

3차원 탄성과 자료분석을 위한 3차원 시각화 시스템

이두성¹⁾ · 김현규²⁾

A 3 dimensional Visualization System for 3-D Seismic Data Analysis

Doo Sung Lee¹⁾ and Hyeongyu Kim²⁾

요 약 : 본 연구에서는 3차원 탄성과 자료를 데이터베이스화하고 이를 3차원적으로 분석하는데 필요한 도구인 모델링 및 시각화 소프트웨어를 개발하였다. 본 소프트웨어는 3차원 공간을 수직 및 수평 폴리곤으로 분할하고 이 폴리곤에 탄성과의 모든 속성정보와 기타 공간정보를 저장하도록 하였다. 탄성과 해석과정과 그 결과의 분석을 용이하게 하기 위하여 임의단면에서 특이 패턴의 반자동 디지털라이징과 그 결과의 DB화를 가능하게 하였다. 정의된 패턴은 3차원으로 모델링하고 시각화할 수 있다.

Abstract : We developed a modeling and visualization software that can analyze 3-dimensional seismic data. The software divides 3 dimensional space into a series of vertical and horizontal polygons, and allows the various seismic attributes and other spatial information to be stored on these polygons. The program can pick a particular pattern in semi-automatic mode, and store the pattern in the spatial DB. The pattern can be modeled and visualized in 3 dimensional space.

Keywords : 3-D Seismic, 3-D Visualization

서 론

효율적인 유전개발을 위해서는 정확한 저류층 평가기술의 확보가 필요하며, 평가 결과의 신뢰성을 높이기 위해서는 3차원 탄성과 자료를 비롯한 다양한 자료를 체계적으로 처리/분석할 수 있는 기초기술 및 핵심 도구의 개발이 필요하다. 다양한 형태로 취득되는 자료의 체계적인 분석을 위해서는 두 가지 핵심 도구의 확보가 필요하다. 그 첫째는 3차원 공간정보의 처리분석을 위한 시스템이고, 그 둘째는 해석자가 자유로이 각 처리 단계 및 분석 결과를 시각적으로 평가할 수 있는 시각화 기능을 갖춘 대화형 시스템이다. 3차원 공간 정보 시스템은 다양한 자료의 공간적 분석은 물론이고 자료의 검색, 자료로부터 사용자가 원하는 형태로의 정보 가공기능과 새로 생성된 정보의 저장기능을 갖춘 DBMS(Database Management System)를 기저로 하는 시스템이어야 한다.

본 연구에서는 3차원 공간 정보 분석 기능과 DBMS 기능을 갖춘 3차원 시각화 소프트웨어인 SeisView 시스템을 개발하였다. 이러한 시스템을 독자적으로 개발하는 일을 매우 방대한 일이므로 본 연구에서는 공간 DB 기능과 그래픽 기능을 보유

한 ArcView 환경에서 탄성과 분석 시스템을 개발하였다. 본 연구에서 개발된 모든 프로그램들은 Avenue를 이용하여 작성되어 ArcView 시스템에 통합되어 있는 하나의 확장 모듈(extension)로서 구현되었으며, 사용자가 손쉽게 사용할 수 있는 대화형 GUI를 지원하도록 하였다.

SeisView는 3차원 탄성과 자료와 같이 3차원적으로 균일한 샘플을 갖는 형태의 자료 입출력 및 시각화, 그리고 해석에 필요한 자료의 수정·보완 및 스크린 디지털라이징 기능 등을 갖고 있다.

3차원 탄성과 자료 시각화

ArcView에서 3차원적 형태로 표현 가능한 객체 모델(object model)은 Shape, TIN(triangulated irregular network), Grid 등이 있으나 TIN과 Grid는 2차원 표면에 높이를 부여한 것에 불과하므로 수직면이나 입방체와 같이 온전한 3차원 개체는 형상화할 수 없다. 따라서 본 연구에서는 Shape만을 이용하여 시각화를 수행하였다.

3차원 탄성과 자료분석은 일반적으로 단면상에서 수행되며

*2002년 2월 27일 접수

1) 한성대학교 정보시스템공학과

2) 한성대학교 대학원 정보시스템공학과

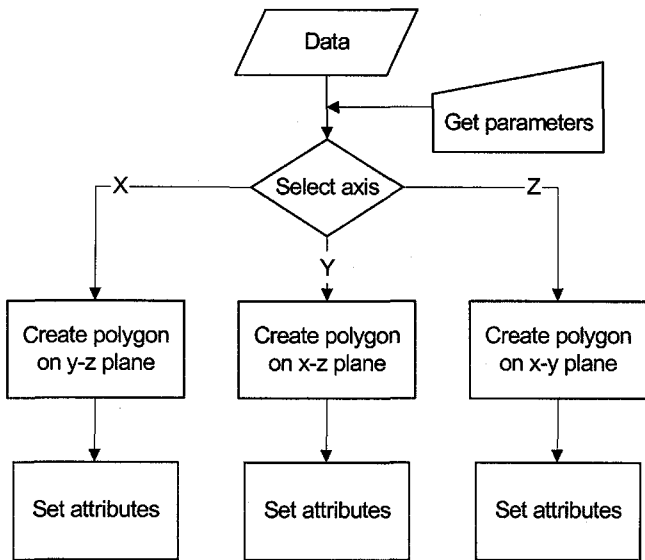


Fig. 1. The flowchart of generating the polygon shapes.

로, 본 연구에서는 모든 샘플을 수평 또는 수직의 사각형 폴리곤(polygon) shape으로 변환하고, 특정 좌표에 해당하는 폴리곤만 화면에 표시함으로써 단면 시각화를 구현하였다. Fig. 1과 Table 1에 이 과정에 대한 흐름도(flowchart)와 의사 코드

(pseudo-code)를 제시하였다. 이러한 방식의 장점은 모든 샘플 위치에서의 탄성과 정보 또는 이로부터 유도된 각종 정보를 하나의 shapefile(ESRI, 1998)에 속성(attribute)으로 저장하는 것이 가능하므로 정보의 관리 및 분석에 유리하다는 것이다. Fig. 2에 시각화된 단면의 예를 도시하였다. 이 데이터는 한국 석유공사에서 제공한 Boonsville 지역에서 획득한 3차원 데이터이다(Gwak and Lee, 2000). 각 단면의 위치 이동은 ArcView의 Dialog Designer(ESRI, 1997)를 이용하여 제작한 슬라이더(Fig. 2의 좌상단)를 조작함으로써 이루어진다.

3차원 탄성과 자료를 시각화하기 위한 두 번째 방법으로서 육면체 형태로의 시각화를 수행하였다. 여기서는 단면시각화할 때 작성한 shapefile의 dBASE 테이블(ESRI, 1998)을 입력 자료로 사용하며, 육면체의 표면에 해당하는 위치의 샘플들을 복셀(voxel) 형태의 폴리곤 shape으로 생성한다. Fig. 3에 이 방법으로 시각화된 자료의 예를 도시하였다. 육면체의 범위는 그림 좌상단의 대화 상자에 표시되며, 이 곳의 수치를 변경함으로써 표시되는 자료의 범위를 조절할 수 있다.

3차원 모델링

3차원 탄성과 자료에 의한 지하 특정개체의 모델링은 특정

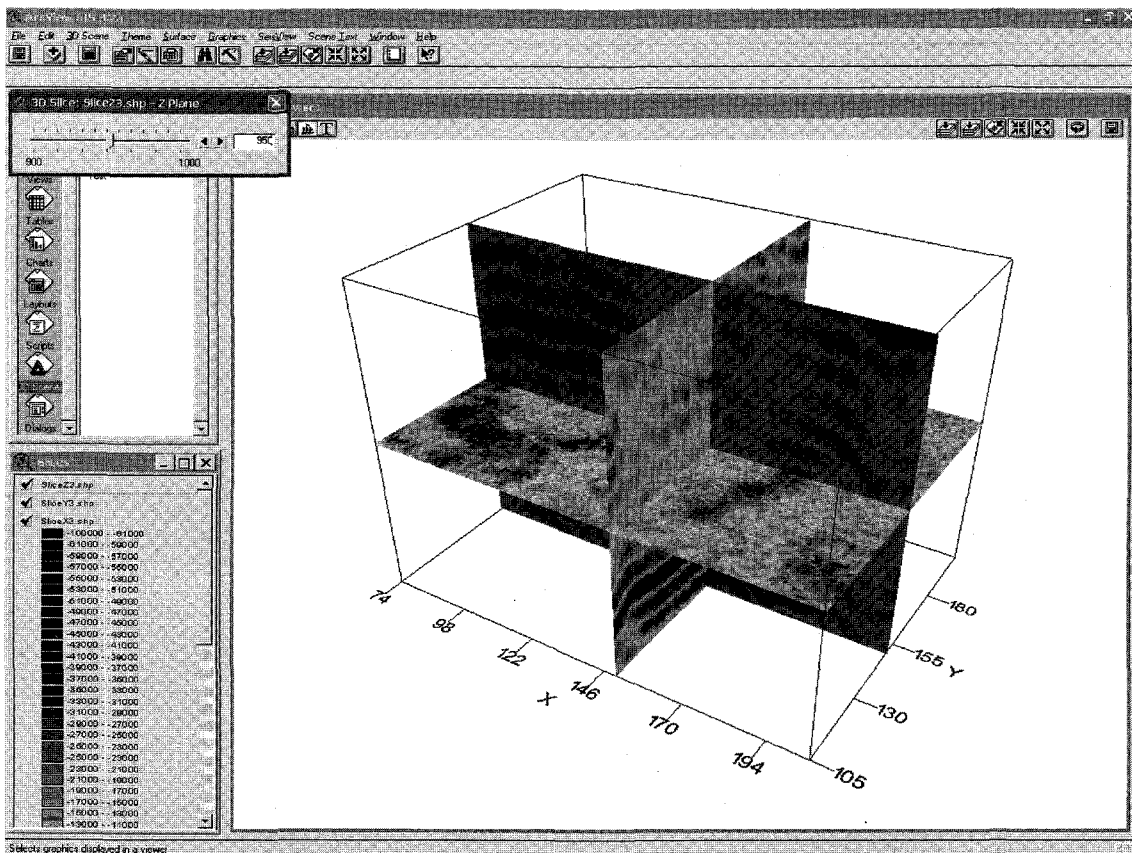


Fig. 2. Three orthogonal cross-sections of the Boonsville 3-D seismic data.

Table 1. A pseudo-code for constructing slice shapefile

```

INPUT  $f_x$ :  $x$  coordinate of the first sample,
       $d_x$ : interval of  $x$  coordinate,
       $n_x$ : number of samples for  $x$  dimension
       $f_y$ :  $y$  coordinate of the first sample,
       $d_y$ : interval of  $y$  coordinate,
       $n_y$ : number of samples for  $y$  dimension
       $f_z$ :  $z$  coordinate of the first sample,
       $d_z$ : interval of  $z$  coordinate,
       $n_z$ : number of samples for  $z$  dimension

For each  $i_y = 0, \dots, n_y - 1$ 
  For each  $i_x = 0, \dots, n_x - 1$ 
    For each  $i_z = 0, \dots, n_z - 1$ 
      (Set coordinates of current sample.)
       $x = f_x + i_x \times d_x$ 
       $y = f_y + i_y \times d_y$ 
       $z = f_z + i_z \times d_z$ 
      If user selects  $x$ -plane
        (Create four vertices with constant  $x$  coordinate.)
         $p_1 = (x, y - d_y / 2, z - d_z / 2)$ 
         $p_2 = (x, y + d_y / 2, z - d_z / 2)$ 
         $p_3 = (x, y + d_y / 2, z + d_z / 2)$ 
         $p_4 = (x, y - d_y / 2, z + d_z / 2)$ 
        (Create a rectangle polygon on  $y$ - $z$  plane.)
         $P_x = (p_1, p_2, p_3, p_4)$ 
        Set attributes for  $P_x$ .
      Else if user selects  $y$ -plane
        (Create four vertices with constant  $y$  coordinate.)
         $p_1 = (x - d_x / 2, y, z - d_z / 2)$ 
         $p_2 = (x + d_x / 2, y, z - d_z / 2)$ 
         $p_3 = (x + d_x / 2, y, z + d_z / 2)$ 
         $p_4 = (x - d_x / 2, y, z + d_z / 2)$ 
        (Create a rectangle polygon on  $x$ - $z$  plane.)
         $P_y = (p_1, p_2, p_3, p_4)$ 
        Set attributes for  $P_y$ .
      Else if user selects  $z$ -plane
        (Create four vertices with constant  $z$  coordinate.)
         $p_1 = (x - d_x / 2, y - d_y / 2, z)$ 
         $p_2 = (x + d_x / 2, y - d_y / 2, z)$ 
         $p_3 = (x + d_x / 2, y + d_y / 2, z)$ 
         $p_4 = (x - d_x / 2, y + d_y / 2, z)$ 
        (Create a rectangle polygon on  $x$ - $y$  plane.)
         $P_z = (p_1, p_2, p_3, p_4)$ 
        Set attributes for  $P_z$ .
    End
  End
End
End
End

```

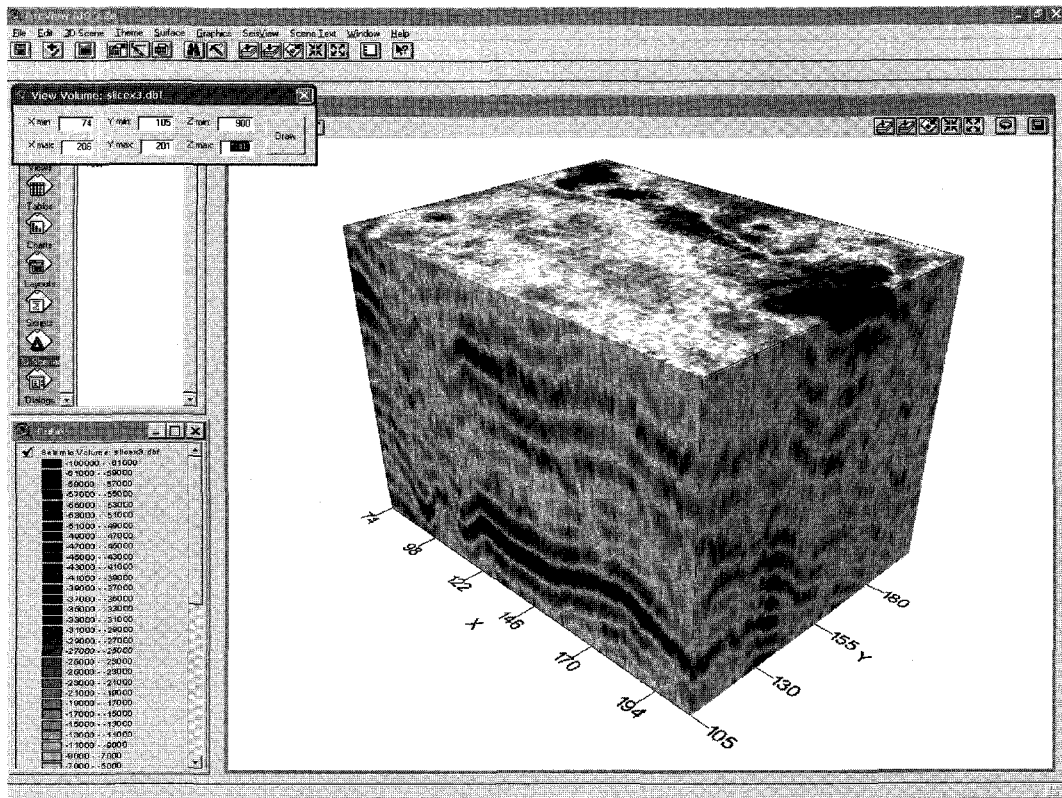


Fig. 3. Three-dimensional view of the Boonsville 3-D seismic data.

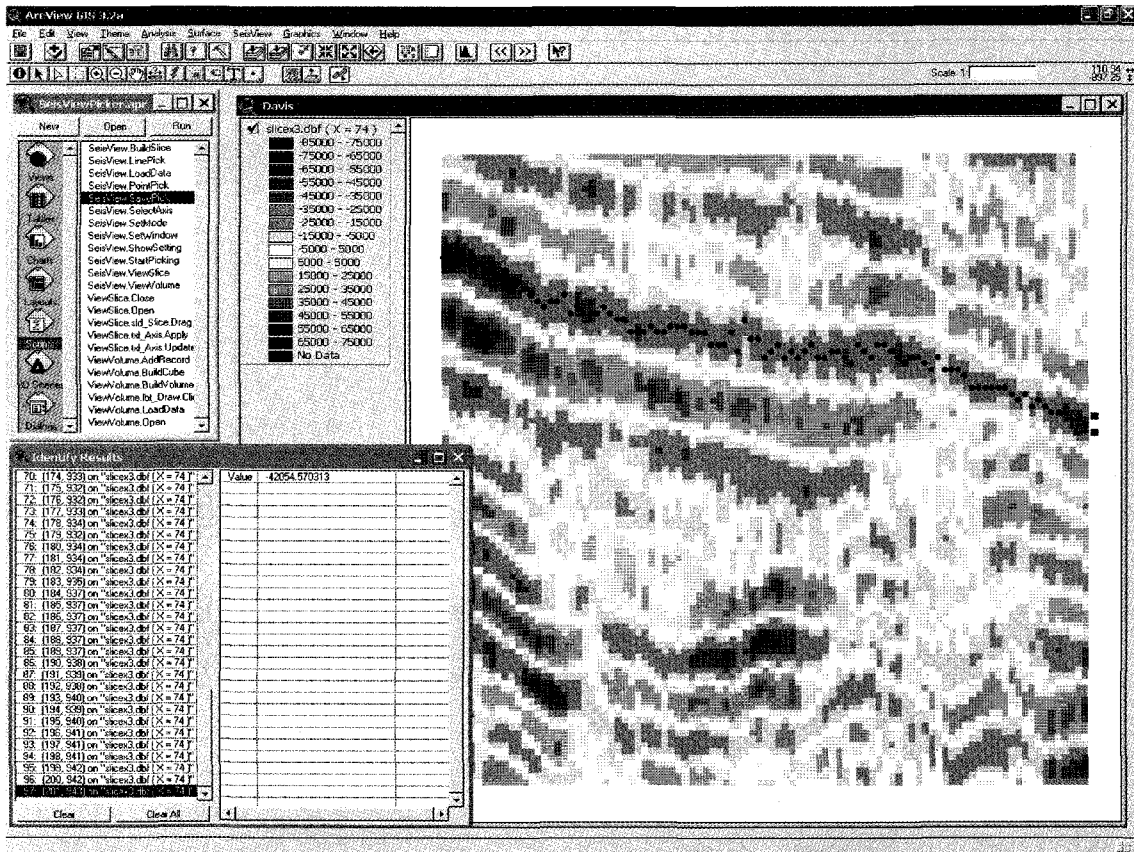


Fig. 4. Showing the event picking process by the SeisView.

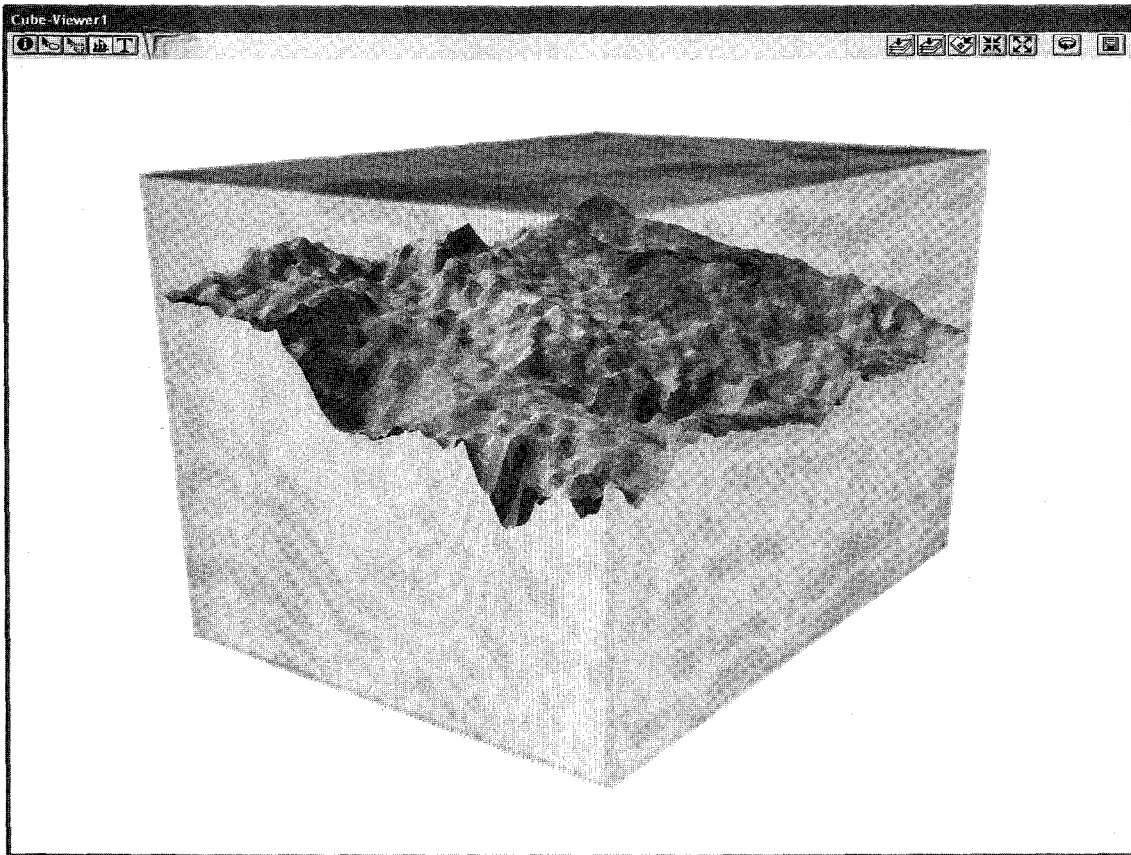


Fig. 5. Three-dimensional view of top of the Davis formation in the Boonsville data.

개체로 인지되는 특정 이벤트를 피킹(picking) 함으로써 시작된다. 3차원 자료라 하여도 피킹은 일반적으로 2차원 단면상에서 이루어지는 경우가 많으므로 본 연구에서도 2차원 환경에서 작업할 수 있도록 프로그램을 개발하였다. 본 모듈에서의 입력 자료도 단면 shapefile의 dBASE 테이블이며, 단면은 Grid 형식으로 생성된다.

탄성과 자료의 피킹에서는 보통 최고점(peak)이나 최저점(trough)을 선택하게 되는데, 모든 트레이스(trace)에 대하여 일일이 작업하는 것은 매우 비효율적일 뿐 아니라 수작업으로는 정점을 정확히 찾을 수 없다. 따라서 본 연구에서는 사용자가 탄성과 이벤트를 따라 몇 개의 트레이스를 따라 폴리라인(polyline)을 그리면 이 선의 상하로 일정한 윈도우 안에서 최대/최소치를 검색하여 점을 생성하는 유도 피킹(guided picking) 방식을 적용하였다. 피킹된 결과는 Fig. 4와 같이 화면에 나타나며 이 점들에 대한 수정도 가능하다. Fig. 4에서는 polyline 상하로 각각 5개 샘플 이내의 데이터 중 최저값을 피킹한 결과이다. 출력 파일은 아스키 형식으로 저장된다. 정의된 패턴들은 SeisView를 사용하여 3차원 면으로 도시할 수 있다. Fig. 5에 Boonsville 자료(Hardage, 1996)에 대해 본 모듈을 적용하여 Davis 면을 시각화한 결과를 도시하였다.

3차원 탄성과 자료의 해석 결과로 도출되는 3차원 개체에

대한 해석 또는 이를 기반으로 하는 탐사계획 수립 등을 위해서는 개체를 3차원적으로 시각화 할 필요가 있다. 이러한 시각화는 다음의 2단계를 통하여 구현할 수 있다; 1) SeisView를 사용하여 수평단면상에서 개체의 윤곽을 피킹하여 정의하고, 2) 3차원 모델링 소프트웨어인 3D Modeler(이두성과 김현규, 2002)를 사용하여 위에서 정의된 수평단면을 3차원적으로 시각화한다.

Fig. 6에 도시한 Boonsville 자료를 보면 4각형으로 표시된 부분의 지층함몰 형태를 인지할 수 있다. 이 특이 패턴은 석회암 공동 상부지층의 함몰이 sinkhole 형태로 표현된 것이다. 이 구조는 inline 좌표 약 170, crossline 좌표 약 145, 수직 좌표(시간) 약 980 ms~1100 ms에 나타난다. 980 ms~1100 ms 구간 중 11개의 수평단면에서 sinkhole 구조의 외곽부를 디지털화한 후 3D Modeler로 모델링하고 그 결과를 시각화하였다(Fig. 7). Fig. 7에서 표시된 3개의 수평단면은 위로부터 1000-, 1050-, 1100-ms의 time-slice이다.

결 론

3차원 탄성과 자료를 체계적으로 분석하고 관리하기 위한 시각화 소프트웨어인 SeisView를 ArcView의 한 extension으로

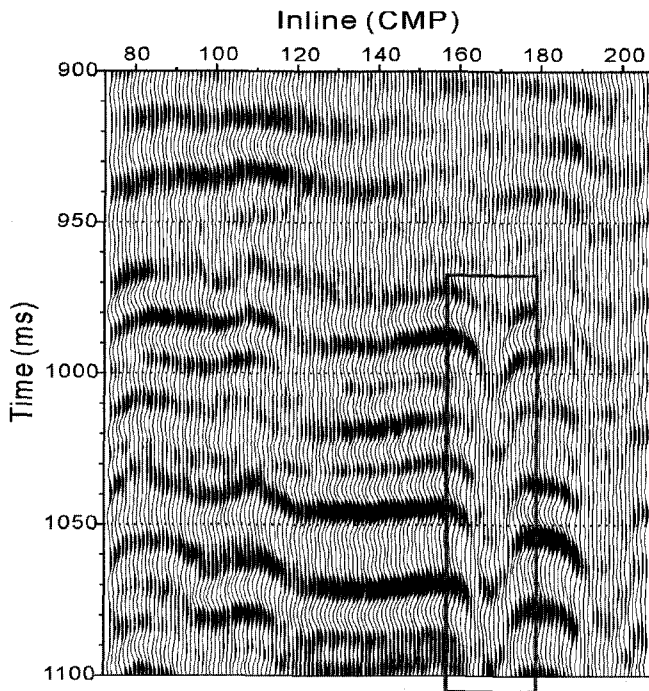


Fig. 6. A vertical cross-section at cross-line 170 of the 3-D seismic data showing a formation distortion.

개발하였다. 3차원 탄성과 자료를 단면으로 시각화하기 위하여 각 샘플을 수직 또는 수평의 폴리곤으로 변환하고 여기에 탄성과 정보를 속성 값으로 입력하였다. 이렇게 함으로써 자료의 시각화와 함께 DBMS를 이용한 관리 및 분석이 가능하다. 3차원 탄성과의 육면체 형태로의 시각화 작업은 트레이스를 복셀로 변환하여 수행한다. 이 모듈들은 슬라이더 및 버튼 대화 상자를 이용한 손쉬운 조작이 가능하며 ArcView의 기본 기능을 이용하여 다양한 분석과 시각화를 수행할 수 있다.

본 프로그램은 탄성과 자료를 분석하는 기본 작업인 이벤트 피킹 기능을 지원한다. 여기서는 작업의 효율과 정확성을 높이기 위해 유도 피킹 방식을 적용하였으며, 결과의 수정 및 확인이 용이하다.

본 연구에서 개발한 소프트웨어를 이용하여 실제 자료에 대한 시각화를 수행하여 만족할 만한 결과를 얻을 수 있었으며, 특히 모델링 소프트웨어와 연계하여 특정 이벤트에 대한 모델의 구성도 가능성을 확인하였다.

감사의 글

이 논문은 2000년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연

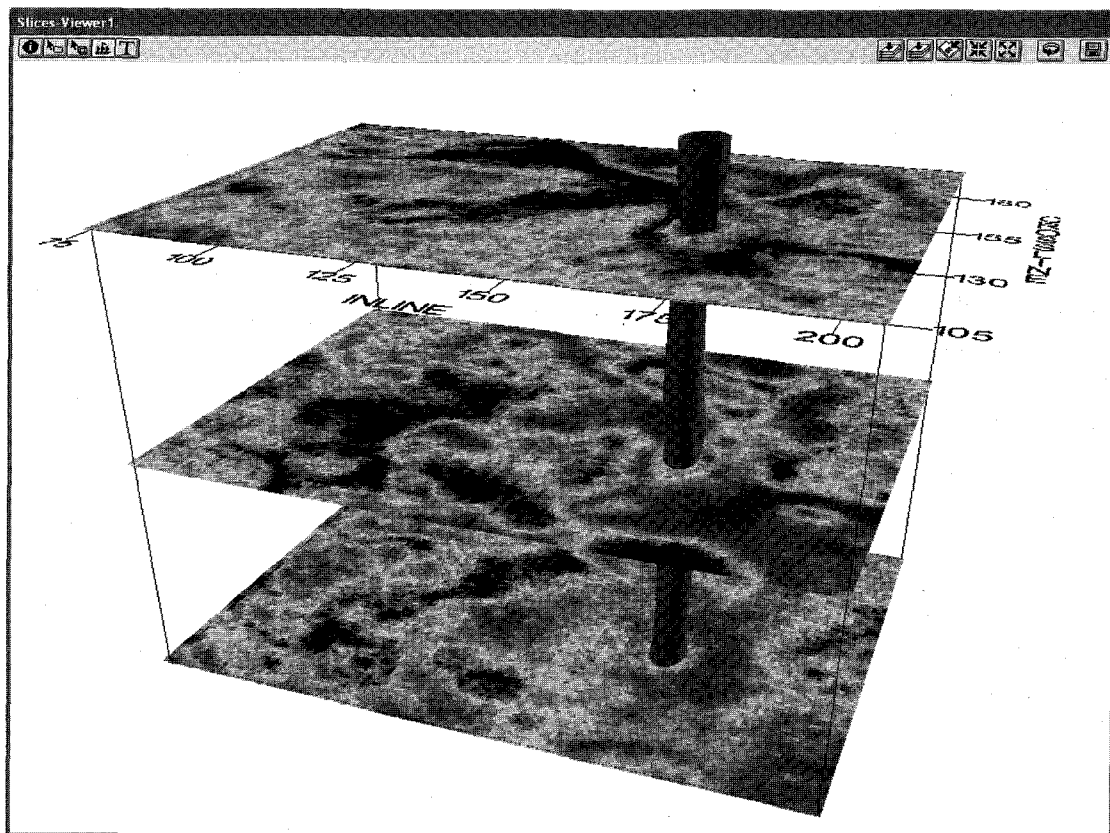


Fig. 7. Three-dimensional view of the sinkhole model.

구되었다(KRF-2000-E00561). 또한 자료의 제공과 기술적인 협조를 제공한 한국석유공사에 감사한다.

참고문헌

이두성, 김현규, 2002, 3차원 공간자료 모델링 소프트웨어 개발: 물리탐사, **5**, 1-5.
ESRI, 1996, Using Avenue: Environmental Systems Research Institute. Inc.

ESRI, 1997, Using the ArcView Dialog Designer: Environmental Systems Research Institute, Inc.
ESRI, 1998, ESRI Shapefile Technical Description: Environmental Systems Research Institute, Inc.
Gwak, S. H., and D. S. Lee, 2000, Visualization of subsurface information: An Interpretation tool: *Geosystem Eng.*, **3**, 85-89.
Hardage, B. A., 1996, Boonsville 3-D data set: *The Leading Edge*, **15**, 835-837.