

# 영상 및 도면의 자동 입력 방식에 의한 전자장 해석 프로그램 개발

The development of the electromagnetic field analysis program using auto-input method of images and drawing

위 상 봉\*, 김 기 범\*\*

Sang-Bong Wee\*, Ki-Beom Kim\*\*

## 요 약

종래의 제품 설계 예측 기술은 분석대상의 도면이 없거나, 분석대상이 형태가 복잡하여 도면 입력이 쉽지 않은 경우에 정확한 물리적 특성을 파악할 수 없다는 문제점을 가진다. 분석대상의 도면이 있더라도 이를 프로그램에 맞게 다시 직접 입력해야 한다는 번거로움을 가지고 있다. 이러한 문제를 해결하고자, 보다 도면입력을 용이하고 설계 시간을 단축시킬 수 있는 방법을 제시한다. 본 연구에서는 분석 대상의 물리적 특성을 판단하는데 있어서, 분석 대상을 포함하는 영상의 종류에 관계없이 분석이 가능하고 분석대상이 포함하는 색상정보를 이용한 물리적 특성 판단 방법 및 그 기술을 전자장 해석 프로그램과 접목시킨다. 색상 정보를 이용한 물리적 특성 판단 방법은 입력된 영상에 포함된 분석대상의 색상정보에 따라 서로 다른 색상정보로 설정하는 단계와, 그 분석대상의 색상정보에 따라 전자장의 물리적 특성을 분석하는 단계를 포함한다. 본 연구는 기존의 프로그램에 적용된 사례가 발견되지 않으므로, 경쟁력 있는 소프트웨어 개발에 기본 개념을 제공할 것으로 기대된다.

**Key Words** : electromagnetic field analysis, auto-input method, image processing

## ABSTRACT

If blueprint of analysis objects is not exist or this blueprint complexes, previous prediction techniques for product design have a problem that do not identify the exact physical characteristics. Even if target for analysing exists, transforming into a format that is supported by the program is a troublesome. To solve these problems, this thesis explains method for easily inputting design drawing and reducing the time of product design. In determining the physical characteristics of the target, method using color information is applied with electromagnetic analysis software to enable the analysis without relation to input type. Methods using color information to identify physical characteristic include some procedures. The first step is to number each of the colors, these colors number information includes material eigenvalues corresponding to the color. Next step analysis electromagnetic phenomena according with color information.

---

\* 한국기술교육대학교 전기전자정보통신공학부 교수 (weesb@kut.ac.kr)

\*\* 한국기술교육대학교 전기전자정보통신공학부 전자공학과 (smiledawn@kut.ac.kr)

제1저자 (First Author) : 위상봉

교신저자 : 위상봉

접수일자 : 2011년 4월 29일

수정일자 : 2011년 6월 02일

확정일자 : 2011년 6월 12일

## I. 서론

현재 시중에 판매되고 있는 전자계 설계해석 프로그램은 미국 및 유럽의 여러 기술선진국에서 다년간 개발되어온 제품들이다. 반면 국내의 경우 이러한 프로그램들이 거의 전무한 실정이다. 전자계 해석에 있어서 외국과의 기술을 비교해 볼 때 Solver부분에선 기술차이가 거의 없는 반면 전/후 처리 부분에서 노하우 및 기술차이가 크다. 국내 소프트웨어 열악한 환경과 앞서 말한 전/후 처리 부분에서의 취약성 때문에 상용화를 목적으로 한 설계해석 프로그램의 개발이 거의 이루어지지 않고 있다. 이러한 이유로 전 처리 부분에서 국외 소프트웨어와 차별화된 기능을 가진 프로그램을 개발 알고리즘을 찾고자 한다.

## II. 이미지 영상 처리법

본 프로그램은 같은 색을 갖는 페곡면 내의 재질을 동일 재질로 해석한다. 이는 복잡한 도면의 전처리 과정을 단순화 시킨다. 추출한 이미지를 전자장 해석도면으로 사용하기 위해 색공간을 분할하여 그 구간의 값을 갖는 픽셀들을 동일재질로 인식하는 일련의 이미지처리과정이 필요하다. 기본적으로 픽셀은 RGB로 표현되며 각각 Red, Green, Blue 로 삼원색의 값을 나타낸다. 각각은 8비트씩 차지하며 3색이 합쳐 24비트를 이루며 8비트가 표현할 수 있는 범위는 0부터 255까지이다. 따라서 한 픽셀은 세 요소행렬로 표현되고  $n \times m$  크기의 이미지는 RGB의 정보를 담은 세 개의  $n \times m \times 3$ 크기의 행렬로 표현되며, [그림1]은 이미지의 픽셀이 RGB 3개의 행렬로 구성되는 예이다.

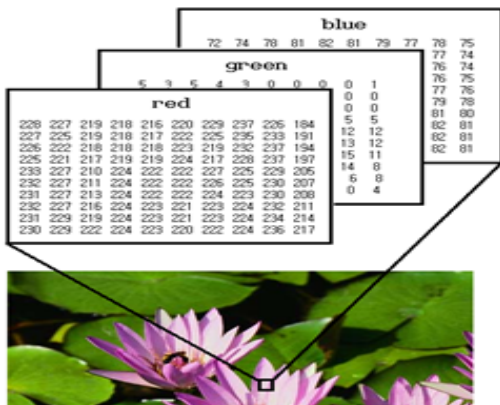


그림 1. 이미지의 데이터화  
Fig. 1. From Image to Data

이미지 파일의 경우 유사 계열의 색이라도 명암 및 채도로 인해 RGB의 값이 달라진다. 이를 보정하기 위해 사용자가 지정한 RGB범위 내에 존재하는 색상들을 같은 색으로 취급하는 과정이 필요하다. 다음 그림은 각각 RGB의 색공간을 4개의 구간으로 나누고자 할 경우의 예이며, 나뉜 각 구간의 대푯값은 그 구간의 최솟값으로 택하는 일련의 과정을 보여준다.

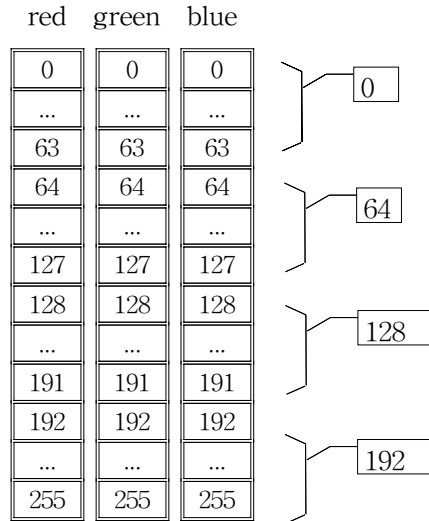


그림 2. 색 공간의 분할  
Fig. 2. Partitioning of color space

이러한 과정을 통해 다시 생성된 RGB 색공간에서 동일한 색상을 같은 재질로 취급하기 위해서는 같은 색상을 가지는 벡터 공간에 일련의 번호를 부여해야 한다. 분석대상을 구성하는 각 픽셀의 RGB 값에 따른 색상정보( $k$ )는 다음의 수식으로 계산된다.

$$k = R + n(G - 1) + nm(B - 1) \quad (1)$$

여기서,  $n$ 은 R공간의 색 분할 개수를  $m$ 은 G공간의 분할개수를 나타낸다, '수식(수식번호)'에서 동일한 정보를 가지는 구역은 동일한 재질로 판단한다.

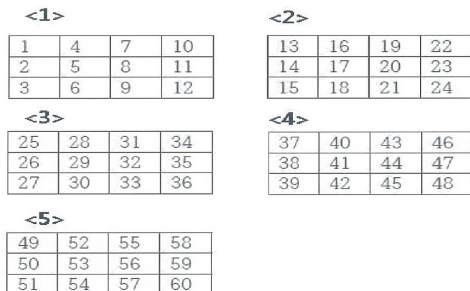


그림3. 색공간 번호를 표현하는 예  
Fig. 3. Example of color space number

[그림3]에서 각 표의 행의 개수는 R을 나눈 개수인 3개이고, 열의 개수는 G을 나눈 개수인 4개가 된다. 또한, B를 5개로 나눈 경우이므로 총 5개의 표가 생성된다. 예를 들어, (R,G,B)= (3,2,2)인 경우 [수식1.을 통해 색상정보(k)가 30이 된다.

2	2	3	3	4	4
2	5	5	7	7	4
2	5	5	7	7	4
2	6	6	1	1	4
2	6	6	1	1	4
2	2	3	3	4	4

그림4. 프로그램에 입력된 색상 구분 예  
Fig. 4. Example of Color-coded into the program

컴퓨터상에 [그림4] 형태의 그림이 입력되었을 때 입력된 색상을 7가지로 분류하고 각각 고유번호를 부여한 것을 보여준다. 즉, 같은 번호를 부여함으로써 동일색은 같은 특성을 가진 물질로 취급한다. 예를 들어 '3'의 번호를 가진 타일 중 하나에 비유전율 100을 입력하면 '3'의 번호를 가진 모든 타일들은 비유전율 100이 자동으로 입력된다. 이는 복잡한 형상을 가진 도형들을 해석할 때 동일한 재질을 같은 색으로 부여하면, 각각의 도형들에 일일이 값을 지정할 필요가 없다는 것을 의미한다.

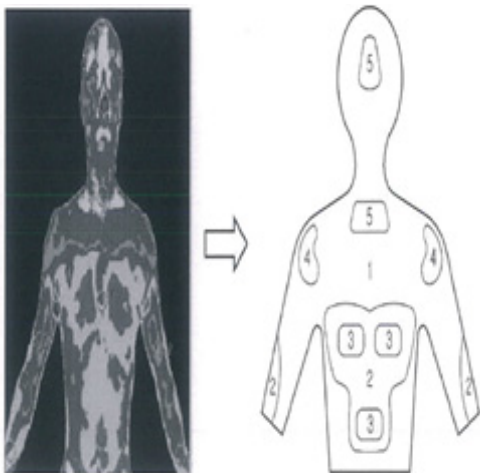


그림5. 인체 열 분포를 인식하는 예  
Fig. 5. Example of human heat distribution recognition

[그림5]의 경우는 몸의 열 분포에 따라 이를 컴퓨터가 몸에 분포되어있는 색상을 인식하는 예로, 열역학 해석 프로그램에서도 응용할 수 있다는 것을 보여준다.

### III. 프로그램 적용 사례

본 프로그램의 알고리즘은 한국전력공사에서 송전탑의 애자(Insulator) 주위의 전계 해석에 사용된 바 있다. 각 지역의 10년 이상 된 도면이 존재하지 않는 애자를 스캔한 단면 이미지를 이용해 분석하였다. 해석된 전계분석을 통해 일정 한계 이상의 전계강도의 값이 도출된다면 프로그램 상에서 입력된 애자 이미지에 쉴드링 도형을 추가하여 재해석하는 과정을 수행하였다. 해석에 사용된 애자는 경기도에서 구한 애자 관한 전계해석 결과 값을 나타낸다. 여기서 사용된 애자의 전선측은 154kV이며 철탑측은 0V의 값을 가진다. 애자의 몸통 측은 비유전율이 2인 물질이다. 즉, 3부분으로 나뉘므로 공기가 존재하는 영역까지 4가지의 색을 입혀 일련의 전처리과정을 거친다. 시뮬레이션의 측정 간격은 1mm 단위로 설정하였으며 문턱전계(threshold)의 값은 0.35kV/mm이다.

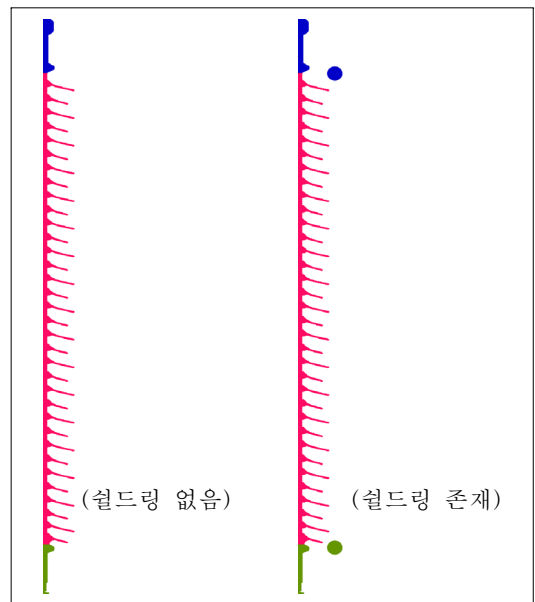


그림6. 프로그램 상에 입력된 애자 단면 이미지 (실제길이:1622mm, 1/20 축소 이미지)  
Fig. 6. Insulator-sided image is entered, the program window

[그림6]는 프로그램 상에 입력된 애자 단면의 축소된 이미지이다. 애자를 제외한 나머지 영역은 프로그램에서 흰색으로 인식하여 총 4가지 색상으로 구분하게 된다. 위의 그림에서 같은 색으로 되어 있는 부분은 같은 재질로서 해석하게 되는데 애자의 철탑 측 부분에 0V와 비유전율 1을 입력하면 철탑 측 쪽의 쉴드링도 자동적으로 0V와 비유전율 1의 값이 입력된다. 이와 마찬가지로 방식으로 전선 측의 애자와 쉴드링은 154kV와 비유전율 1이 입력되어 진다.

0.22kV/mm로 0.35kV/mm이하임을 확인 할 수 있다.

다음 그림은 쉴드링이 존재하지 않을 경우와 존재할 경우 전계강도가 공간상에서 어떻게 분포되어 있는가를 나타낸다.

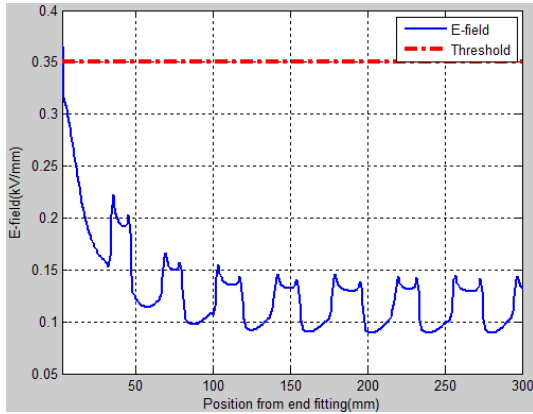


그림7. housing부근 전계강도 (쉴드링 존재하지 않음)  
Fig. 7. housing near the electric intensity (no shield ring)

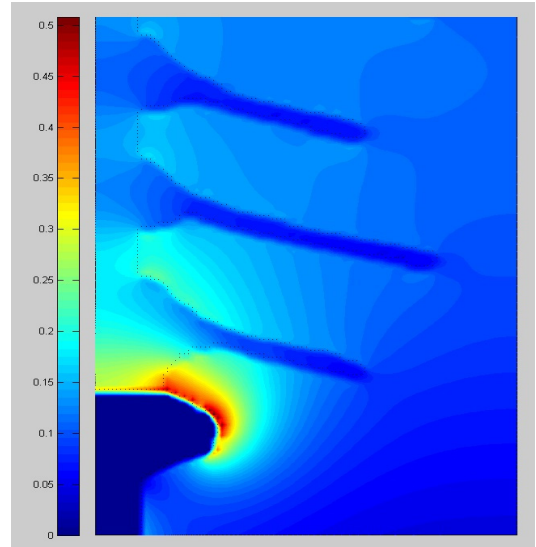


그림9. 공간상의 전계강도 (쉴드링 존재하지 않음)  
Fig. 9. the electric intensity on space (no shield ring)

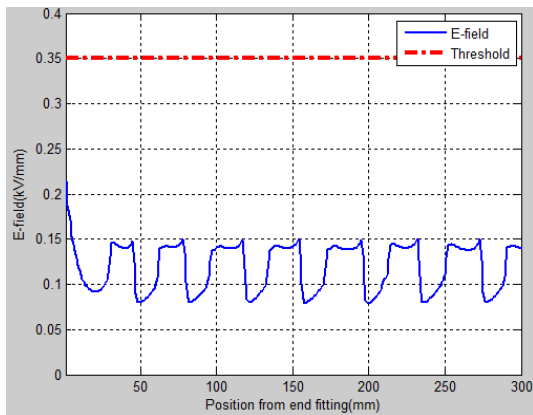


그림8. housing부근 전계강도 (쉴드링 존재)  
Fig. 8. housing near the electric intensity (shield ring)

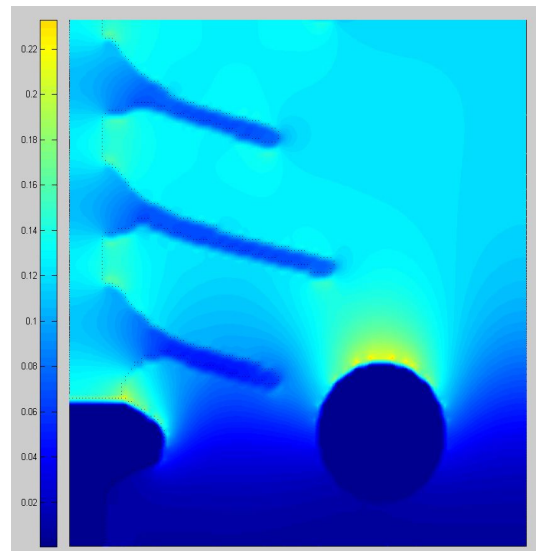


그림10. 공간상의 전계강도 (쉴드링 존재)  
Fig. 10. the electric intensity on space (shield ring)

[그림7]와 [그림8]는 housing부근의 전계강도를 나타낸 그래프이다. 위의 그래프에서 보여주는 시작점은 housing에서 전선 측의 154kV가 끝나는 지점부터 300mm 지점까지이다. [그림7]를 보면 애자의 갓 부근에서 문턱전계(threshold)인 0.35kV/mm가 넘음을 볼 수 있다. 따라서 회전축을 기준으로 반경이 4인치인 알루미늄 쉴드링을 달아 재해석하였으며 이에 대한 결과는 [그림8]에서 보여준다. 쉴드링을 설치하여 해석을 한 결과 갓 부근의 전계강도가

위의 그림을 보면 쉴드링이 존재하는 경우 쉴드링이 존재하지 않을 경우보다 공간상의 전계강도가 줄어들어 있음을 확인할 수 있다. 이는 쉴드링이 각 지점에 존재하는 공간상의 에

너지 차이를 줄임으로서 코로나 현상을 방지할 수 있음을 보여준다.

## V. 결론

본 논문에서 소개한 전자장 해석 프로그램은 직접 도면의 생성뿐만 아니라 외부 이미지를 입력하여 일련의 영상처리를 이용해 전자계현상을 해석할 수 있음을 보였다. 본 소프트웨어의 특징은 다음과 같다. 첫째, 특정 프로그램에서만 사용할 수 있는 도면파일이 아니라 일반적으로 이용하는 이미지파일(JPG, BMP, PNG 등 15가지 포맷)을 이용하여 해석할 수 있으므로 기존프로그램보다 확장성 면에서 우수하다. 둘째, 불러온 이미지에 다른 재질(도형객체)을 추가할 수 있는 기능을 제공하기 때문에 재질을 추가하기 이전의 상황과 비교 해석이 쉽다. 마지막으로, 불러온 이미지들은 RGB를 이용한 일련의 영상처리과정을 거쳐 재질들을 구분한다. 이는 같은 재질들을 동일한 색으로 구분함으로써, 복잡한 구조의 경우 전처리 과정을 단순화 할 수 있다. 본 소프트웨어 적용의 좋은 예는 해석 대상물체의 도면이 존재하지 않거나 복잡한 형태를 가진 경우 도면 입력을 보다 쉽게 하여 설계시간을 단축할 수 있다. 또한 앞서 예들 든 예자의 경우 전계강도만을 보여주었지만 전위분포와 전속밀도 역시 다양한 형태의 결과로 보여줄 수 있다. 즉, 본 프로그램은 도면이 존재하지 않는 경우나 복잡한 구조를 시뮬레이션 할 수 있고 여러 다양한 형태의 결과값을 볼 수 있다는 장점을 가지고 있다. 더욱이 교육용으로 활용될 수 있기에 전자기적 현상을 처음 접하거나 이와 관련된 학생들에게 좋은 시각적 교구재가 될 수 있을 것이다. 향후 해석 알고리즘 개선을 통한 해석속도 향상과 3D해석을 위한 전처리 CAD알고리즘을 고안하고 더 나아가 열해석과 전자기 해석을 결합한 다중물리 해석프로그램으로 발전을 기대한다.

## 참고 문헌

- [1] 위상봉, Electromagnetic Testing for the Measuring of the Physical Properties in Conductor and Composite Magnetics, 서울대학교, pp.16-22, pp.72-81, 1989
- [2] Matthew N.O.Sadiku, Elements of electro magnetics, OXFORD university PRESS, pp.784-808. 2000

- [3] Stephen J. Chapman, MATLAB Programming for Enginerrs 3rd Edition, Thomson, pp. 374-594. 2007
- [4] Dr. Andrew Phillips, E-field Requirements for Composite Insulators, KEPRI, pp.2-7, 2009
- [5] Dr. Andrew Phillips, Evaluation of 765kV Polymer Insulators in a Contaminated Environment, KEPRI, pp.44-50, 2007
- [6] C de tourreil, Use of corona rings to control the electrical field along transmission line composite insulators, CIGRE, pp.12-25, 2005

위 상 봉(Sang-Bong Wee)

정회원



1979.2 : 서울공대 학사  
 1981.2 : 서울공대 석사  
 1990.2 : 서울공대 공학박사  
 1981~1983 : 효성중공업  
 1983~1995 : 한국전기연구소  
 선임연구원  
 1995.10~현재 : 한국기술교육  
 대학교 전기전자통신공학부  
 교수

<관심분야> 전자장  
 수치해석, 뇌관측 및 뇌피해방  
 지기술

김 기 범(Ki-Beom Kim)

학생회원



2005년 2월~현재 : 한국기술  
 교육대학교 전자공학과 재학

<관심분야> 전자장 수치해석, Microwave, 광학