

3차원 공간자료 모델링 소프트웨어 개발

이두성¹⁾ · 김현규²⁾

3-D Spatial Data Modeling Software

Doo Sung Lee¹⁾ and Hyeongyu Kim²⁾

요 약 : 본 연구에서는 2차원적으로 획득된 3차원 자료를 데이터베이스 화하고 이를 3차원적으로 분석하는데 필요한 도구인 모델링 및 시각화 소프트웨어를 ArcView 환경에서 개발하였다. 본 소프트웨어는 유한개의 수평 단면으로 입력되는 자료로부터 개체의 형태를 3차원 공간상에서 구성하고 시각화한다. 프로그램은 구성된 개체로부터 임의의 방향과 경사를 가진 단면을 생성할 수 있으며 단면의 수정을 통하여 해석자가 원하는 형태로 모델을 개선하는 기능을 보유하고 있다.

Abstract : We developed a modeling and visualization software that can analyze 3-dimensional spatial information in the ArcView environment. The software constructs and visualizes an object in 3 dimensional space from the input data given a number of horizontal cross-sections. The software can generate and visualize the cross-sections of the object in any azimuth and inclination. Utilizing the program users can modify the 3-D shape of the object by interactively editing the cross-sections.

Keywords : 3-D Modeling, 3-D Visualization

서 론

지하 정보의 체계적 관리 및 이용을 위한 정보 시스템의 개발은 효율적인 자원 개발에 있어서 필수적 요소라 할 수 있다. 본 연구의 목적은 광범위한 지하 정보를 체계적인 정보 시스템으로 구축하기 위한 기초 기술인 소프트웨어의 개발이다. 기존의 탐사에서는 수평 단면도로 제시된 자료를 해석자가 지질학적 지식과 경험을 이용하여 3차원적인 기하학적 구조로 해석하여 왔다. 이러한 해석은 해석자의 능력과 경험에 따라 신뢰도의 차이가 있다. 즉, 해석 결과는 해석자의 주관적인 결과일 경우가 많다.

본 연구에서 설정한 지하 정보 시스템의 기능적 특성은 정보 관리, 즉 자료의 입력, 수정·보관의 용이함, 기본 자료로부터 다양한 형태의 정보 가공, on-line 실시간 정보 검색, 자료의 표준화를 통한 다른 속성 정보와의 통합, 타 시스템과의 연계 가능성 등이다. 따라서 본 연구에서는 GIS 업계에서 널리 사용되고 있는 상용 소프트웨어인 ArcView(ESRI, 1996a)를 기반으로 하여 사용자가 약간의 ArcView 지식으로 자료 입력·수정을 할 수 있는 GUI와 대화형(interactive) 환경에서 모델 작성 및 해석을 할 수 있는 프로그램을 개발하고자 하였다.

프로그래밍은 ArcView의 scripting language인 Avenue(ESRI, 1996b)와 C 언어를 사용하였으며 소프트웨어는 3-D Modeler로서 ArcView의 한 extension으로 개발하였다.

본 연구에서는 광체 또는 저류층과 같이 유한개의 수평 단면으로 입력되는 자료를 분석하여 3차원 공간상에서의 형태를 구성함으로써 입체적으로 시각화하는 프로그램을 개발하였다. 이전의 연구(김현규와 이두성, 2001)에서는 개체의 수직 단면도를 작성할 때 입력된 개체의 수평 단면과 수직면과의 교선들을 사용자가 연결하는 방식을 취하였다. 따라서 특정 단면을 생성할 때마다 해석 과정이 필요하였다. 본 연구에서 개발한 방법은 초기에 입력 단면 사이의 대응하는 특정 노드들을 해석함으로써 3차원 개체의 구성이 가능하게 하였다. 본 프로그램은 정의된 3차원 개체에 대하여 임의의 수평/수직 또는 경사 단면의 도사가 가능하며, 해석자가 이 단면을 수정할 수 있는 기능을 부여함으로써 점진적으로 개체의 형태를 개량할 수 있다.

3차원 모델링에 의한 시각화

모델링이란 물체를 3차원 컴퓨터 그래픽으로 생성하고 묘사

*2002년 1월 11일 접수

1) 한성대학교 정보시스템공학

2) 한성대학교 대학원 정보시스템공학

하기 위한 자료 구조나 기법이며, 또는 이를 조작하는 것도 포함한다. 모델링 기법은 여러 가지가 있으나 많이 쓰이는 것으로는 polygonal, bi-cubic parametric patches, constructive solid geometry, spatial subdivision techniques 등이 있다(Watt, 2000). 본 연구에서 적용한 방법은 가장 일반적으로 사용되며 ArcView에서 유일하게 지원하는 폴리곤 모델링(polygon modeling)이다. 폴리곤으로 개체를 만드는 방법은 다양하게 개발되어 있으며, 본 연구에서는 그 가운데 스위핑(sweeping)을 응용한 단면 연결 방식으로 모델링을 수행하였다.

스위핑이란 어떤 단면을 임의의 축(spine)을 기준으로 하여 이동시켰을 때 나타나는 궤적을 이용하여 면을 생성하는 것이다(Watt, 2000). 이 때 단면과 축에 여러 가지 변화를 줌으로써 다양한 표면을 만들 수 있다. 본 연구에서는 임의의 모양을 가진 단면들이 임의의 경로를 따라 임의의 간격으로 떨어져 있는 경우, 단면상의 각 점이 이동하는 궤적을 추적하여 면을 생성하였다.

Fig. 1과 같은 단면들이 주어졌다고 하자. 여기서는 수평 단면들이 수직 방향의 경로를 따라 이동하는 경우를 가정하였다. 스위핑의 경우 경로를 따라 이동하는 단면의 방향을 정해줘야 하는 문제가 있다. 본 연구에서는 지질학적 개체에 대한 모델링을 상정하고 있으므로 단면이 연결되는 방향을 정하는 것은 지질학적 해석의 한 단계라 할 수 있다. 따라서 이는 사용자와의 상호 작용이 필요한 부분이므로 다음과 같이 입력을 받도록 하였다. 즉, 입력된 각 수평 단면을 구성하고 있는 점

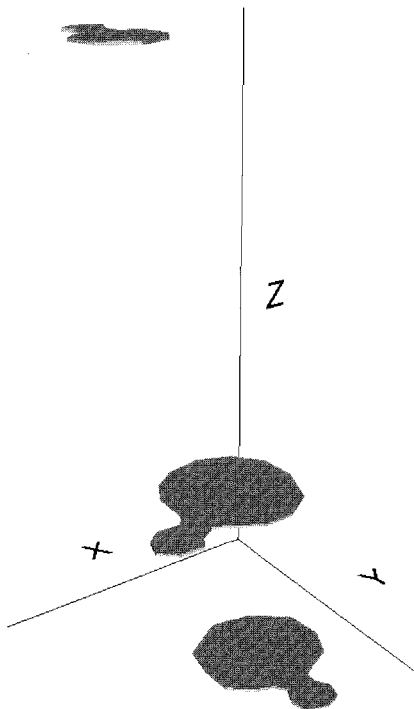


Fig. 1. An example of cross-sections to build a polygonal model by sweeping.

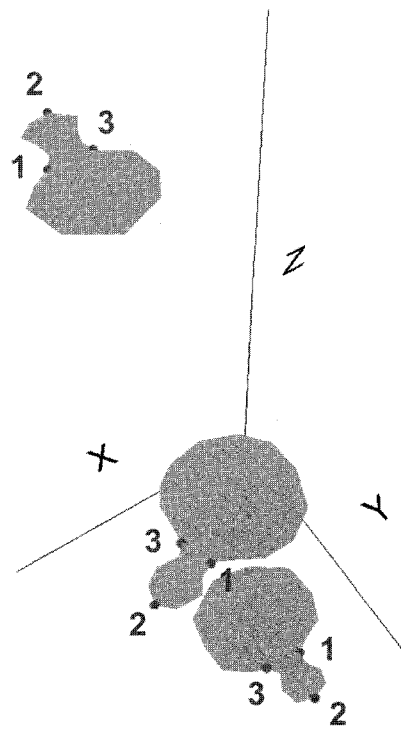


Fig. 2. Definition of the control points on each cross-section to guide the connection of them.

(node)들 중에서 인근 단면과 서로 대응하여 연결 가능한 특정 점(control point)들을 정의하고 이 점들에 번호를 부여하여 단면들 간에 서로 어떻게 연결될 것인지를 지정한다(Fig. 2).

스위핑에서는 각 단면을 이루는 점들이 서로 대응되어야 하

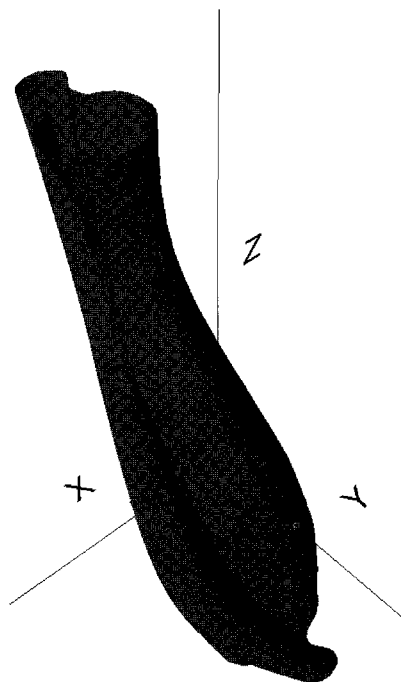


Fig. 3. A polygonal model constructed by sweeping cross-sections.

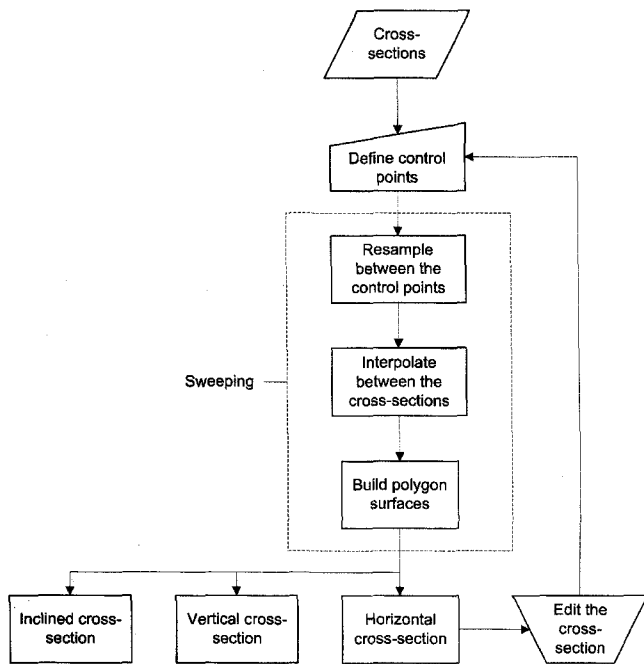


Fig. 4. The flowchart of the modeling system using sweeping.

므로 위에 정의한 제어점들 사이를 리샘플링(resampling)하여 일정 개수의 점을 갖도록 하였다. 이제 단면상의 한 점이 각 단면에서 대응하는 점의 위치를 지나도록 움직이는 궤적을 구해야 하는데 이는 보간의 문제라 할 수 있다.

본 연구에서와 같이 이산적으로 주어지는 3차원 개체의 외곽선을 산출하기 위한 근사 함수로서는 구간별 다항식(piecewise polynomial) 보간법으로 3차 스플라인(cubic spline) (Press *et al.*, 1992)을 사용하여 모델링을 수행하였다. Fig. 3은 보간 후 외곽선들로부터 폴리곤을 생성하여 모델을 완성한 모습이다. 폴리곤의 크기는 보간 시 샘플링 개수를 조절함으로써 제어할 수 있다.

Fig. 4에 본 프로그램의 흐름도(flowchart)를 도시하였고, 이 중 핵심적인 부분이라 할 수 있는 스위핑에 대한 의사 코드(pseudo-code)를 Table 1에 제시하였다. 전체 프로그램 중에서 interpolation하는 module은 C-언어로 코딩하였고 수직/수평 방향으로 interpolation은 이 module을 Avenue에 의해 호출하였으며 그 이외의 모든 부분은 Avenue로 코딩하였다.

분석 도구

본 3D Modeler는 완성된 3차원 모델로부터 임의의 수직/수평 또는 경사 방향으로 단면을 생성할 수 있다.

수평 단면은 주어진 고도를 포함하는 폴리곤들을 추출하여 좌표를 계산한다(Fig. 5). 또한 수평 방향의 단면은 사용자의 편집에 의한 수정이 가능하며, 수정된 단면을 포함하여 다시 모델링을 수행함으로써 모델의 형태를 계속적으로 갱신할 수 있다(Fig. 6).

수직 단면은 사용자가 X-Y 평면에서 모델을 지나도록 정의

Table 1. A pseudo-code for sweeping variable cross-sections along a wobbling spine

Inputs: cross-sections $\mathbf{X} = [x_{ni}]$, control points $\mathbf{P} = [p_{nm}]$, number of resampled points between the control points h , number of resampled point between the cross-sections v . (n : number of cross-sections, m : number of control points on a cross-section, l : number of nodes in each cross-section)

For each $i = 1, \dots, n$

 For each $j = 1, \dots, m$

 For each $k = 1, \dots, l$

$\mathbf{K} = [k_{nm}] = \{k \mid \min(\|p_{ij} - x_{ik}\|)\}$ (find indices of \mathbf{x} that has minimum distance to \mathbf{p})

 End

 End

End

For each $i = 1, \dots, n$

 For each $j = 1, \dots, m$

$\mathbf{s} = [x_p]$ ($p = k_{ij}, \dots, k_{ij} + 1$)

 End

$\mathbf{S} = [s_{mp}]$ (list of nodes arranged by control points on a cross-section)

For each $j = 1, \dots, m$

$\mathbf{r} = [r_n]$ (resampled points obtained by interpolating \mathbf{s})

 End

$\mathbf{R} = [r_{mh}]$ (list of resampled points between the control points)

 End

$\mathbf{H} = [r_{nmh}]$ (points for the whole cross-section)

For each $j = 1, \dots, m$

 For each $i = 1, \dots, h$

$\mathbf{v} = [r_n] = \{r \mid r_{ni} \in \mathbf{H}\}$ (resampled points that have constant i and j)

$\mathbf{t} = [t_v]$ (resampled points obtained by interpolating \mathbf{v})

 End

$\mathbf{T} = [t_{nv}]$ (list of resampled points between the cross-sections)

 End

$\mathbf{V} = [t_{mhw}]$ (points for the whole model)

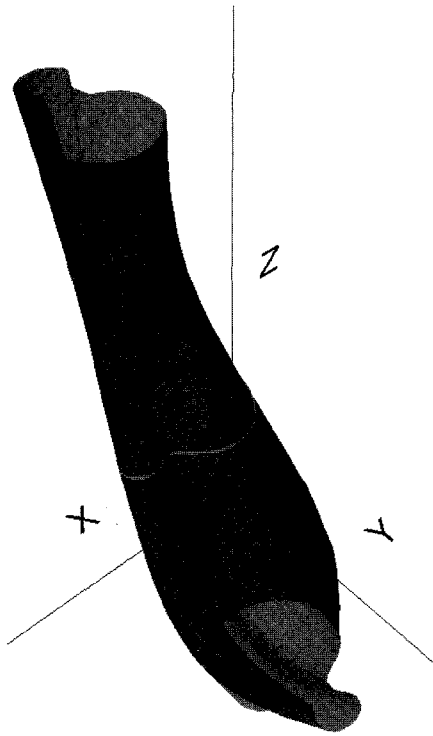


Fig. 5. A horizontal cross-section generated by the software at the user-defined altitude of the model.

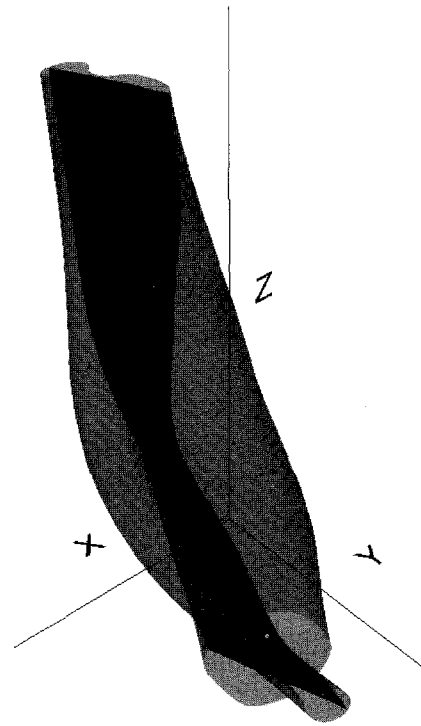


Fig. 7. A vertical cross-section generated by the software from the user-defined line segment.

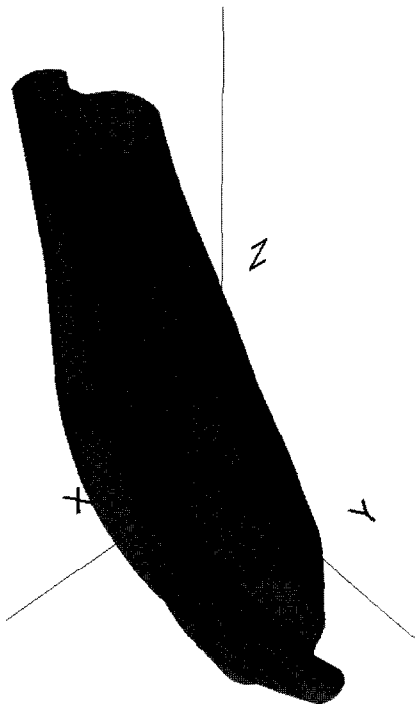


Fig. 6. An updated model with the edited version of the cross-section in Fig. 5.

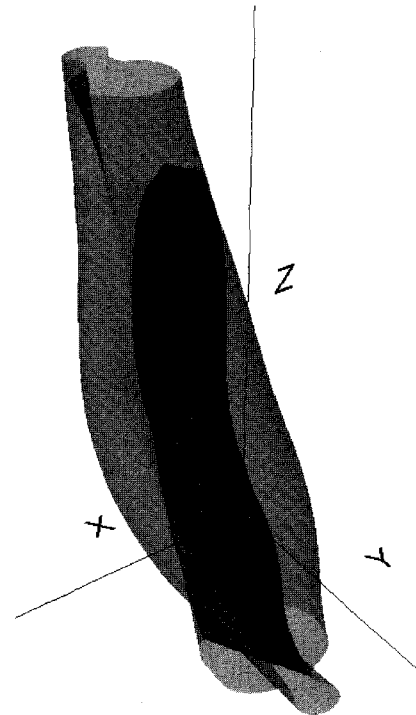


Fig. 8. An inclined cross-section generated by using user-defined quadrilateral.

한 선분으로부터 각 폴리곤의 상하부 경계선이 선분과 만나는 점들을 연결하여 생성한다(Fig. 7). 경사 단면도 X-Y 평면에서

모델의 최상부에서의 선분과 최하부에서의 선분을 정의해 주면 그 사이에서 수직 단면과 같은 방법으로 단면을 생성한다

(Fig. 8).

결 론

유한 개수의 수평 단면으로 입력되는 어떤 개체의 형태를 모델링 기법을 이용하여 3차원으로 컴퓨터 시각화하는 소프트웨어를 개발하였다. 즉 2차원적으로 획득된 단면들을 연결하여 3차원 공간상에서의 형태를 구성하는 도구를 개발하였다. 또한, 여기서 정의된 3차원 개체에 대하여 임의의 수평/수직 및 경사 단면으로 도시가 가능하게 하였고, 해석자가 이 단면을 수정할 수 있는 기능을 부여함으로써 반복적으로 개체의 형태를 개량할 수 있도록 하였다.

상술한 내용의 시스템을 구축하는데 있어서 공간 정보의 효율적인 구축 관리를 위한 공간 DB 기능을 보유하고 있는 상용 GIS 소프트웨어인 ArcView의 스크립트 언어와, C 언어를 사용하여 ArcView의 한 extension module로 시스템을 개발하였다.

사 사

본 연구는 2001년도 한성대 교내연구비 지원에 의하여 수행되었다.

참고문헌

- 김현규, 이두성, 2001, ArcView를 이용한 지하 정보 및 시각화 시스템 구축 사례 연구: 물리탐사, **4**, 101-109.
- ESRI, 1996a, *Using ArcView GIS*: Environmental Systems Research Institute, Inc.
- ESRI, 1996b, *Using Avenue*: Environmental Systems Research Institute, Inc.
- ESRI, 1997, *Using ArcView 3D Analyst*: Environmental Systems Research Institute, Inc.
- Press, W. H., Teukolsky, S. A., Vetterling, W. T., and Flannery, B. P., 1992, *Numerical Recipes in C*: Cambridge University Press.
- Watt, A., 2000, *3D Computer Graphics*: Addison-Wesley.