

## 자바를 이용한 조류 계산 프로그램의 개발

곽상운, 김양일, 김재현  
국립 순천대학교 정보통신공학부

### The Development of Power Flow Program using Java Language

Sang-un Kwak, Yang-il Kim, Jaehyeon Gim  
School of Information & Communication Engineering, Suncheon National Univ.

**Abstract** - In this paper a computer program has been developed using IT technologies for load flow analysis. The program is written in the Java language for the platform and operating system independence. The software technique, such as Standard Widget Toolkit (SWT), Graphical Editing Framework (GEF), and Java web start, are used for the program. The program also has Graphical User Interface (GUI) to enable users to construct power system displays through simple mouse clicks and map directly into visual power system elements on the screen. The input data of the elements of power system can be entered on the screen. The results of the program can be checked on the screen.

#### 1. 서 론

조류계산은 전력계통에서 전력의 흐름을 해석하는 것으로 전력계통의 운용 및 확충을 위한 계획 수립에 있어 필수적인 것이다. 최근 전력계통 해석 프로그램의 개발의 추세는 가독성이 좋고, 확장성과 적용성이 우수한 객체 지향 기법을 도입하고 있으며[1], IT 기술의 발달로 웹 기반 프로그램[2]과 GUI(Graphical User Interface)를 적용하고 있다.[3]

그러나, 기존의 웹 기반 조류계산 프로그램은 HTML(Hyper Text Markup Language)의 한계 때문에 복잡한 입출력 구조를 처리하기 어려울 뿐만 아니라 다량의 자료 처리가 쉽지 않고 전송된 자료가 쉽게 브라우저를 통해 노출되기 때문에 보안성이 떨어지는 단점이 있다. 또한 트랜잭션마다 Image, HTML, 데이터가 함께 다운로드 됨으로써 처리속도가 저하된다. 특히 조류계산 프로그램의 경우 모선증가에 따라 그 계산의 양이 기하급수적으로 증가하기 때문에 서버 부하의 증가로 접속 지연 및 불가능 상태에 빠질 수 있다. 이러한 웹 애플리케이션의 속도 저하 문제와 사용자 인터페이스의 한계를 극복하고 클라이언트/서버 환경의 유연한 사용자 인터페이스를 그대로 웹에 적용하기 위해 자바 웹 스타트(Java Web Start) 기법을 적용하였으며, SWT(Standard Widget Toolkit)와 GEF(Graphical Editing Framework)를 이용하여 그래픽 사용자 인터페이스(GUI)를 구현하였다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 자바 GUI 기반 조류계산 프로그램

웹 기반 프로그램의 한계를 극복하고 GUI를 적용하기 위해 그림 1과 같이 웹 서버와 자바 애플리케이션 서버로 시스템을 구축하고 인터넷을 통해 프로그램을 실행할 수 있도록 자바 웹 스타트 기법을 적용하였으며, GUI 구현에 SWT 라이브러리를 사용하였다.

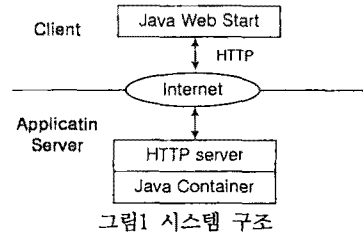


그림1 시스템 구조

일반적으로 자바를 이용하여 GUI 프로그램을 작성할 경우 AWT(Abstract Window Toolkit)나 Swing을 사용하여 개발한다. 자바로 개발한 프로그램은 모양이 너무나 투박하거나 아니면 속도적인 측면에서 너무 느리다는 단점이 있다. 그러나 AWT나 Swing을 사용하여 개발했던 이런 GUI 프로그래밍의 단점을 보완하여 새롭게 나타난 틀이 바로 SWT이다. IBM Eclipse 프로젝트에서 새롭게 선보인 SWT는 자바로 만든 것이 아닌 것처럼 깔끔한 외모와 속도를 자랑한다.

Swing이 코드를 해석해서 운영체제의 그래픽 API를 이용해 그리는 반면에 SWT는 그림 2와 같이 운영체제가 지원하는 라이브러리(native interface)가 있다면 그 라이브러리를 사용하고 없다면 SWT 라이브러리를 통해 직접 운영체제 그래픽 장치를 이용해 그린다.

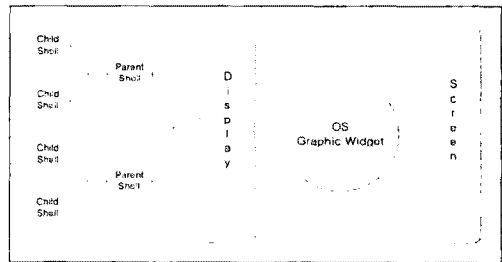


그림 2 SWT의 구조

SWT는 레이어(Layer)로 모든 작업을 처리함으로써 표1과 같이 속도와 메모리 절약의 효과가 있다.

표 1. AWT, Swing, SWT 비교표

	이식성	표현능력	속도	메모리
AWT	중간		중간	중간
Swing	좋음		느림	많이 소모
SWT	좋음		빠름	적게 소모

##### 2.1.1 자바 웹 스타트

자바 웹 스타트는 한번 클릭으로 자바 애플리케이션을

쉽게 수행시킬 수 있는 환경으로 자바가 추구하던 사상 즉 '언제 어디서나 같은 코드로서 쉽게 접근하고 강력한 기능을 발휘하는 언어'라는 강점을 유감없이 발휘할 수 있는 기술이다.

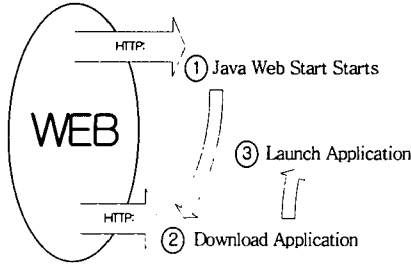


그림 3 자바 웹 스타트의 구조

자바 웹 스타트는 기존의 웹 환경의 한계점을 뛰어 넘어 네트워크를 통해 자유롭게 풍부하고 강력한 응용프로그램을 실행시킬 수 있으며, 버전 및 배포 관리를 자동으로 수행하는 JNLP(Java Network Launching Protocol)을 기반으로 하여 편리함으로써 기존의 자바 애플릿 등의 보안상에 단점을 해결하는 새로운 개념의 자바 배포 기술이다. 그림 3은 자바 웹 스타트의 기본적인 구조를 나타낸 것으로 인터넷을 통해 자바 응용 프로그램을 실행할 수 있다.

### 2.1.2 Graphical Editing Framework(GEF)

GEF은 이클립스 툴 프로젝트의 일부로 CAD, UML Diagram 에디터 같은 그래픽 에디터를 개발할 수 있는 툴이다. GEF은 Draw2d와 gef의 두가지 플러그인으로 구성되어 있으며, Draw2d는 그래픽을 디스플레이하기 위한 레이아웃과 표현 도구를 제공한다.[4-5]

Draw2d 객체는 그림 4와 같이 SWT Composite, Lightweight System으로 이루어져 있고, Figure는 Draw2d의 그래픽 블록이다.

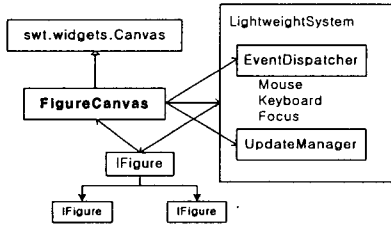


그림 4 Draw2d의 구조

### 2.2 조류계산 알고리즘

조류계산을 위한 수치 계산법은 뉴턴 랩슨(Newton-Raphson)법과 가우스 자이텔(Gauss-Seidel)법이 주로 사용되고 있다. 본 논문에서 2차의 빠른 수렴특성을 가지고 있는 뉴턴 랩슨법을 적용하였으며, 극좌표 형식전력방정식은 식(2.1), (2.2)와 같다.

$$P_k = E_k \sum_{m=1}^n Y_{km} E_m \cos(\delta_{km} - \theta_{km}) \quad (2.1)$$

$$Q_k = E_k \sum_{m=1}^n Y_{km} E_m \sin(\delta_{km} - \theta_{km}) \quad (2.2)$$

위의 전력방정식을 뉴턴 랩슨법에 적용하면 식 2.3과 같은 자코비안 행렬을 얻을 수 있다.

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = [J] \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta E \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

그림 5는 뉴턴 랩슨법을 순서도로 나타낸 것이다. 자코비안 행렬의 역행렬로 전압 편차를 계산하고 새로운 전압 수렴값을 구하여 허용 오차 범위 내에 수렴할 때까지 반복 계산한다. 자코비안 행렬의 역행렬 계산에는 LU분해법을 적용하였고 계산 속도를 증진하기 위해 최적 순서 기법을 이용하였다.

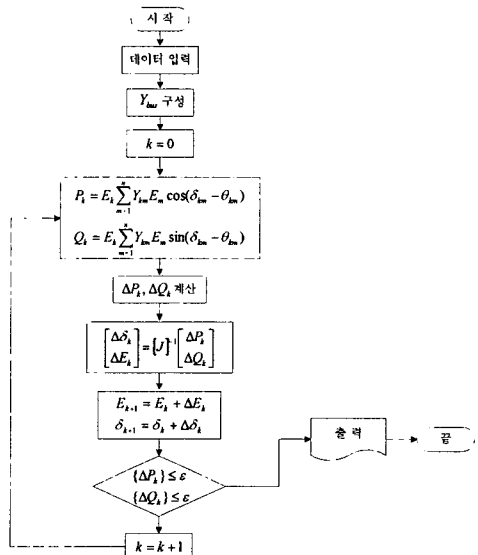


그림 5 조류계산의 순서도

### 2.3 프로그램 구조

본 논문에서 개발한 프로그램은 그림 6, 7과 같이 비주요 구성요소로 전력계통의 각각의 요소를 표현하고 데이터를 입력할 수 있으며, 계통의 구성요소를 표현하기 위한 모듈과 조류계산을 위한 모듈로 구성되어있다.[6]

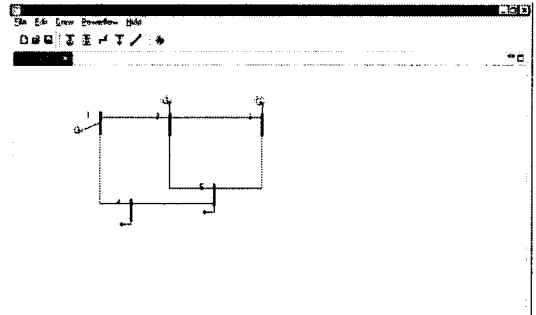


그림 6 계통 구성의 예

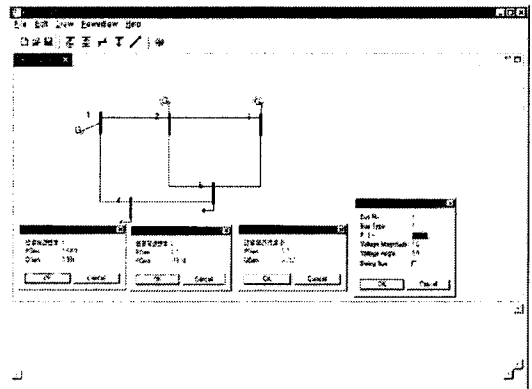


그림 7 데이터 입력의 예

전력계통의 구성요소는 입력 받은 계통 구성 정보를 가지고 있으며 조류계산 시 필요한 데이터를 반환한다. 조류계산을 위한 모듈은 그림 8과 같은 클래스 구조로 이루어져 있으며, 전력계통 클래스는 모션 리스트와 브랜치 리스트를 멤버 변수로 가지고 있어 조류 계산 시 계통 구성요소의 정보를 각 클래스로부터 가져온다.

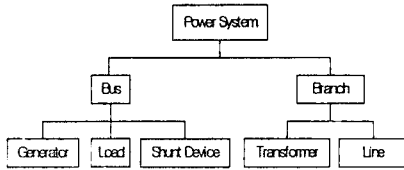


그림 8 조류계산 프로그램의 구조

### 2.3 결과 검증

본 논문에서 개발한 프로그램을 검증하기 위하여 그림 9와 같은 IEEE 9모션 계통을 이용하였으며 조류계산의 결과는 PSS/E 프로그램과 비교하였다.

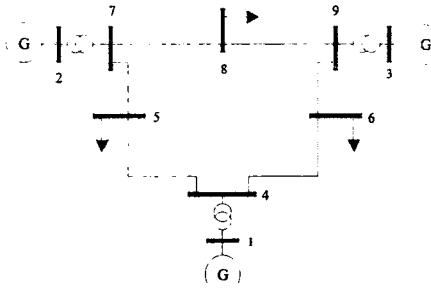


그림 9 IEEE 9모션 시스템

그림 10, 11은 본 논문에서 개발한 프로그램으로 9모션 계통을 구성하고, 조류계산을 수행한 화면이다.

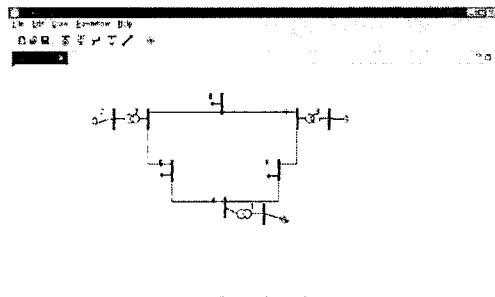


그림 10 9모션 계통 구성 화면

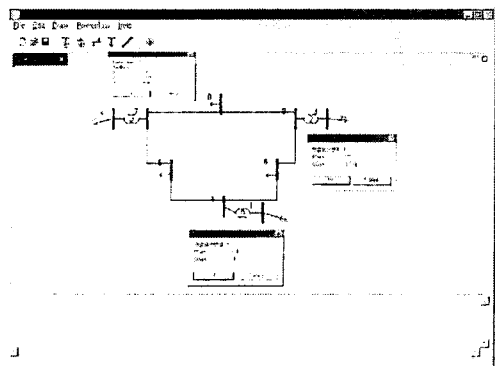


그림 11 9모션 계통의 조류계산 실행 화면

표 2와 3은 PSS/E와 본 논문에서 개발한 프로그램의 조류계산 결과로서 오차가 적어 정확한 계산이 이루어졌음을 확인할 수 있다.

표 2. 각 조류계산 결과(PSS/E)

Bus No.	Voltage	Generation		Load	
		[MW]	[Mvar]	[MW]	[Mvar]
1	1.000	71.95	24.07		
2	1.000	163.0	14.46		
3	1.000	85.0	3.65		
4	0.987				
5	0.958			125.0	50.0
6	0.975			90.0	30.0
7	0.996				
8	0.986			100.0	35.0
9	1.003				

표 3. 조류계산 결과(자바 프로그램)

Bus No.	Voltage	Generation		Load	
		[MW]	[Mvar]	[MW]	[Mvar]
1	1.000	71.9	24.1		
2	1.000	163.0	14.4		
3	1.000	85.0	3.7		
4	0.987				
5	0.958			125.0	50.0
6	0.975			90.0	30.0
7	0.996				
8	0.986			100.0	35.0
9	1.003				

### 3. 결 론

본 논문에서 개발한 조류계산 프로그램은 기존의 웹 기반 조류계산 프로그램의 단점인 속도 저하 및 사용자 인터페이스의 한계를 극복하기 위해 자바로 프로그램을 작성하고 자바 웹 스타트 기법과 자바 기반 GUI를 적용하였다. 이는 네트워크를 통해 손쉽게 실행할 수 있는 웹의 장점과 사용자 인터페이스를 제공하는 클라이언트/서버 환경의 장점을 동시에 구현한 것으로 조류계산 프로그램을 개발하는데 있어 새로운 방법을 제시하였다. 향후 다양한 계통해석 기능의 추가 및 인터페이스를 개선하여 교육용이나 계통해석 프로그램으로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

### [참 고 문 헌]

- [1] Neyer, A.; Wu, F.F.; Imhof, K.; "Object-oriented programming for flexible software: example of a load flow" Power Systems, IEEE Transactions on Volume 5, Issue 3, Page(s):689 - 696, Aug. 1990
- [2] Foley, M.; Bose, A.; Mitchell, W.; Faustini, A.; "An object based graphical user interface for power" systems" Power Systems, IEEE Transactions on Volume 8, Issue 1, Page(s):97 - 104, Feb. 1993
- [3] Schaffner, C.; "An Internet-based load flow visualization software for education in power engineering" Power Engineering Society Winter Meeting, 2002. IEEE, Volume: 2, 27-31, Pages:1415 - 1420 vol.2, Jan. 2002
- [4] IBM Corporation, "The Graphical Editing Framework" Eclipse Con 2004, February, 2004
- [5] Matthew Scarpio, Stephen Holder, Stanford Ng, Laurent Mihalkovic, "SWT/JFace In Action" MANNING, 2005
- [6] 박상운, "자바를 이용한 조류계산 프로그램의 개발", 순천대학교 석사논문, 2005