

Graphic-based Power System Simulator 소개

신민철*, 김건중*, 영재선*, 이병일*, 박철우*, 장중철**
 충남대학교*, 전력연구원**

Introduction to Graphic-based Power System Simulator

M.C.Shin*, K.J.Kim*, J.S.Eum*, B.Rhee*, C.W.Park*, J.C.Jang
 *Chungnam Nat' Univ. **KEPRI

Abstract - In this paper the Graphic-based Power System Simulator(GPSS) program is introduced. GPSS is a Power System Simulator that is designed to provide friendly and highly interactive Graphic User Interface(GUI). The main features of GPSS are graphical free editing, quick and fine System-Drawing and Load-Flow analysis. Most of all, mapping power system data(only pure text information) into Graphic Data is of very practical use to power system designer and analyst.

1. 소개

전력 계통의 해석을 위해서는 계통에 대한 교육 및 훈련의 과정이 요구된다. 그러한 과정을 거친 전문가들이 계통 해석 업무를 수행하는데, 계통의 거대함으로 인하여 통상 '계통 시뮬레이션 소프트웨어'를 사용하게 된다. 현재 계통해석을 위한 소프트웨어가 다수 있지만, 전문가들조차도 그 사용법을 익히는 데에 많은 시간과 노력을 들이고 있는 실정이다. 그러다 보니 시뮬레이션 소프트웨어 사용자 중에서도 전문가와 비전문가, 초보자로 나뉘게 되는 것이 현실이다.

현재 나와 있는 프로그램들은 윈도우즈 기반의 소프트웨어가 주류를 이루고 있다. 비록 윈도우즈 기반의 소프트웨어를 사용한다 하더라도, 결과값을 텍스트나 테이블 형태로만 보여주는 방식은 2D나 3D 그래픽에 익숙한 사용자들에게는 한 눈에 결과를 알아보기 어렵게 한다. 더구나 계통 데이터와 같이 방대한 데이터의 처리시 이를 테이블 형태로 나타내는 것은 한계가 있게 마련이다.

그래픽에 기반한 그래픽 패키지는 사용자에게 친숙하고, 직관적이며 향상된 인터페이스를 제공하고 있다. 이러한 그래픽 패키지는 사용자에게 새로운 소프트웨어 사용에 대한 부담감을 덜어주고, 쉽게 익숙해 지도록 한다. 텍스트 및 테이블 정보 뿐만 아니라, 그림과 같은 데이터를 포함한다면, 초보자는 물론 전문가에게도 소프트웨어 사용이 용이해 질 것이다.

본 논문에서는, Graphic 정보로서 계통해석을 수행하여 전문가는 물론 비전문가에게도 친근하고 쉬운 사용이 가능한 조류계산 패키지를 소개하려 한다. 본 연구진이 개발한 계통해석 소프트웨어는 기존의 text data를 이용하여 계통도를 도시하거나, 사용자가 직접 계통도를 작성하여 해석하고자 하는 계통의 정보를 그래픽으로 나타낼 수 있다. 이러한 그래픽 data에 대해 조류계산을 수행하고 그 결과를 계통도에 직접 표현함으로써 계통해석 비전문가라도 쉽게 계통을 이해할 수 있도록 하였다.

2. GPSS 개요

2.1 GPSS의 설계 중점

Graphic-based Power System Simulator(이하 GPSS라 한다) 설계시의 고려되었던 사항은 다음과 같

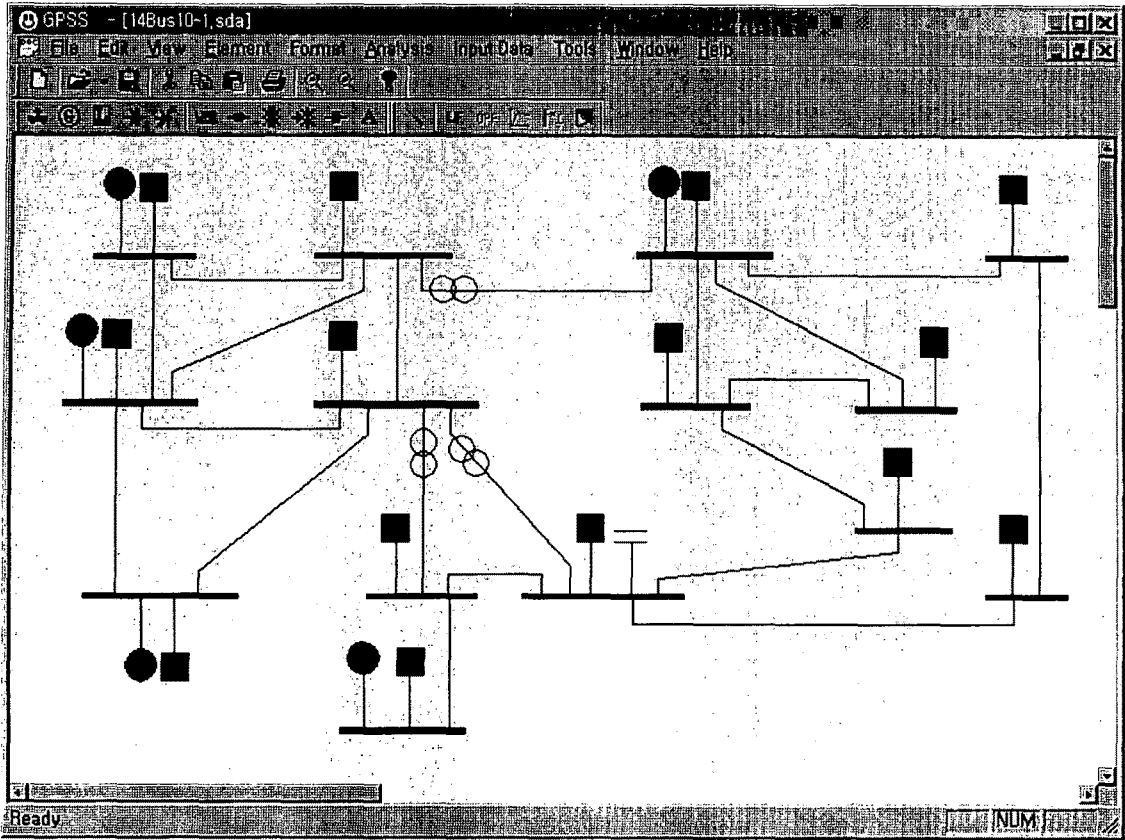
다. 전력계통을 특정한 기호로서 나타내고자 하였다. 그러한 기호들은 Bus, Load, Line과 같은 요소들이다. 사용자는 이러한 요소들을 마우스로 drag & drop을 통해, 또는 라이브러리 등을 불러와서 능률성 있고 직관적이며 편리하게 계통도를 구성할 수 있어야 한다. 이러한 요소들은 조류계산 수행에 필요한 파라미터(전압기, 전압위상 등)를 포함하고 있어야 하며, 그래픽 상에서 결합된 요소들 간의 링크 기능이 필수적이다. 또한 조류계산 수행 시, 필수 정보의 입력 확인 및 Bus와 Line 간의 올바른 연결이 이루어져 있는지 확인되어야 한다.

GPSS는 대형 프로그램이고, 그래픽 사용자 인터페이스가 때문에 객체지향 개발방법론(Object Oriented Programming)에 입각한 컴포넌트 위주의 개발이 요구되었다. 그리하여 OOP 및 컴포넌트 개발 환경을 제공하는 MicroSoft의 Visual C++을 개발언어로 사용하였다. GPSS에 요구되는 컴퓨팅 사양은 Window95가 설치된 마우스가 있는 Pentium 컴퓨터 또는 그 이상이면 된다.

2.2 GPSS의 특성

Graphic-based Power System Simulator(GPSS)의 주요 화면 구성 및 계통도가 [그림 2.1]에 나타나 있으며 주요한 특성은 다음과 같다.

- 1) Bus, Line, Tr 등의 요소들을 원하는 만큼 화면에 배치하는 것이 가능하며, 연결되었을 시에는 이들 간의 링크가 이루어진다.
- 2) 그래픽 데이터에 대해 자유로운 편집작업-단일 또는 그룹단위의 selection, copy, cut, paste 및 확대/축소, 저장 등이 가능하다.
- 3) 빠르게 계통도를 작성하기 위해 Bus 요소 등을 그럴 때 매번 Bus메뉴를 클릭하지 않고, 한번만 Bus메뉴를 선택하면 연속하여 Bus를 그릴 수 있도록 하였다. 또한 Bus와 연결된 Generator, Load 등의 요소가 많을 시를 고려하여 Bus의 크기를 조절할 수 있도록 하였다.
- 4) 링크 기능을 강화하여 Bus의 이동시 이와 연결된 Generator, Load, Line 등이 함께 이동된다. 반대로 Generator를 Bus에서 떼어내면 연결이 끊어지고, 다시 다른 Bus에 붙이면 해당 Bus와 연결된다. Line과 Tr에 대해서도 마찬가지이다.
- 5) 마우스로 그래픽 요소 하나를 더블 클릭하면 해당 요소에 대한 파라미터가 Dialog Box를 통하여 나타나게 되고, 자유롭게 값을 입력할 수 있다.
- 6) 기존의 text 위주의 데이터(vsc파일!)를 로드하면, Bus 중심의 그래픽 데이터를 반자동으로 생성할 수 있다. 그러나 각 그래픽 데이터에는 text 데이터의 파라미터들이 전달되어 사용자는 파라미터 입력과 같은 수고를 덜어도 된다.
- 7) 조류계산(Load Flow)의 수행이 가능하고 이를 결과 파일로서 저장할 수 있음은 물론이고, 계통도에 직접 표현이 가능하다.



[그림 2.1] GPSS 프로그램의 주요 화면 구성 및 계통도

2.3 GPSS의 사용법

크게 두 가지로 구성된다. 첫 번째는 처음부터 비어 있는 화면에 전력계통 요소들(Bus, Gen, ...)을 하나씩 그려 나가는 것이다. 이는 3~5 모선 정도의 소규모 계통에 대해 학습용으로 사용하기에 적합하다. 두 번째 방법은, 순수하게 text 정보만 있는 데이터(예로 PSSE의 raw파일)를 로드하여 반자동으로 계통도를 구성하는 것이다. 이는 작성하려는 계통도가 클 경우에 적합하며, 실제계통에의 적용이 가능하다.

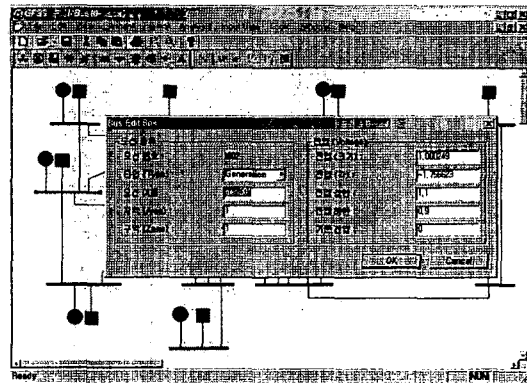
2.3.1 직접적인 Graphic Data 구성 방식

전력계통 요소들을 하나씩 그려 나가는 것이다. 보통 Bus를 중심으로 그려나가는 것이 편리하다. 먼저 프로그램 메뉴에서 Element메뉴를 클릭하여 Bus메뉴를 선택한다. 마우스의 움직임에 따라 Bus가 이동되는 것을 볼 수 있으며, 적당한 위치에 마우스를 클릭시 해당 위치에 Bus가 놓이는 것을 볼 수 있다. 연속해하여 Bus의 배치를 할 수 있다. 다음에 Line이나 Gen등을 메뉴에서 선택하여 화면에 배치하는 것이 가능하다. 이러한 요소들에 대해 회전 및 편집 기능이 있어 원하는 위치에 자유롭게 배치 할 수 있다.

원하는 계통도를 작성하고 나서 해당 요소들을 마우스로 더블 클릭하면, [그림 2.2]와 같이 Dialog Box가 뜨고 파라미터들을 입력할 수 있다. 모든 요소에 대해 파라미터 입력을 끝내고 저장하면 sda 파일 형식으로 저장된다. 저장된 그래픽 데이터로 조류계산을 수행할 수 있는데, 조류계산의 수행은 Analysis메뉴의 Load Flow메뉴를 선택하면 된다. 조류계산의 수행이 끝나면 조류계산 결과가 .vsc 파일 형식으로 저장이 되며 계통

도에 반영되어 이의 확인이 가능하다.

직접적인 Graphic Data 구성 방식은 3~5 모선 정도의 소규모 계통에 대해 학습용으로 사용하기에 적합하다. IEEE 14 모선 계통도를 구성하는 작업을 수행한 결과 요소 파라미터(전압크기, 전압위상 등) 입력 작업의 과다함으로 인하여 2시간 정도의 시간이 소요되었다. 이러한 방식은 사용자의 입력 실수 위험도 내재하고 있어, 정확성까지 고려하면 더 많은 시간이 걸릴 수도 있다.



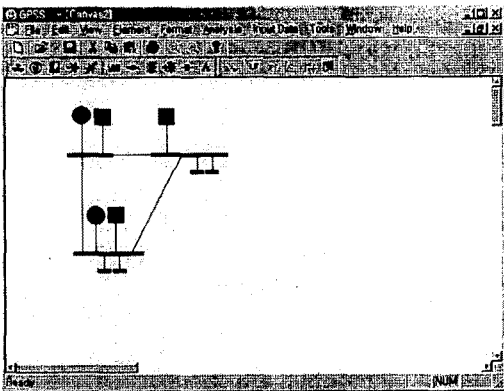
[그림 2.2] 직접적인 Graphic Data 구성 방식

2.3.2 Text-loading Graphic Data 구성 방식
계통과 관련된 text 정보를 갖고 있는 vsc 파일을 로드하여 반자동으로 계통도를 구성하는 것이다. 가령 14

모선의 계통 데이터 정보를 가지고 있는 파일을 열 경우, 첫 번째 Bus와 이와 연결된 Generator, Load, Shunt 등이 보여지게 된다. 그리고 이 Bus와 Line으로 연결관계에 있는 Bus는 baby-Bus로서 일반 Bus보다 작게 표현되어 역시 해당 Bus에 연결되어 화면에 나타나게 된다. 이러한 baby-Bus들을 마우스로 클릭할 경우, 그 baby Bus는 새로운 Bus로 생성되고, 여기에 연결된 요소들(Generator, Load, Shunt, Line, baby Bus)이 나타나게 된다. 계속하여 이러한 방법으로 baby-Bus를 클릭하면 완전한 계통도를 얻어낼 수 있다. [그림 2.3]을 보면 3 개의 Bus가 있고 그 중에 두 개의 Bus에 크기가 작은 baby-Bus가 두 개씩 붙어 있음을 알 수 있다.

이러한 방법이 계통도 구성을 위해 사용자의 손을 어느 정도 거쳐야 하는 것이 사실이지만, 계통 요소들에 대한 파라미터들의 입력 작업에 대한 사용자의 부담을 덜어준다는 면에서 매우 효과적이다. 실제로 이러한 방식을 이용하여 Graphic Data 구성 시 IEEE 14 모선에 대해서는 대략 1~2분 정도의 시간을 들여 빠르게 계통도를 작성할 수 있었다. 파라미터는 입력 text 데이터로부터 로딩되므로 Graphic Data에 정확히 반영되어 사용자가 걱정하지 않아도 된다.

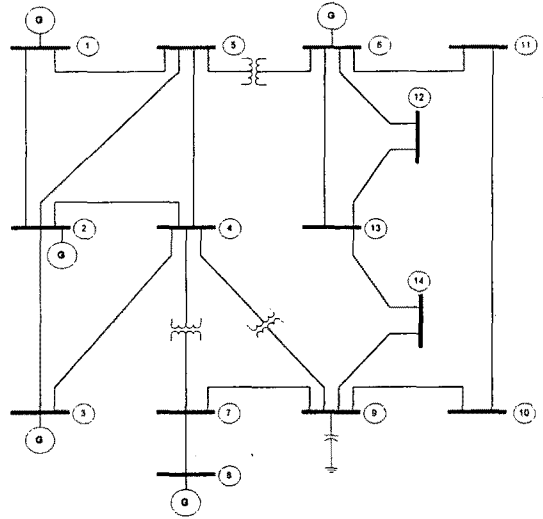
이러한 Graphic Data 구성은 실제통에도 적용이 가능하므로, 한 번 정도의 Text-loading Graphic Data 구성 방식으로 Graphic Data로서 저장을 하면, 지속적으로 Graphic Data의 유지가 가능하다. 계통의 변화가 있을 때에는 이러한 Graphic Data에 대해 약간의 수정을 가하면 된다. 이러한 방식은 계통해석 전문가는 물론이고 비전문가 및 초보자에게도 친숙하고 편리한 인터페이스를 제공할 뿐만 아니라, 실제적인 문제에도 적용이 가능함을 의미한다.



[그림 2.3] Text-loading Graphic Data 구성 방식

3. 사례 연구

[그림 3.1]과 같은 IEEE 14 샘플 계통에 대해 'Text-loading Graphic Data 구성 방식'을 적용하였다. [그림 3.1]에 대한 모선 입력 데이터와 선로 입력 데이터는 각각 [표 3.1], [표 3.2]와 같다. 이에 대해 조류계산 수행 시의 결과값은 [표 3.3]과 같았다. 조류계산의 해의 수렴여부는 이전에 만들었던 PSAC라는 프로그램과 비교하여 검증되었고 PSAC의 결과 화면은 [그림 3.2]와 같다. PSAC의 조류계산 모듈은 이미 검증을 마친 바 있고, 본 GPSS 프로그램은 이러한 조류계산 모듈을 사용하였기 때문에 본 Graphic Data가 조류계산 모듈로 안전하게 전달되었음을 알 수 있다.



[그림 3.1] IEEE 14 모선 시스템

모선 번호	타입	모선 이름	전압 (크기)	전압 (각)	유효 전력	무효 전력
1001	swing	swing0	1.002883	0	0	0
1002	발전	gen001	1.000249	-1.756623	21.7	12.7
1003	발전	gen002	0.997473	-5.808706	94.2	19
1004	부하	load01	0.977856	-5.304695	47.8	-3.9
1005	부하	load02	0.977350	-4.339234	7.6	1.6
1006	발전	gen003	1.001151	-6.828567	11.2	7.5
1007	부하	load03	0.994012	-6.550117	0	0
1008	발전	gen004	1.000498	-4.520014	0	0
1009	부하	load04	0.987976	-8.497136	29.5	16.6
1010	부하	load05	0.982174	-8.531564	9	5.8
1011	부하	load06	0.987640	-7.837204	3.5	1.8
1012	부하	load07	0.985501	-7.864143	6.1	1.6
1013	부하	load08	0.980196	-8.019548	13.5	5.8
1014	부하	load09	0.965209	-9.439442	14.9	5

[표 3.1] IEEE 14 모선 입력 데이터

Num	From	To	R	X	C	Ratio
1	1007	1009	0	0.11001	0	1
2	1009	1010	0.03181	0.0845	0	1
3	1006	1011	0.09498	0.1989	0	1
4	1006	1012	0.12291	0.25581	0	1
5	1006	1013	0.06615	0.13027	0	1
6	1009	1014	0.12711	0.27038	0	1
7	1010	1011	0.08205	0.19207	0	1
8	1012	1013	0.22092	0.19988	0	1
9	1013	1014	0.17093	0.34802	0	1
10	1001	1002	0.01938	0.05917	0.0528	1
11	1002	1003	0.04699	0.19797	0.0438	1
12	1002	1004	0.05811	0.17632	0.0374	1
13	1001	1005	0.05403	0.22304	0.0492	1
14	1002	1005	0.05695	0.17388	0.034	1
15	1003	1004	0.06701	0.17103	0.0346	1
16	1004	1005	0.01335	0.04211	0.0128	1
17	1005	1006	0	0.25202	0	0.932
18	1004	1007	0	0.20912	0	0.978
19	1007	1008	0	0.17615	0	1
20	1004	1009	0	0.55618	0	0.969

[표 3.2] IEEE 14 선로 입력 데이터

모선번호	타입	모선이름	전압크기	전압각
1001	swing	swing0	1	0
1002	발전	gen001	1	-1.73145
1003	발전	gen002	1	-4.57764
1004	부하	load01	0.981265	-4.07956
1005	부하	load02	0.980515	-3.20209
1006	발전	gen003	1	-3.51699
1007	부하	load03	0.994030	-4.09606
1008	발전	gen004	1	-1.04865
1009	부하	load04	0.986851	-6.0329
1010	부하	load05	0.980825	-5.92018
1011	부하	load06	0.986148	-4.88200
1012	부하	load07	0.984426	-4.61335
1013	부하	load08	0.978824	-4.82979
1014	부하	load09	0.963851	-6.66419

[표 3.3] IEEE 14 모선의 조류계산 결과

모선번호	모선이름	전압(크기)	전압(각)	모선유효전력	모선무효전력
1001	swing0	1.0000	0.0000	71.6964	-16.2267
1002	gen001	1.0000	-1.7315	18.3000	11.5903
1003	gen002	1.0000	-4.5776	-24.2000	13.5149
1004	load01	0.9813	-4.0796	47.8000	3.9001
1005	load02	0.9805	-3.2021	-7.6000	-1.5998
1006	gen003	1.0000	-3.5170	39.8000	-11.1962
1007	load03	0.9940	-4.0961	0.0000	0.0001
1008	gen004	1.0000	-1.0486	30.0000	4.1874
1009	load04	0.9869	-6.0329	-29.5000	-16.6000
1010	load05	0.9808	-5.9202	-9.0000	-5.8000
1011	load06	0.9861	-4.8820	-3.5000	-1.8000
1012	load07	0.9844	-4.6134	-6.1000	-1.6000
1013	load08	0.9788	-4.8298	-13.5000	-5.8000
1014	load09	0.9639	-6.6642	-14.9000	-5.0000

[그림 3.2] PSAC프로그램의 조류계산 결과 화면

4. 결론

본 논문에서는 그래픽에 기반한 GPSS 프로그램의 내용을 소개하였다. GPSS는 사용자가 직접 계통도를 그려나갈 수 있는 방법과, 기존에 만들어진 text만으로 이루어진 계통 데이터를 이용하여 계통도를 작성하는 방법 두 가지를 제공한다. 그 중에서 두 번째 방법인 'Text-loading Graphic Data 구성 방식'은 기존 text 데이터의 계통 요소들에 대한 파라미터들을 Graphic Data에 매핑시켜, 사용자의 추가적인 파라미터 입력 작업을 제거하여, 궁극적으로는 빠르고도 정확한 계통도의 작성이 가능하도록 하였다. 그리고 이러한 방식에 대해 IEEE14 모선을 적용한 결과, 실제계통에의 적용 가능성을 간접적으로 확인할 수 있었다 - IEEE 14계통도 작성시 1~2분 정도 걸림.

향후 GPSS의 보완할 내용을 열거하면 크게 Graphic 처리 기능과 Analysis 기능이다. 우선 Graphic처리에서 Power Flow와 같은 실시간 애니메이션 기능들의 적용이 바람직하다. 그리고 Power System Library를 다양화하고 사용자에게 더욱 친숙하고 직관적인 인터페이스를 제공하는 것이다. 두 번째로 Analysis 기능에

대한 보완작업으로서 현재까지는 Load Flow에 대해서만 수행되지만, Fault나 Stability 등의 지원도 고려되어야 할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] Glenn W. Stagg, Ahmed H. 띠-Abiad, "Computer Methods in Power System Analysis", McGraw-Hill Inc, 1968
- [2] Hadi Saadat, "Power System Analysis", WCB/McGraw-Hill, 1999
- [3] Joong-Rin Shin, "A Windows-based Interactive and Graphic Package For the Education and Training of Power System Analysis and Operation", IEEE Transactions on Power Systems, Vol.14, No.4, November 1999, p.1193
- [4] S. Islam and Nurul Chowdhury, "A Case-Based Windows Graphic Package for the Education and Training of Power System Restoration", IEEE Transactions on Power Systems, Vol.16, No.2, May 2001, p.181
- [5] Mark A. Deloura, "Game Programming Gems", Charles River Media Inc., 2001
- [6] John Levine, "Programming for Graphics Files In C and C++", John Wiley & Sons Inc., 1994
- [7] 이상엽, "Visual C++ Programming Bible Ver.6.x", 1998, 영진출판사
- [8] 김용성, "Visual C++ 6", 1998, 영진출판사

1) 본 연구진이 사용하는 파일은 vsc확장자의 파일인데, PSSE의 raw 파일을 vsc 파일로 변환하여 사용하고 있다.