

論文99-36T-9-12

매프랩을 사용한 윈도우 구동형 EMTP 패키지의 개발

(The Development of Window Operating EMTP Package Using Matlab)

李 在 容 *

(Jae-Yong LEE)

요 약

기존의 포트란-77로 작성된 EMTP(전자기 과도현상 해석 프로그램)는 폐쇄적인 구조로 되어 있을 뿐 아니라, 낮은 수준의 데이터 관리에서부터 실제적인 수치적 풀이에 이르기까지 그 기능을 만족하기 위하여 많은 양의 코드수를 사용하기 때문에, 수치적인 풀이의 프로그램화는 회색 되어지고, 시각화는 거의 불가능하다. 그래서, 프로그램 모듈의 관리나 개발에 있어서 많은 어려움이 있다. 본 논문에서는 매프랩과 비주얼 C++을 사용하여 EMTP의 재개발을 위해 적합한 새로운 디자인 아이디어를 제안하고, 윈도우 환경에서 구동하는 새로운 EMTP 패키지의 개발을 제시한다. 이 패키지는 전기회로에서 과도현상의 해석을 위한 매프랩 계산 엔진과 그래픽 사용자 인터페이스 기능을 가진다.

Abstract

The existing EMTP(Electromagnetic Transients Program) is written by FORTRAN-77, has a closed architecture and uses a large number of code lines to satisfy requirements ranging from low level data manipulation to the actual solution mathematics which eventually become diluted and almost impossible to visualize. Thus has a difficulty in the development and maintenance of its program module. This paper proposes a new design idea suitable for a re-development of EMTP using the MATLAB and VISUAL-C++, which presents the development of the new EMTP package is operated in the window environment. The package has the GUI(Graphic User Interface) ability, and the MATLAB computation engine for an analysis of a transient state in an electric circuit.

I. 서 론

기존의 EMTP의 설계 방법은 회로망 구성요소의 모델링과 데이터 관리 과정에서부터 행렬 운영 및 회로망 해석 알고리즘에 이르기까지, 전문적이고 경험이 많

은 개발자의 상세한 서술에 의해 만들어진 숨겨진 모듈모듈 방식이라는 고전적인 프로그래밍 기법에 기초로 하기 때문에, 프로그램의 재개발이나 관리 및 유지보수의 관점에서 어려움을 가지고 있다. 더욱이, 기존의 FORTRAN-77로 만들어진 EMTP는 방대한 양의 코드로 인한 시각화의 어려움으로, 변화하는 컴퓨터 환경에서 그것의 해석 효율 갱신과 계산 속도를 향상시킬 수 있는 최신의 알고리즘 아이디어의 접목을 어렵게 하고 있다.

* 正會員, 嶺南理工大學 電氣科

(Dept. of Electricity, Yeungnam College of Science & Technology)

※ 본 연구는 1997학년도 영남이공대학의 연구조성비 지원에 의하여 수행 되었음.

接受日字:1999年7月26日, 수정완료일:1999年8月30日

최근의 전력계통 해석을 위한 소프트웨어 패키지가 해석 효율을 높이기 위해서, 대부분의 PC 구동 환경인 윈도우 환경에서 데이터의 입출력을 쉽게 할 수 있는

그래픽 인터페이스 기능을 제공하는데 비해, 기존의 MS-DOS 환경에서 구동되는 EMTP는 데이터의 입력 구조가 복잡하고, 출력 데이터의 분석이 어렵다.

그래서, 기존의 EMTP 알고리즘의 직접적인 접근을 통한 그래픽 입출력환경 구축의 어려움으로 인하여, 최근에는 그래픽 입출력 기능의 윈도우를 독립적으로 구성하고, EMTP와 연계하여 해석 효율을 높일 수 있는 ATP/Salford의 사용이 늘고 있을 뿐 아니라, UNIX 환경에서 이보다 좀더 그래픽 입출력이 편리한 EMTDC/PSCAD의 사용 또한 증가하는 추세이며, 그 교육적 효과는 국내외적으로 입증된 바 있다.^[4-5]

그래서, 최근의 연구는 수치해석적으로 광범위하고 효율적인 함수를 제공하고, 다른 패키지와의 뛰어난 호환성을 가지는 맷랩을 사용하여 기존의 과도현상 해석을 위한 프로그램 모듈을 재개발하거나,^[1] 기존의 EMTDC/PSCAD에 맷랩 계산 엔진을 인터페이스하여 좀더 효율적인 과도 해석용 소프트웨어 패키지를 개발하려는 연구가 증가하고 있다.^[2-3]

본 논문에서는 기존의 EMTP의 문제점을 해결하기 위한 재개발 기법으로, 계산효율의 향상과 프로그램 모듈의 시각화를 위한 과도현상 해석 알고리즘의 맷랩 적용기법을 제안하고, 비주얼 C++를 사용하여 맷랩 파일을 계산엔진으로 사용하고, 윈도우 환경에서 구동되는 그래픽 입출력 기능의 패키지에 대한 개발 기법을 제안한다.

II. 새로운 EMTP 소프트웨어 패키지 개발 기법

본 논문에서 개발된 패키지는 그래픽 윈도우 환경의 설계와 그래픽 입출력 기능 및 프로그램 코드 관리 기능이 뛰어난 비주얼 C++를 사용하여, 회로의 그래픽 입력 및 데이터 편집 기능과 해석 결과의 그래픽 출력 기능을 구현하였다. 그리고, 맷랩에서 제공하는 수치 해석 함수를 사용하여 회로 변화에 따른 과도현상의 계산 알고리즘을 문계-쿠타법으로 구현하였으며, 맷랩-컴파일러의 컴파일 옵션을 사용하여 맷랩 파일의 계산 속도를 증가시키고, 윈도우 환경에서 실행 가능한 파일로 변환하였다.^[6]

그리고, 이 실행파일을 패키지의 윈도우에 연결함으로써, 맷랩 환경이나 C++ 컴파일러 환경과는 독립적으로 윈도우 환경에서 구동되는 새로운 EMTP 패키지

를 개발하였으며, 그 개발 구조는 그림 1과 같다.

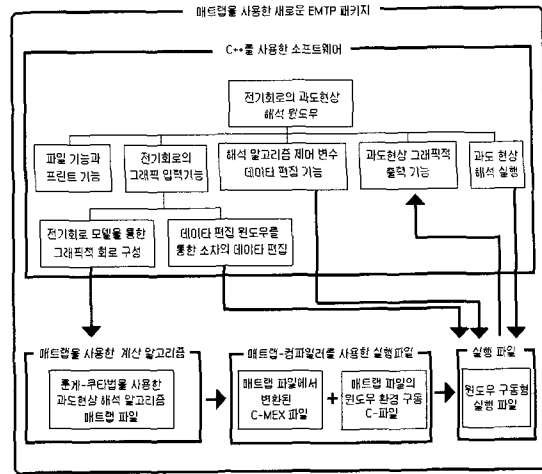


그림 1. 새로운 EMTP의 개발 구조

Fig. 1. The structure for the development of the new EMTP.

III. 비주얼 C++를 사용한 EMTP의 그래픽 환경 구현

본 논문에서는 윈도우 환경에 대한 세부적인 지식 없이 윈도우 운영체제에서 동작되는 GUI (Graphic User Interface) 환경을 쉽고 강력하게 만들 수 있는 프로그래밍 언어인 비주얼 C++를 사용하여^[8], 그림 2와 같은 윈도우 환경을 구현하였다.

그림 2의 그래픽 환경 패키지에서 과도현상 해석을 위한 전기회로의 그래픽적 입력과정은 다음과 같다.

그래픽 환경에서 마우스를 사용하여, 그래픽 입력 메뉴의 팝업메뉴인 회로소자모델 메뉴를 클릭하면 나타나는 전기회로 구성소자의 그래픽 모델을 선택하고, 윈도우 환경에서 두고자 하는 위치를 클릭하면, 윈도우 환경에 전기회로의 소자가 그래픽적으로 나타나고, 선택된 소자의 이미지와 위치를 데이터 형식으로 가지고, 이에 대한 접근함수를 포함하는 독립적인 프로그램 모듈인 객체^[9]가 생성되어, 패키지의 그래픽 환경에서 마우스에 의한 인식을 가능하게 하였다.

각 소자의 데이터 입력이나 편집은 소자의 그래픽 모델의 위치를 클릭하면 나타나는 다이얼로그 박스에서 수행되는데, 그림 2에서 L의 데이터 편집 박스는 소자번호와 소자의 값, 출력 윈도우 번호를 지정하고, 출력내용을 선택할 수 있고, 그림 2의 하단에 있는 컨트롤

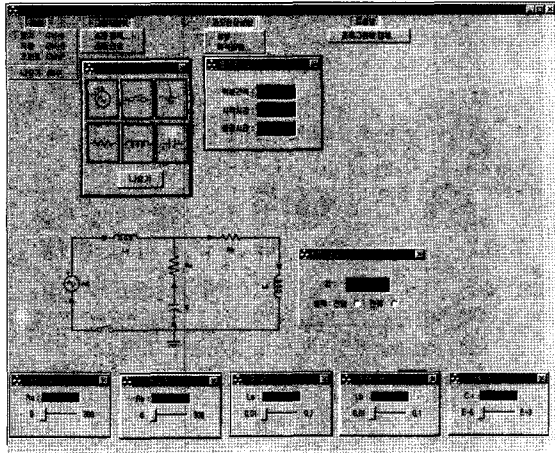


그림 2. 과도현상 해석용 패키지의 그래픽 윈도우 환경
Fig. 2. The graphic window environment for the new EMTP.

를 박스에서 마우스를 사용하여 각 소자 값을 쉽게 변화시킬 수 있다.

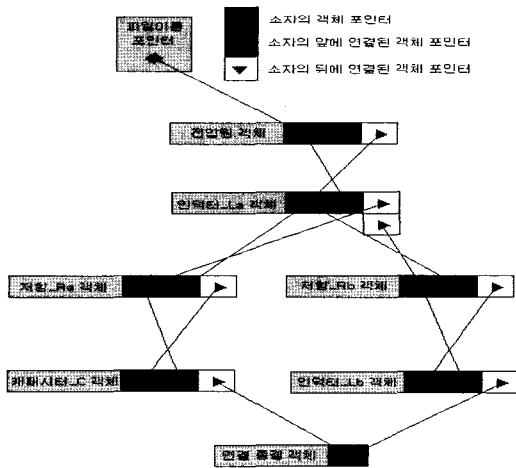


그림 3. 전기회로의 연결 객체 구성
Fig. 3. The structure of the electric circuit in the connection object.

그리고, 소자의 그래픽 입력이 끝난 후, 팝업메뉴인 회로소자연결 메뉴를 선택하고, 연결할 각 소자의 그래픽 위치를 클릭하면, 두 개의 그래픽 소자는 자동적으로 연결되며, 연결데이터는 각 소자 객체의 데이터로 저장되고, 팝업메뉴인 회로도완성 메뉴를 선택하면, 이 객체의 연결 데이터로 회로 구성도를 인식하여^[9], 입력 그래픽 회로에 일치하는 매트랩 해석 파일을 실행할

수 있는 포인터를 생성한다. 그림 2의 전기회로의 구성을 표현하기 위한 각 소자 객체의 구성도는 그림 3과 같다.

본 논문의 해석 방법은 룬계-쿠타법으로 지정하였는데, 다른 해석방법의 첨가도 쉽게 구현할 수 있으며, 그 해석 데이터는 패키지에서 과도현상 해석 메뉴의 팝업 메뉴인 해석데이터 메뉴에서 적분시간간격, 해석시작시간 및 해석종결시간 데이터를 편집할 수 있다.

IV. 매트랩을 사용한 EMTP의 계산 엔진 구현

패키지에서 입력한 전기회로의 과도현상 해석을 위한 룬계-쿠타 풀이법을 매트랩에서 제공하는 함수를 사용하여, 쉽고 간단하게 구현할 수 있다.^[7]

전기회로의 과도현상 상태는 식(1)과 같은 미분 방정식으로 나타나고, 이 식을 풀기 위한 룬계-쿠타기법의 적용은 식(7)로 나타난다.

$$y' = f(y, t) \tag{1}$$

$$k_1 = hf(y_n, t_n) \tag{2}$$

$$k_2 = hf(y_n + k_1/2, t_{n+1/2}) \tag{3}$$

$$k_3 = hf(y_n + k_2/2, t_{n+1/2}) \tag{4}$$

$$k_4 = hf(y_n + k_3, t_{n+1}) \tag{5}$$

$$y_{n+1} = y_n + \frac{1}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4) \tag{6}$$

식(1)의 비선형 형태의 미분방정식이 식(7)과 같은 선형 형태로 표현되면, 식(2)에서 식(6)까지의 룬계-쿠타 적용기법은 식(8)에서 식(12)와 같은 형태로 변화된다.

$$y' = My + S \tag{7}$$

$$k_1 = h[M(y_n) + S] \tag{8}$$

$$k_2 = h[M(y_n + k_1/2) + S] \tag{9}$$

$$k_3 = h[M(y_n + k_2/2) + S] \tag{10}$$

$$k_4 = h[M(y_n + k_3) + S] \tag{11}$$

$$y_{n+1} = y_n + \frac{1}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4) \tag{12}$$

그림 2에서 입력한 전기회로의 과도현상 해석을 위해서 식(8)에서 식(12)를 적용한 매트랩 파일은 그림 4와 같다.

```

% 0<t<0.01 초에서만 a(t)=1인 단위 펄스파 입력 전원
M=[ -Ra/La, Ra/La, -1/(La*C); Ra/Lb, -(Ra+Rb)/Lb, 1/(Lb*C); 1, -1, 0]
S=[0 0 0]; x=[0 0 0]; % 초기 조건
h=0.00005; % 적분 시간 간격
for n=1:MAX % 해석 시간
    t=(n-1)*h;
    S=[1/La; 0 0];
    if t>0.001, S=[0 0 0]; end
    k1=h*(M*x+S);
    k2=h*(M*(x+k1/2)+S);
    k3=h*(M*(x+k2/2)+S);
    k4=h*(M*(x+k3)+S);
    x=x+(k1+k2*2+k3*2+k4)/5;
end
    
```

그림 4. 과도현상의 해석을 위한 매트랩 파일
Fig. 4. The MATLAB file for EMTP.

그림 4에서 나타난 매트랩 파일은 매트랩에서 제공하는 행렬 및 벡터 운영 등의 수치 계산기능을 이용하여 계산 알고리즘을 쉽고 간단하게 구현할 수 있으며, 알고리즘의 시각화가 가능하다.

V. 매트랩-컴파일러를 사용한 계산엔진의 라이브러리화

본 논문에서 개발한 패키지는 입력되는 다양한 전기 회로 각각에 대한 과도현상 계산 알고리즘을 매트랩 파일로 작성하여, 이 파일을 매트랩-컴파일러를 사용하여 C-MEX 파일로 변환하고, 그 파일이 윈도우 환경에서 구동되도록 작성된 윈도우용 C-파일과 연결하여 하나의 실행파일로 생성하였다. 그리고 이 실행 파일을 C++로 개발된 그래픽 입출력 윈도우와 연결함으로써, 매트랩 환경과는 독립적으로 구동하는 과도현상 해석 패키지의 계산 엔진으로 라이브러리화 하였다.

본 논문에서는 매트랩 파일을 컴파일 할 때, 매트랩-컴파일러의 옵션 선택으로 모든 데이터를 실수 형태로 선언하고, 행렬 한계 점검을 생략하는 등의 최적화 기법을 사용함으로써, 매트랩-파일의 동작 시간을 매트랩 환경에서보다도 더욱 향상 시켰다.^[6]

VI. 개발된 패키지를 사용한 전기회로의 과도현상 해석

본 논문에서 개발된 패키지에서, 그림 2의 전기회로를 그래픽으로 입력하고, 표 1의 전기회로 구성요소와 과도현상 해석 데이터를 각각의 데이터 입력 윈도우를

사용하여 입력하고, La, Rb, C 소자에 흐르는 I1, I2, I3 전류를 해석한 결과를 그림 5에서 나타내었다.

표 1. 전기회로(I)의 과도현상 해석 데이터
Table. 1. Data of EMTP in the circuit (I).

구분	값	구분	값
전압원	$e(t) = \sin \omega t$ [V]	Ra	200[Ω]
주파수	60[Hz]	Rb	20[Ω]
적분간격	0.00005[sec]	La	0.01[H]
해석시간	$0 \leq t \leq 0.02$	Lb	0.5[H]
전류초기치	$i_1(0) = i_2(0) = i_3(0) = 0$	C	0.002[F]

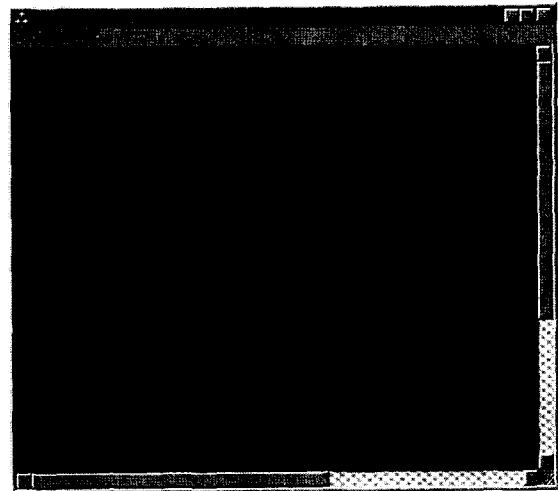


그림 5. 개발된 패키지에서 각 소자의 전류
Fig. 5. The current value of each element in new EMTP.

그림 6의 입력한 전기회로를 표2의 데이터를 사용하여, 개발된 패키지의 환경에서 두 전원 단자에서 전압 해석 결과를 그림 6에서 나타내었다.

표 2. 전기회로(II)의 과도현상 해석 데이터
Table. 2. Data of EMTP in the circuit(II).

구분	값	구분	값
전압원	$e(t)=5\cos 2t$ [V]	Ra	0.50[Ω]
전류원	$i(t)=5\cos 2t$ [V]	Rb	1.00[Ω]
적분간격	0.00005[sec]	La	0.25[H]
해석시간	$0 \leq t \leq 4$	Lb	0.50[H]
전압 초기치	V1(0)=0	Ca	0.50[F]
전압 초기치	V2(0)=0	Cb	1.00[F]

Ⅶ. 결론

본 논문에서 제시하는 EMTP 패키지의 개발 방법은 매트랩에서 제공하는 수치해석 기능을 사용하여 과도 현상을 해석하기 위한 계산 알고리즘을 설계함으로써, 프로그램의 유지 및 관리 기능이 뛰어날 뿐 아니라, 새로운 알고리즘 아이디어의 접목을 쉽게 하여 그 개발 비용을 줄였고, 매트랩 컴파일을 사용하여 매트랩 파일을 컴파일 함으로써, 그 실행 속도를 증가시킬 뿐 아니

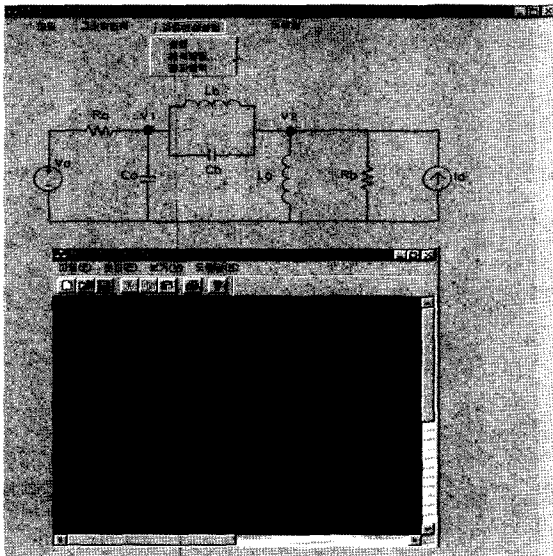


그림 6. 개발된 패키지에서 두 단자의 전압
Fig. 6. The voltage value of two terminal in new EMTP.

라, 과도현상 해석 알고리즘의 라이브러리를 실현하였다. 그리고, 비주얼 C++에서 제공하는 윈도우 개발 기능과 그래픽 기능을 사용하여 윈도우환경에서 구동되는 그래픽 인터페이스 기능을 개발함으로써, 그 사용과 해석 효율을 증가시켰다.

본 논문에서 개발된 패키지는 간단한 전기회로로 제한되지만, 복잡한 회로 해석을 위한 효율적인 해석 알고리즘의 개발에 대해 현재 연구 중에 있으며, 그 완성으로 인해 전기회로와 과도현상 해석에 대한 교육용 실험장비가 절대적으로 부족한 현시점에서 해석 시뮬레이터로서의 효용성이 기대된다.

참고 문헌

[1] J. Mahseredjian, F. Alvarado, "Creating an Electromagnetic Transient Program in Matlab : MatEMTP", Paper 96 WM 098-4 PWRD, 1996 IEEE/PES Winter Meeting, Baltimore, pp. 337-344, January 21-25.

[2] A. M. Gole, A. Daneshpooy, "Towards Open Systems A PSCAD/EMTDC to Matlab Interface", International Conference on Power Systems Transients (IPST97), seattle, pp. 145-149, June, 1997.

[3] A. Daneshpooy, A. M. Gole, "Linking a Computational Engine to an Electromagnetic Transient Program", Second International Conference on Digital Power System Simulators (ICDS'97), Montreal, Quebec, Canada, Proceedings, pp. 143-147 May, 1997.

[4] A. M. Gole, O. B. Nayak, T. S. Sidhu, M. S. Saxhdev, "A Graphical Electromagnetic Simulation Laboretory for Power Systems Engineering Programs", IEEE Trans PS, Vol. 11, No. 2, pp. 599-606, May 1996.

[5] 신정훈, 백영식, "EMTDC의 학부실험도입 운용사례", 8차 EMTP WORKSHOP, pp. 63-77, 1993년 3월.

[6] The MATH WORKS Inc, MATLAB Compiler, 1998.

[7] Shoichiro Nakamura, Numerical Analysis and Grahica Visualization with Matlab, Prentice Hall, 1996.

[8] 이정규, 비주얼 C++ 제대로 활용하기, 민음사, 1998.

[9] 이재용, 백영식, "객체지향 프로그래밍 기법을 이용한 전력계통의 고장진단 시스템에 관한 연구", 전기학회 논문지, Vol.44, No.4, pp. 401-408, 99년 4월.

저 자 소 개



李在容(正會員)

1966년 10월 10일생. 1991년 경북대 공대 전기공학과 졸업. 1993년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 현재 영남이공대학 전기과 조교수.