

## PC 기반의 3차원 탄성과 자료 시각화 소프트웨어 개발 연구

김현규<sup>1)</sup> · 이두성<sup>2)</sup>

### Development of a PC-based 3-D Seismic Visualization Software

Hyeon Gyu Kim<sup>1)</sup> and Doo Sung Lee<sup>2)</sup>

**요 약 :** OpenGL을 이용하여 PC 환경에서 3차원 탄성과 자료를 쉽게 시각화하고 분석할 수 있는 소프트웨어를 개발하였다. 기본적인 시각화 기능으로서 3차원 자료를 볼륨과 단면으로 도시할 수 있게 하였으며, 자료의 색 분포를 쉽게 결정할 수 있는 인터페이스를 제작하였다. 색은 RGB나 HSV 형식으로 표현할 수 있게 하였으며 투명도를 지정할 수 있으므로 여러 자료를 중첩하여 도시하는 것이 가능하다. 자료 분석 기능의 하나로서 유도 피킹 방법을 이용하여 층준을 발체할 수 있으며, 발체된 층준은 점, 망, 면 등으로 도시하여 3차원적으로 분석할 수 있다.

**주요어 :** PC 및 Windows 기반, OpenGL, 3차원 탄성과 자료 시각화, 자료의 중첩 도시, 층준의 유도 피킹

**Abstract :** A software to visualize and analyse 3-D seismic data is developed using OpenGL, one of the most popular 3-D graphic library, under the PC and Windows platform. The software can visualize the data as volume and slices, whose color distribution is specified by a special dialog box that can pick a color in RGB or HSV format. The dialog box can also designate opacity values so that several 3-D objects can be displayed superimposed each other. Horizon picking is implemented very easily with this software thanks to the guided picking method. The picked points from a horizon will compose a set of points, mesh, and a surface, which can be viewed and analysed in three dimensions.

**Keywords :** PC and Windows platform, OpenGL, 3-D seismic data visualization and analysis, superimposed display of 3-D objects, guided picking of a horizon

## 서 론

3차원 탄성과 자료를 이용한 저류층 특성화 또는 지질 구조 해석 과정에 있어 기본적으로 이루어야 할 요소로서 볼륨 시각화(volume visualization), 단면 시각화(slice visualization), 층준 발체(horizon picking) 및 시각화 등을 들 수 있다. 또한 이들은 해석 속도와 정확도를 향상시킬 수 있는 도구로서 사용되기도 한다.

이러한 자료 시각화와 해석 과정을 성공적으로 수행하기 위해서는 강력한 하드웨어 및 소프트웨어 시스템이 필요하다. 현재 개인용 컴퓨터(PC)의 하드웨어는 매우 발달되어 있어 워크스테이션(workstation)급에 필적하는 성능을 보이고 있으며, 특히 그래픽 분야는 CPU와 더불어 급격한 발전을 이루면서 PC에서도 자연스러운 3차원 영상을 구현할 수 있는 수준에 이르렀다. 그러나 소프트웨어 분야는 하드웨어만큼의 빠른 발전은 이루지 못하고 있으며 단지 게임과 영상물의 특수 효과 부문에서만 눈에 띄는 성과를 보이고 있을 뿐이다. 이것은 3차원 그래픽의 주수요가 이들 분야에 집중되어 있기도 하지만 그

외, 특히 과학 기술 분야의 소프트웨어는 대부분 상당히 고가이고 사용에 전문성을 요하기 때문에 제한적인 구매층이 더 확장되기 어려우므로 새로운 수요의 창출이 늦어지게 되는 것도 한 요인이라 할 수 있다. 물리탐사 분야에서도 이는 마찬가지이며 자료 해석용 소프트웨어는 여러 가지 출시되어 있으나 대부분 가격이 비쌌 뿐 아니라, 비록 최근 들어 Windows용으로 많이 전이되고 있기는 하지만 주로 유닉스(UNIX) 기반의 프로그램이 다수인 관계로 쉽게 사용하기 어렵다는 점도 국내의 중소 회사나 학교에서 구비하기를 주저하게 만드는 원인이 되고 있다.

**Table 1.** System specification used for a 3-D visualization software

|                      |                                  |
|----------------------|----------------------------------|
| CPU                  | Intel Pentium III 800 MHz × 2    |
| RAM                  | 256 MB ECC SDRAM × 2             |
| Main board           | Tyan Tiger 100                   |
| Graphic card         | 3Dlabs Oxygen GVX1 (32 MB SGRAM) |
| Operating system     | Microsoft Windows XP             |
| Compiler             | Microsoft Visual C++             |
| 3-D graphics library | OpenGL version 1.1               |

\*2003년 1월 14일 접수

1) 영상화기술연구실(Imaging Technology Research Laboratory)

2) 한성대학교 정보공학부(Hansung University, Division of Information Engineering)

본 연구에서는 이러한 실정에서 보다 많은 사용자가 보다 적은 비용으로 활용할 수 있는, 3차원 물리 탐사 자료 시각화 및 해석을 위한 소프트웨어를 개발하고자 한다. 본 소프트웨어는 범용성과 사용 편의성을 고려하여 PC 환경에서 실행할 수 있도록 제작하였으며, 3차원 그래픽을 구현하기 위해 OpenGL을 사용하였다. OpenGL은 3차원 그래픽용으로 설계되고 최적화된 하드웨어를 사용하기 위한 라이브러리이며(Wright and Sweet, 2000), 현재 게임이나 과학용 또는 일반 응용 프로그램에서 여러 가지 실시간 3차원 그래픽을 구현하기 위한 표준 API(Application Programming Interface)로서 사용되고 있다. 본 연구에서 사용한 OpenGL의 버전은 1.1이며, 개발 환경은 Microsoft Visual C++이다. 시스템의 주요 사양은 Table 1과 같으며, 특별히 고사양이 아니어도 무리 없이 작동되도록 하는데 주안점을 두었다.

Windows 환경의 PC에서 탄성과 자료 또는 여러 가지 지하 정보를 3차원으로 표시하고자 하는 시도는 지금까지 다수 이루어졌다. 김현규와 이두성(2001)은 ArcView라는 GIS(Geographic Information System)용 소프트웨어를 이용하여 광체와 시추공을 3차원으로 시각화하고 3차원 공간정보 데이터베이스를 구축하였으며, 이두성과 김현규(2002b)는 3차원 탄성과 자료를 시각화하기 위한 ArcView용 extension을 개발한 바 있다. 또한 일련의 2차원 단면 정보로부터 3차원 모델을 구성하여 시각화하고자 하는 시도도 있었다(이두성과 김현규, 2002a; 이두성과 김현규 2002c). 그러나 지리 정보 시스템용 소프트웨어를 이용하여 구축한 시스템은 기존의 인터페이스를 경유하여 라이브러리에 접근하므로 사용하고 개발하기에는 용이하였으나, 탄성과 자료와 같은 대용량의 3차원 자료를 실시간으로 처리하는 데는 수행 속도나 커스터마이징(customizing)의 측면에서 부족함이 있었다. 이러한 문제는 MFC(Microsoft Foundation Class)를 이용하여 윈도우 응용 프로그램을 직접 제작하고 OpenGL이라는 그래픽 라이브러리에 중간 매개 없이 접근함으로써 해결할 수 있었다(김현규와 이두성, 2002).

## 자료 입력

본 소프트웨어에 입력할 수 있는 자료는 일반적으로 많이 사용하는 SU(Seismic Unix) 형식의 SEG-Y 파일이다. 이러한 자료를 읽을 때 헤더(header)로부터 여러 가지 매개 변수(parameter)에 대한 정보를 얻어야 하는데, 중첩된 트레이스(stacked trace)의 X, Y, Z 좌표나 단면당 트레이스의 개수 등에 관한 정보는 헤더에서 얻을 수 없다. 따라서 보통은 사용자로부터 이 값들을 직접 입력받게 되는데 본 연구에서는 이 과정에 자동화 루틴을 첨가하였다. 즉, Fig. 1과 같이 각 축에 대한 키 헤더워드(key header-word)를 선택하면 이로부터 단면당 트레이스 개수가 자동적으로 계산되게 함으로써 사용자의 편의를 도모하였다. 만약 계산된 값이 틀렸을 경우에는 수동으로

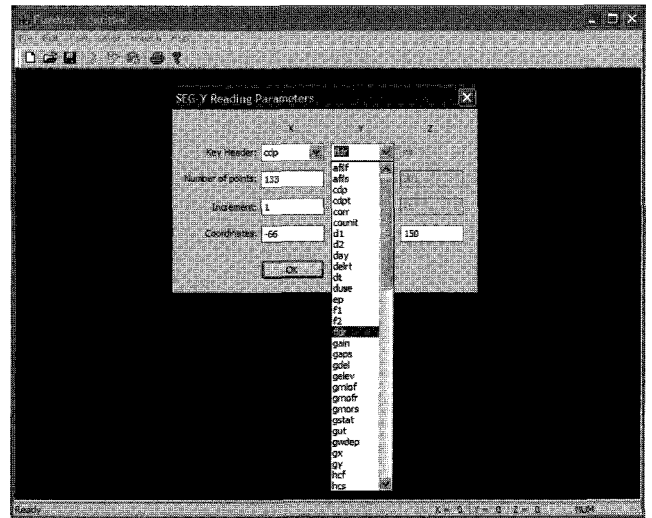
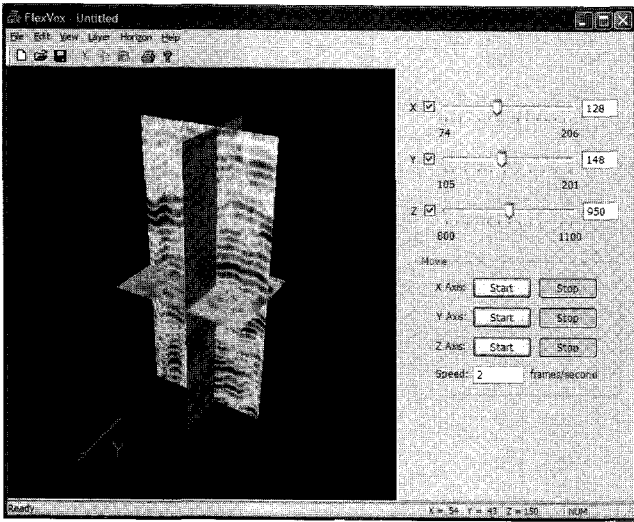


Fig. 1. Reading geometry parameters of the 3-D data (in SEG-Y format). The numbers of points for X and Y dimensions are calculated automatically from the key header values chosen by the user.

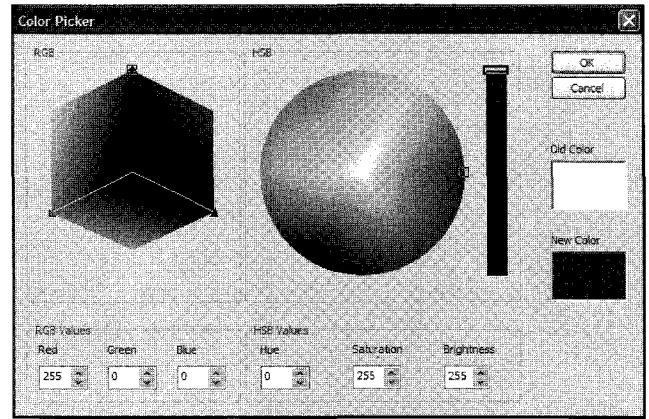
값을 고칠 수 있다.

## 볼륨 시각화

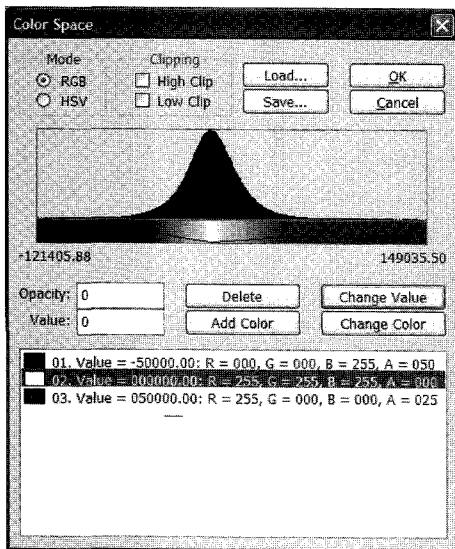
중첩된 3차원 탄성과 자료를 3차원 공간상에서 도시하는 일반적인 방법은 각 축(X, Y, Z) 방향으로의 단면을 표시하는 것이다. 도시되는 탄성과 자료의 단면은 많은 자료 값들로 구성되어 있으며, 이들을 시각적으로 구분하는 방법은 일반적으로 값에 따른 색(色)에 의한다. 각각의 값을 색으로 표시하기 위한 방법의 하나로서 각 자료를 모두 작은 폴리곤(polygon)으로 그리고 여기에 일일이 색을 할당하는 방법을 고려할 수 있다. 그러나 자료의 수가 적은 경우에는 이 방법도 유용하나 이 연구에서와 같이 자료의 수가 많고(Y축의 경우 면당  $133 \times 301 = 40,033$ 개), 폴리곤 수의 증가로 인한 기하학적 세부 묘사(geometrical details)에의 이점도 없는 경우에는 매우 비효율적인 방법이 된다. 따라서 본 연구에서는 텍스처 매핑(texture mapping) 기법을 이용하여 단면 시각화를 수행하였다. 텍스처 매핑이란 어떤 영상(image)을 폴리곤 또는 다른 그래픽 프리미티브(graphic primitives)에 붙여서, 즉 매핑시켜 표현하는 방법이다(Woo, et al., 1999). 본 연구에서는 각 단면의 자료 값으로부터 색을 나타내는 값들로 이루어진 2차원 텍스처를 생성하고, 이를 현재 단면을 나타내는 하나의 평면 폴리곤에 매핑하였다. 이렇게 함으로써 자료 로딩에 걸리는 시간과 메모리 사용량을 감소시키는 효과를 얻을 수 있었고, 특히 단면 사이를 전환할 때 걸리는 시간이 획기적으로 감소되었다. Fig. 2에 시각화된 단면들을 도시하였으며, 각 단면은 슬라이더(slider)를 이용하여 이동시킬 수 있고 자동 이동, 즉 무비(movie) 기능도 가능하다.



**Fig. 2.** Slice visualization of the 3-D data. The slices can traverse the data by moving the slider controls. Automatic movement of the slices is available when the user clicks the 'Start' button in the 'Movie' group box.



**Fig. 4.** The color chooser dialog for picking a color in RGB or HSV format (from Ramachandran, 2000).



**Fig. 3.** Color distribution of the data represented in the slices can be modified and created with ease. The histogram displayed in the middle of the dialog will help the user choose appropriate values. Opacity values are also able to be specified for the given data-color pairs to make the slices transparent.

자료 분석을 좀더 용이하게 하기 위해서는 자료의 색을 여러 가지로 변경하면서 도시하는 기능이 필요한데 본 연구에서는 Fig. 3과 같은 대화 상자(dialog box)를 통하여 구현하였다. 색을 지정하는 데는 자료의 히스토그램(histogram) 정보가 매우 유용하며, 이로부터 색의 분포라든가 클리핑(clipping) 값을 지정할 때 참조할 수 있게 하였다. 색의 선택은 Fig. 4에 도시한 Ramachandran(2000)의 대화 상자를 이용하여 RGB 혹은 HSV 형식으로 구성할 수 있게 하였다. 또한 투명도를 지정할

수 있게 하여 여러 종류의 자료를 중첩하여 도시할 수 있게 하였다. Fig. 5는 OpenGL의 알파 블렌딩(alpha blending) 기능을 이용하여, 불륨을 단면으로 표시한 자료와 점으로 표시한 자료를 중첩하여 도시한 것이다.

### Horizon Picking 및 시각화

단면상에서 특정한 층준(horizon)을 추출하는 것은 탄성파 자료 해석에 있어 매우 기본적이며 중요한 요소이다. 이 과정을 보다 효율적으로 구현하기 위해 본 연구에서는 이두성과 김현규(2002b)의 연구에서 ArcView로 제작하였던 유도 피킹(guided picking) 기능을 본 소프트웨어로 이식하였다. 일반적으로 피킹 과정은 2차원 단면상에서 수행하는 경우가 많으므로 본 연구에서도 3차원 단면 가운데 하나를 추출하여 2차원으로 도시한 후 피킹을 시작하도록 하였다. Fig. 6과 같이 사용자가 마우스를 이용하여 추출하고자 하는 층준을 따라 대략적인 선을 그리면, 피킹 모듈은 이 선을 따라 주변에서 최고점 또는 최저점을 검색해 선택하게 된다. 이 점들은 개별적인 수정도 가능하며 특히 본 연구에서는 이전 단면에서 피킹되었던 점들을 현재 단면에 중첩하여 보여줌으로써 품질 제어(quality control)를 매우 용이하게 하였다(Fig. 7).

발췌된 점들은 파일로 출력되며 이 파일을 다시 불러들여 시각화할 수 있다. 본 연구에서는 이들을 원래의 점의 형태, 또는 각 점을 선으로 연결한 망사(mesh) 형태, 그리고 폴리곤으로 연결하여 면의 형태로 각각 도시할 수 있게 하였다. 이들은 단면과 마찬가지로 방법으로 여러 가지 색을 지정하거나 혹은 투명도를 주어 다른 자료와 중첩하여 시각화할 수 있다. Fig. 8은 면으로 도시한 층준을 단면과 중첩하여 도시한 예이다.

### 결 론

3차원 탄성파 자료의 시각화와 분석을 중저가의 시스템에서

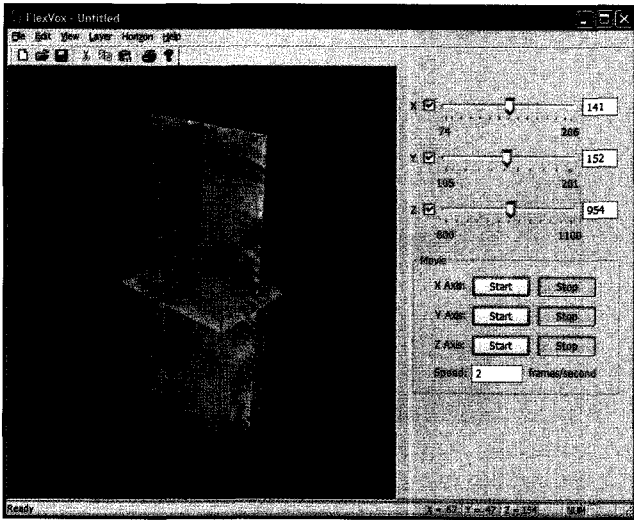


Fig. 5. Superimposed display of the slices and volume represented by points. The volume representation is translucent.

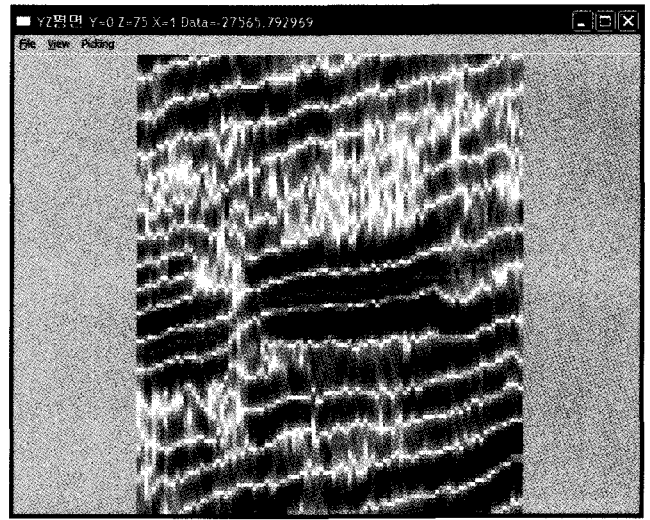


Fig. 7. The picked points of current section are represented by rectangles while the points picked in the previous section are displayed as cross marks.

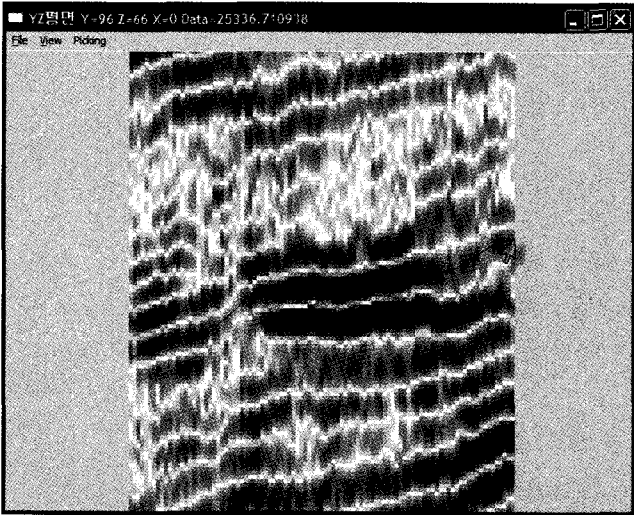


Fig. 6. The horizon picking procedure. After the user defines a polyline that tracks a target horizon, peaks or troughs will be searched in the vicinity of the line and be pointed.

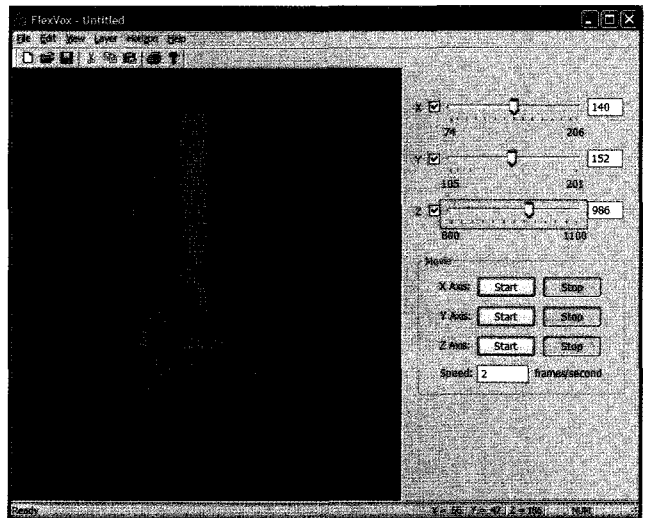


Fig. 8. The horizon surface created from the picked points is displayed along with the transparent slices.

도 수행할 수 있게 하기 위한 소프트웨어를 개발하였다. 이 소프트웨어는 일반 사용자도 쉽게 사용할 수 있도록 Windows 환경의 PC에서 작동하도록 제작하였으며, 3차원 그래픽 라이브러리로는 산업 표준인 OpenGL을 채택하였다. 본 연구에서는 이전에 ArcView를 이용하여 개발하였을 때 제기되었던 속도와 커스터마이징 등의 문제점을 해결하고, 나아가 더욱 다양하고 충실한 기능을 부가하는데 중점을 두었다.

본 소프트웨어는 SU SEG-Y 형식의 파일을 입력받을 수 있게 하였고, 이때 단면당 트레이스 개수를 자동적으로 구하는 기능을 추가하였다. 입력받은 3차원 자료를 도시하기 위해 단면 형태로 시각화하였으며 텍스처 매핑 기법을 사용함으로써 실행 속도와 메모리 효율을 높일 수 있었다. 단면상의 색은 히

스토그램을 참조하여 그 분포를 정할 수 있게 하였으며, 이때 RGB 또는 HSV 형식을 선택할 수 있으므로 자료에 대한 분별력이 좋은 색 형식(color format)과 분포를 사용자가 간편하게 정할 수 있게 하였다. 또한 색별로 투명도를 지정할 수 있으므로 여러 가지 자료를 중첩하여 도시하는 것이 가능하다.

기본적인 자료 분석 과정 중 하나인 층준 피킹 기능을 구현하였으며 유도 피킹 기법을 적용하여 사용자 편의성과 정확도를 향상시켰다. 피킹된 점들은 3차원 상에서 점, 망, 면 등으로 표시 가능하며 이들도 역시 다양한 색 분포와 투명도를 가질 수 있으므로 중첩 시각화가 가능하다.

본 소프트웨어는 앞으로도 지속적인 개량과 성능 개선이 있을 것이며, 탄성과 자료 뿐만 아니라 다양한 물리 탐사 자료를

처리할 수 있도록 하여 종합적 정보 관리 도구로 개발해 나갈 것이다.

## 사 사

본 연구는 국가지정연구실사업(NRL) 과제 “탄성과 영상화 기술 연구 개발 및 응용”의 일부로서 수행되었다. 한국과학기술기획평가원(KISTEP)의 재정 지원에 감사드린다.

## 참고문헌

- 김현규, 이두성, 2001, ArcView를 이용한 지하 정보 및 시각화 시스템 구축 사례 연구: 물리탐사, 4, 101-109.
- 김현규, 이두성, 2002, OpenGL을 이용한 3차원 탄성과 자료 시각화 연구: 한국자원공학회 제79회 학술발표회, 135-137.
- 이두성, 김현규, 2002a, 3차원 공간 자료 모델링 소프트웨어 개발: 물리탐사, 5, 1-5.
- 이두성, 김현규, 2002b, 3차원 탄성과 자료 분석을 위한 3차원 시각화 시스템: 물리탐사, 5, 71-77.
- 이두성, 김현규, 2002c, “3-D Modeler”를 사용한 광체의 3차원 모델링 사례 연구: 물리탐사, 5, 93-98.
- Ramachandran, R., 2000, Corel PhotoHouse-like Color Chooser: CodeGuru (<http://codeguru.earthweb.com/dialog/ColorSpace.shtml>).
- Woo, M., Neider, J., Davis, T., and Shreiner, D., 1999, OpenGL Programming Guide, 3rd Ed.: Addison Wesley.
- Wright, R. S. and Sweet, M., 2000, OpenGL SuperBible, 2nd Ed.: Waite Group Press.