공개된 프로토콜을 이용할 수 있고 응용프로그램으로 개발하는 데 있어 간단하고 확장이 용이한 닷넷을 이용하여 개발하였다. 프로그램은 웹에서 공개된 프로토콜을 이용하여 학습자가 자신만의 모듈을 만들어 추가가 가능하도록 다음 그림과 같이 객체지향 프로그래밍(OOP)으로 개발하였다.

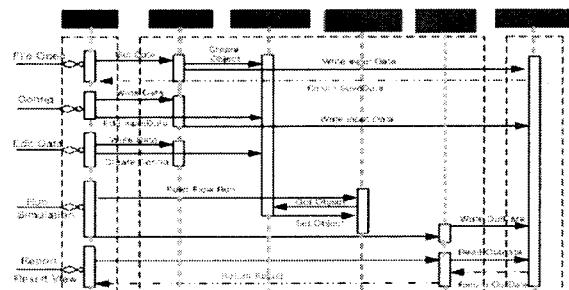


그림 1 교육용 조류계산 프로그램의 시퀀스 다이어그램

Fig. 1 Sequence Diagram for Education Power Flow Program

본 논문에서는 시스템의 구조를 제시하기 위해 그림1과 같이 소프트웨어 구성요소 혹은 클래스의 동적인 면을 나타내는데 사용되는 시퀀스도를 중심으로 하여 구동프로그램의 역할과 여러 응용프로그램간의 기능호출이 어떻게 이루어지는지를 제시하였다.

계통의 크기가 커지고, 구성 요소가 추가됨에 따라 조류 계산에 필요한 입력데이터가 증가하게 된다. 이러한 데이터의 증가는 조류계산의 시간을 증가하게 만들게 되며 다른 프로그램과의 연계가 어려워 질수 있다. 그래서 본 프로그램에서는 입력데이터를 조류계산이 수행하기 전에 객체로 변환하여 이 객체를 사용하여 계산을 수행한 후 조류계산의 결과는 다시 입력데이터를 기준으로 저장하도록 하였다. 이러한 변환 과정에서 만들어진 실체데이터와 임시데이터간의 차이를 이용하여 데이터가 쉽게 변환이 가능하도록 하였다. 또한 각각의 method를 클래스로 구성하여 사용자가 선택한 부분만을 불러와서 사용 할 수 있도록 하였다.

2. 본 론

2.1 프로그램 모델링

본 논문에서 개발된 시뮬레이터는 사용자에게 친숙한

22 시스템구성 인터페이스

A) 전력 시스템의 구성

그래픽 에디터는 사용자가 친숙한 GUI 환경에서 사용하기 편한 one-line diagrams으로 개발하였다. 사용자가 계통을 구성하기 전에 아이콘을 선택하여 오른쪽 버튼을 클릭하면 context menu가 나타난다. 이 메뉴 중 help를 선택하면 아바타가 아이콘의 사용방법과 속성에 대하여 '슬라이드'와 '말'을 통하여 설명한다. 사용자는 이러한 설명을 숙지한 후 아이콘 사용하여 워크스페이스에 전력시스템을 구성할 수 있다.

B) Run and View Results

사용자가 실행환경을 설정할 수 있는 메뉴로 Run을 클릭하면 Method Select Window가 생성된다. 이 Window에는 "Newton-Raphson Method"[10], the "Gauss-Seidel Method"[10], the "Fast-Decoupled Method"[10], the "DC Power Flow Method"[11], 중 하나 또는 4 가지를 동시에 선택 할 수 있다. 또한 inverse matrix를 구할 수 있는 "Gauss-Elimination Method", the "L/U Factorization Method", "Classical" 중 하나 또는 3 가지를 선택할 수 있다. 이러한 구조를 그림에서처럼 간략한 순서도로 나타내 보았다. 사용자는 결과를 'Report'을 선택하여 확인 할 수 있다. Report에서는 결과데이터를 table과 차트형태로 상세하게 사용자에게 보여준다. 차트는 각각의 시뮬레이

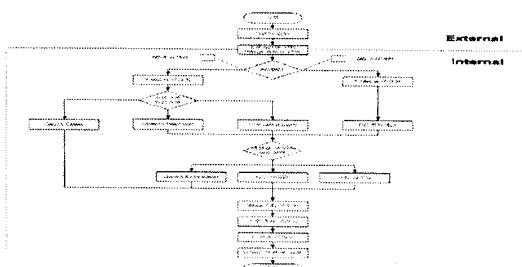


그림 2 교육용 조류계산 프로그램을 위한 순서도

Fig. 2 Flow Chart for Education Power Flow Program

션 방법에 따라 결과를 따로 볼 수 있으며, 또한 4가지의 계산방법을 동시에 볼 수가 있어 사용자가 계산방법에 따른 결과를 비교할 수 있다. 이러한 차트를 통하여 사용자는 각 계산방법에 따른 계산결과의 차이를 한눈에 확인해 볼 수가 있다. 메인화면의 "Output Window"에서는 계통 구성의 에러를 사용자가 바로 확인 할 수가 있다. 예를 들면 슬랙모션을 선택하지 않을시 에러 메시지를 통해 사용자의 실수를 바로 고칠 수 있게 도와준다.

C) File Save

본 논문에서 개발한 시뮬레이터의 저장방식으로 SVG을 채용하였다. 월드와이드웹 컨소시엄(W3C)은 XML의 2차원그래픽을 구사하기 위하여 SVG를 제안하였다. 따라서 XML 그래픽 표준인 SVG는 XML의 개방성, 상호운용성등의 장점을 벡터 그래픽에 모두 수용하였고 SMIL, GMML, MathML 등 다른 XML언어들과 결합하여 다양한 응용으로 개발이 가능하다. 또한 SVG는 텍스트로 기술되기 때문에 그래픽에 대한 검색이 편리하고 어플리케이션들이 SVG문서를 쉽게 사용할 수 있다[12]. 이러한 국제 기술 표준을 이용하여 현재 개발되어 있는 프로그램과 앞으로 개발될 프로그램에 SVG를 채택하여 사용한다면 사용자가 하나의 전력시스템을 구성한 후 여러 가지의 프로그램을 이용하여 결과데이터를 확인해 볼 수가 있다. 그림3은 SVG방식으로 저장된 계통그림을 웹 브라우저를 통해서 본 화면이다.

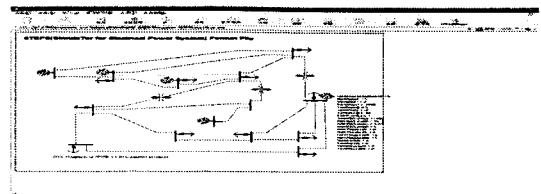


그림 3 SVG로 저장된 전력계통도

Fig. 3 Save form by SVG for Power Flower Diagram

또한 결과데이터를 Excel과 text 형태로도 저장이 가능하다. 여러 가지 형태로 저장 할 수 있으므로 사용자가 가장 단순한 형태로도 자신의 데이터를 확인해 볼 수 있도록 하였다

D) Avatar

본 논문에서 개발된 시뮬레이터는 복잡한 전력시스템을 사용자에게 보다 쉽고 정확하게 전달하고자 하였다. 그래서 닷넷 프레임워크의 XML[9]을 사용하여 사용자에게 친숙한 아바타를 구성하게 되었다. 아바타는 사용자에게 프로그램의 아이콘의 사용법과 시뮬레이션 중에 여러 발생시에 발생생의 원인을 설명해준다. 또한 관리자가 미리 전력계통을 구성하여 사용자에게 필요한 학습내용을 아바타를 통하여 슬라이드와 말로 전달 할 수 있도록 하였다.

3. 사례연구

우리는 전력 조류계산 문제를 해결하기 위해서 IEEE 14모션을 선택하였다. 앞에서 언급한 4가지의 method 와 3가지의 inverse matrix를 적용하여 시뮬레이션 하였다. 결과 테이블에서는 시스템의 Ymatrix, 전압, 위상, 선로손실, 유효전력, 무효전력 등을 확인 할 수 있다. 사용자는 그림4처럼 4가지의 method을 동시에 쉽고 효과적으로 비교 볼 수 있다.

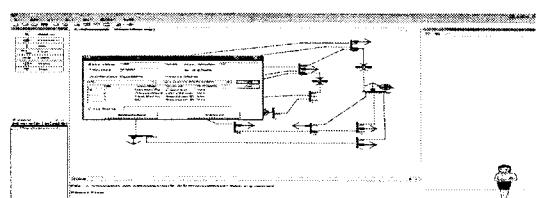


그림 4 전력 조류계산 방법의 다양한 선택

Fig. 4 Select of Power Flow for Each Method

사용자가 결과를 상세히 보고 싶을때 PowerFlowList 버튼을 클릭 함으로써 확인해 볼 수 있다. 그림5처럼 사용자는 'combo box'을 사용하여 각각 method에 따른 결과를 효과적으로 이해할 수 있다.

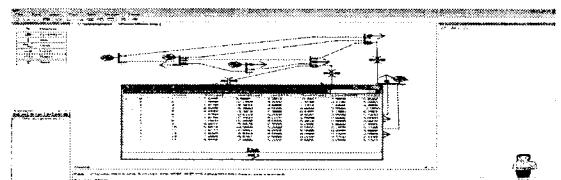


그림 5 전력 조류계산 연산 방법론에 따른 요약결과

Fig. 5 Result Summary of Power Flow for Each Method

또한 chart을 통하여 다른 method을 사용하여 도출된 결과를 하나의 창에서 그림6-9처럼 확인해 볼 수 있다. 이는 사용자로 하여금 계산방법에 따른 결과를 한눈에 확인해 볼 수 있는 중요한 기회이다.

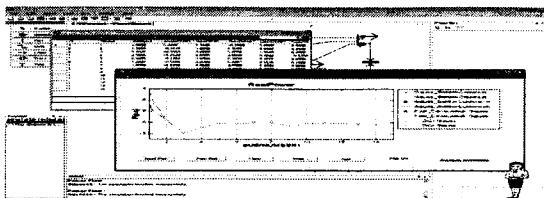


그림 6 전력 조류계산 연산 방법론에 따른 차트결과 (계속)
fig 6 Result Chart of Power Flow for Each Method

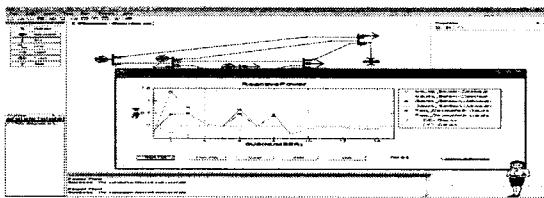


그림 7 전력 조류계산 연산 방법론에 따른 차트결과 (계속)
fig 7 Result Chart of Power Flow for Each Method

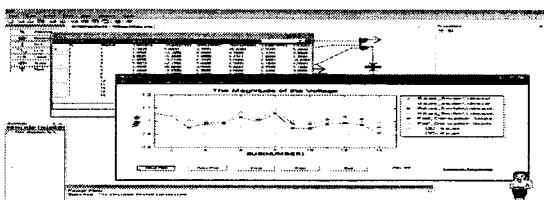


그림 8 전력 조류계산 연산 방법론에 따른 차트결과 (계속)
fig 8 Result Chart of Power Flow for Each Method

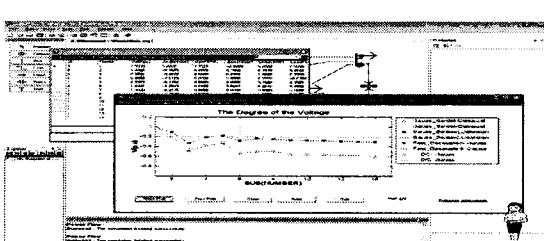


그림 9 전력 조류계산 연산 방법론에 따른 차트결과)
fig 9 Result Chart of Power Flow for Each Method

Report의 하위메뉴에는 각 모션별 계산정보와 전력시스템 구성요소의 입력값을 저장하고 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 전력계통 공학의 효율적인 교육을 위한 원도우기반의 조류계산 시뮬레이터를 개발하였다. 개발된 프로그램은 간단하고 명료한 인터페이스를 채용하여 전력계통 공학을 전공하고 있는 학생들에게 전력조류문제의 이해도를 효과적으로 높여줄 수 있을 것으로 기대된다. 본 논문에서 개발한 프로그램은 사용자의 모든 정보를 체계적으로 저장하여 그 결과를 그래프를 통해 보

여줌으로써 차이를 명확히 보여주고자 노력하였다. 이러한 과정은 많은 저장 공간을 소비하는 단점이 있지만 번해가는 데이터를 잘 활용 할 수 있으므로 사용자의 학습에 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다. 지금까지 많은 논문에서 database을 통합하기 위해서 많은 노력을 해 왔다. 이와 더불어 그림의 저장방식을 SVG을 채택함으로써 보다 완벽한 database의 통합을 구축할 수 있을 거라 생각된다.

감사의 글

이 논문은 산업자원부에서 시행한 전력산업 인프라 구축지원 사업으로 수행된 논문입니다.

[참 고 문 헌]

- [1] F. L. Alvarado, R. J. Thomas, "A brief history of the power flow", IEEE Spectrum, p.57, Feb. 2001.
- [2] J. Yang, M. D. Anderson, "Teaching tool shows results through visualization [power systems education]", IEEE Computer Applications in Power, Vol. 11, pp. 37-42, Jan. 1998.
- [3] J. R. Shin, W. H. Lee, D. H. Im "A windows-based interactive and graphic package for the education and training of power system analysis and operation power systems", IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 14, pp. 1193-1199, Nov. 1999.
- [4] S. Islam, N. Chowdhury, "A case-based Windows graphic package for the education and training of power system restoration", IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 16, pp. 181-187, May 2001.
- [5] T. J. Overbye, P. W. Sauer, C. M. Marzinkzik, G. Gross, "A user-friendly simulation program for teaching power system operations", IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 10, pp. 1725-1733, Nov. 1995.
- [6] T. J. Overbye, R. P. Klump, J. D. Weber, "Development and application of a power system simulation environment", IEEE Symposium Circuits and Systems, Vol. 3, pp. 1097-1100, 18-21 Aug. 1996.
- [7] T. J. Overbye, J. D. Weber, "New methods for the visualization of electric power system information", IEEE Symposium InfoVis, pp. 131-160, 9-10 Oct. 2000.
- [8] C. Schaffner, "An Internet-based load flow visualization software for education in power engineering," IEEE Power Engineering Society Winter Meeting, pp.1415-1420, 27-31 Jan. 2002.
- [9] J. Richter, Applied Microsoft .NET Framework, 정보문화사, 2003
- [10] O. I. Elgerd, Electric Energy Systems Theory-An Introduction, Second Edition, McGraw-Hill, 1982.
- [11] A. J. Wood, B. F. Wollenberg, Power Generation, Operation, and Control, Second Edition, JOHN WILEY & SONS, INC. 1984.
- [12] W3C Recommendation, Scalable Vector Graphics (SVG)1.1 Specification, <http://www.w3.org/>