

논문 2008-45CI-3-6

원격탐사 영상의 3D 시각화와 데이터베이스의 활용

(Utilization of Database in 3D Visualization of Remotely Sensed Data)

정명희*, 윤의중**

(Myunghee Jung and Eui-jung Yun)

요약

원격탐사 영상과 고도자료를 사용하여 지구환경을 3차원으로 시각화할 수 있는데, 이것은 지구과학분야에서 정보를 3차원 공간에서 탐색하고 분석하는 새로운 패러다임을 제공해준다. 지구환경을 보다 현실감 있게 시각화하고 이를 통해 공간적 특징이나 객체 지형들 간의 관계를 분석할 수 있도록 하려면 3D 공간 표현의 지원이 필요하다. 이를 위해서는 다양한 2D, 3D 공간자료와 관련 벡터 자료가 통합되어야 하고, 또한 지질이나 지표 객체들 간의 상대적 위치와 위상학적 관계가 통합되어 함께 다루어져야 한다. 이러한 이유로 지구과학 및 지구환경 문제의 3차원 시각화에서는 3차원 모델링과 위상 분석, 데이터베이스가 함께 고려되어야 한다. 본 논문에서는 지구과학 및 지구환경 분야에서 3차원적 특성을 포함한 동적모형 개발과 시뮬레이션 환경 기반을 제공하도록 원격탐사 자료를 이용하여 시각화하는 방법과 자료추출 및 관리, 3차원 가상공간에서 동적 모형화를 활용하는 방법론에 관하여 연구되었다.

Abstract

3D visualization of geological environments using remotely sensed data and the various sources of data provides new methodology to interpret geological observation data and analyze geo-information in earth science applications. It enables to understand spatio-temporal relationships and causal processes in the three-dimension, which would be difficult to identify without 3D representation. To build more realistic geological environments, which are useful to recognize spatial characteristics and relationships of geological objects, 3D modeling, topological analysis, and database should be coupled and taken into consideration for an integrated configuration of the system. In this study, a method for 3D visualization, extraction of geological data, storage and data management using remotely sensed data is proposed with the goal of providing a methodology to utilize dynamic spatio-temporal modeling and simulation in the three-dimension for geoscience and earth science applications.

Keywords : Remotely Sensed Data, 3D Visualization, 3D modeling, Database

I. 서론

컴퓨터 그래픽스와 시각화 기술은 제조, 산업디자인, 3차원 도시 설계, 교육, GIS, 등 많은 응용분야에서 활용되고 있다. 이러한 기술은 자료를 3차원으로 보여주며 아이디어를 효율적으로 표현할 수 있기 때문에 복잡한 정보를 전달하는데 효과적이다. 특히, 정보를 시각화

하고 추상적인 정보를 다룰 수 있는 능력을 요하는 과학, 공학 분야 에서 3D 기술은 현실 세계를 재창조하거나 추상적인 개념을 시각화하고 다양한 상호작용 기능을 갖는 가상공간을 구현할 수 있는 도구이기 때문에 많은 관심을 가지고 연구되고 있다^[1, 8~9]. 예를 들어, 패턴 인식과 복잡한 프로세스에 대한 추론과 같은 추상적이고 다차원적인 현상을 다뤄야 하는 문제에서는 3D 기술은 다차원 자료를 통합하고 시각화하는 과정을 통해 개념을 이해하는데 매우 효율적이다. 또한, 시간에 따라 변화하는 현상의 경우, 여러 요인간의 상호작용을 이해하고 지금까지 진행된 변화 과정을 통해 앞으로 일어날 변화를 예측하는 동적 모델링의 경우, 3차원적 특성이 다루어질 수 있는 기반이 필요하다.

* 정희원, 안양대학교, 디지털미디어학과
(Anyang University)

** 정희원, 호서대학교, 시스템제어공학과
(Hoseo University)

※ 본 연구는 한국학술진흥재단(KRF) 지원을 통하여
(과제 번호 R04-2004-000-10117-0) 수행되었다.

접수일자: 2008년4월26일, 수정완료일: 2008년5월6일

최근 지구과학 관련 분야에서 3차원 시각화는 지질 및 지형 공간자료를 시각화하고 표현하는 다양한 알고리즘과 소프트웨어가 개발되어 많은 발전을 거두고 있다. 이를 통해 3차원 공간에서 실시간으로 방대한 양의 자료와 정보를 통합하여 광범위한 영상과 모형을 사용해 복잡한 정보를 보여주고, 자료들 간의 상관관계나 요인 분석이 가능하게 되었다. 특히, 원격탐사기술의 발달로 다양한 센서로부터 영상자료가 제공되고 있고, 이와 함께 관련 벡터자료가 함께 사용될 수 있다.

개념적으로나 기술적으로 3D 시각화 기능을 효율적으로 사용하기 위해서는 먼저, 다양한 2D, 3D 공간자료와 관련 벡터 자료가 통합되어야 하고, 또한 지질이나 지표 객체들 간의 3차원 환경에서 상대적 위치와 위상학적 관계가 통합되어 함께 다루어 져야 한다. 이를 기반으로 지질이나 지표 객체들 간의 시공간적 상관관계를 포함하는 개념적 모델들이 개발될 수 있다. 그러므로 지구과학 관련 문제에서 3차원 환경을 구축하고 모형을 사용하기 위해서는 자료의 정확성과 효율적 접근성, 사용의 용이성이 제고 되어야하며, 이를 위해 데이터베이스를 통해 자료가 통합 관리되어야 한다.

본 논문에서는 지구과학 분야에서 3차원적 특성을 포함한 동적모형 개발과 시뮬레이션 환경을 제공하도록 원격탐사 자료를 이용하여 3차원 가상공간을 구축하고 3차원 모형을 활용하는 방법론에 관하여 연구되었다. II장에서는 원격탐사 자료를 이용한 3D 시각화 방법, 3차원 모형과 이와 연관된 공간 데이터베이스에서의 위상객체를 다룰 수 있는 방법론과 3차원의 공간 질의에 관한 문제가 다루어졌다. III장은 원격탐사 영상을 이용한 시각화와 3D 모델링이 테스트 되었고 마지막으로 결론에서는 향후 연구 방향이 제시되어 있다.

II. 원격탐사 영상을 이용한 3D 시각화

1. 3D 시각화 원리

DEM (Digital Elevation Model)은 3D 시뮬레이션의 핵심 요소이다. 3차원 보간(interpolation)을 이용하여 3차원 지형을 자연스럽게 구현할 수 있는데, 이를 위해 지형 윤곽 고도자료는 지형 맵이나 스테레오 영상, LiDAR 자료로부터 추출한다.

다중 센서로부터 획득된 자료는 자료 획득시의 고도, 위치, 시간대가 모두 다르기 때문에 스케일과 방향 면에서 다르게 된다. 따라서 이러한 자료들을 동시에 시각화하기 위해서는 먼저 모든 영상들이 UTM과 같은

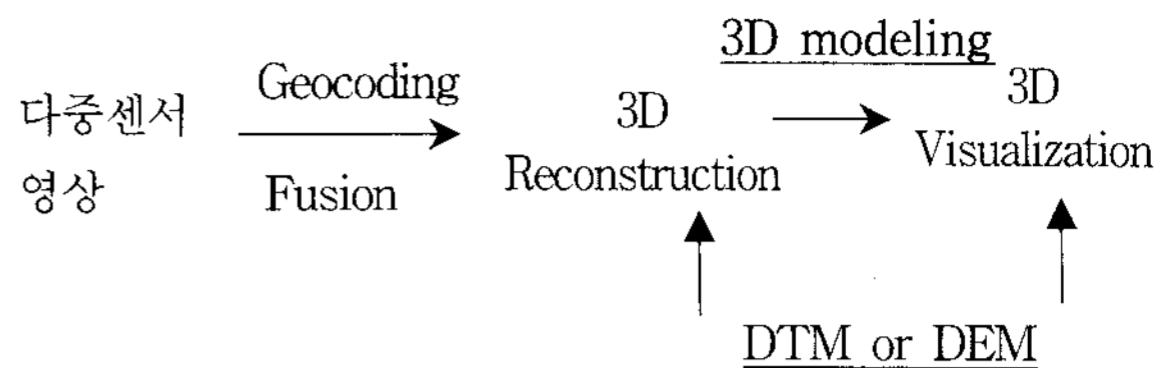


그림 1. 다중센서 원격탐사 영상 시각화 과정
Fig. 1. 3D Visualization process of multisensor remotely sensed data.

지리좌표계에 등록(geocoding)되어야 한다^[6]. 그림 1은 다중센서로부터 얻어진 원격탐사 영상의 시각화 처리과정을 보여준다.

Geocoding 다음 단계는 영상자료와 DEM(Digital elevation model)으로부터 관찰지역의 손실된 높이 정보를 복구하는 3차원 지형 모형을 생성하는 것이다. DEM은 지면으로부터의 높이에 관한 정보로 이에 식물과 건물 등에 관한 고도는 포함되어 있지 않다. 이러한 세부정보가 없다면 현실감 있게 시각화를 할 수 없기 때문에 관찰된 지역의 영상을 사용하여 3D 복원(reconstruction) 작업을 수행한다^[5-6].

효과적인 시각화를 위한 3D 모형을 얻기 위해서는 고도 맵을 부표본화 하고 삼각형 메쉬로 근사치를 구한다. 이때, 부정확한 영상자료와 3D 물체가 2D에 투영되어 생기는 오차로 인해 고도맵이 부정확하게 되는데 이를 위해 영상을 숲, 초원, 도로, 건물 등과 같이 여러 타입의 지역으로 나누고 이에 따라 마스크를 사용하여 고도맵의 오차를 줄여 준다. 또한 센서에 잡히지 않는 세부사항을 인위적으로 조절하도록 모형에 의미론적 기법을 가미하여 객체에 사후처리를 할 수 있다. 예를 들면, 숲 경계면에 가까이 가게 되면 합성된 나무를 경계면에 배치시켜 자연스러운 장면을 구성할 수 있도록 할 수 있다.

이러한 3D 복구작업 (reconstruction) 단계가 끝나게 되면 영상자료와 DEM을 사용하여 텍스처화된 3D landscape 모형을 실시간으로 시각화 한다. 시각화를 위해 사용되는 자료는 DEM과 다양한 래스터 자료로 다음과 같다.

- 위성영상자료
- 디지털항공사진
- 주제도(Thematic grids/layers : vegetation map 등)
- 디지털 지도
- 기타 자료 - 벡터 레이어, 주식, 등

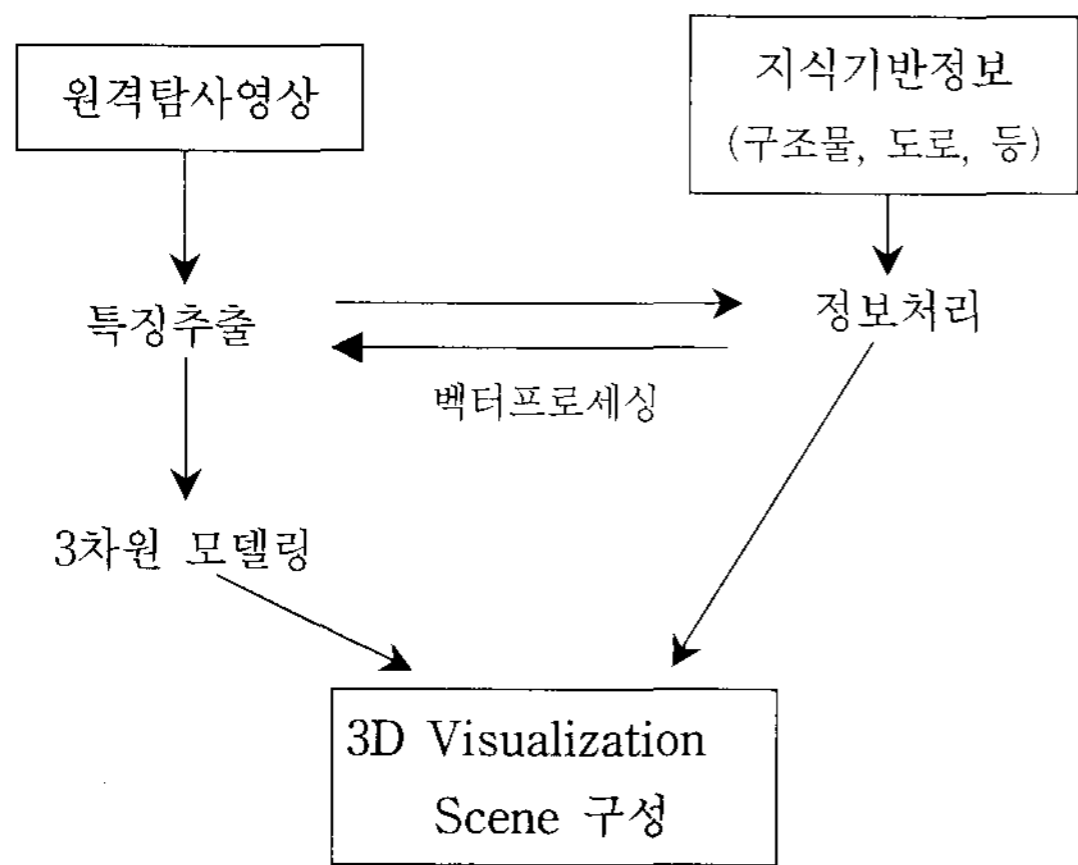


그림 2. 원격탐사 영상을 이용한 3D 시각화
Fig. 2. 3D Scene using remotely sensed data and knowledge-based information.

그림 2는 원격탐사 영상의 3D 시각화 과정과 예를 보여준다.

2. 원격탐사 영상을 이용한 가상환경 구축

GIS 분야에서는 공간자료와 분석 결과를 보여주기 위해 VR(Virtual Reality)을 사용하지만 원격탐사 영상 자료 분석을 위한 VR 기술의 활용은 상대적으로 많이 연구되지는 않았다. 현재 원격탐사기술의 발전으로 인해 자료의 종류가 다양해지고 자료의 양 또한 급격히 방대해졌다. 다중시간대 영상자료, 초분광 영상자료, 레이저 기반 자료, 영상합성자료 등은 복잡한 자료의 예로, 앞으로 원격탐사 센서의 발달과 더불어 자료의 형태는 더욱 복잡해질 것이다. 따라서 이러한 다양한 정보를 동시에 활용하여 현상을 분석하기 위해서는 기존의 제한된 자료에 기반한 방법론이 아닌 새로운 방법론의 필요성이 대두되고 있다.

VR 기술은 복잡한 자료들의 공간적 상관관계를 파악하고 분석할 수 있는 유용한 도구이기 때문에 이러한 관점에서 원격탐사 영상에 대한 VR 기술의 적용과 활용 가능성에 대한 연구가 필요하다. VR은 3차원적으로 자료를 표현하고 자료를 다양한 시점에서 관찰할 수 있도록 해주는 HCI (human-computer interface)의 한 형태이다. VR에 관련된 분야를 살펴보면 대부분 자료를 쉽게 관찰하고 해당정보를 찾는 단순한 기능들이 많은데, VR의 장점을 충분히 이용하기 위해서는 공간자료 분석과 동적모형에 기반한 지표변화 연구 등과 같이 다양한 지표환경 연구에서 VR 기능이 활용되어야 한다^[8].

원격탐사 VR 응용 시스템은 네이비게이션, 선택과 질의, 처리와 분석 기능을 제공해야 하고 원격탐사 영

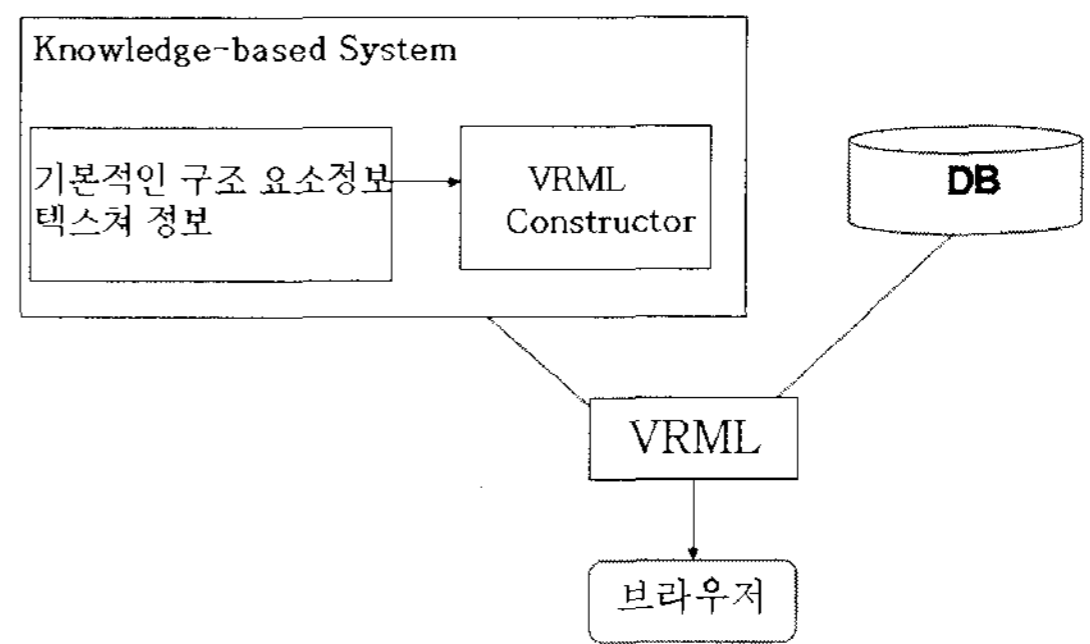


그림 3. VRML을 이용한 3D 시각화
Fig. 3. 3D Visualization using VRML.



그림 4. 가상공간 예
Fig. 4. An example of 3D virtual scene using remotely sensed data and knowledge-based information.

상의 시각화 장점을 충분히 활용하기 위해 사용자와 VR사이의 다양한 상호작용 기능이 함께 개발되어야 한다^[9]. 기본적인 요소 정보를 효율적으로 사용하는 지식기반시스템(Knowledge-based System)을 구성하면 효율적인 시스템으로 구축될 수도 있으며, 그림 3에 VRML을 이용하여 이러한 가상환경을 구축하는 과정이 간략히 설명되어 있고, 이렇게 구축된 가상공간의 한 예가 그림 4에 보여지고 있다.

3. 3차원 모형과 데이터베이스

시각화에 관련해서는 우선, 시각화 효과에 대해 먼저 고려해야 하고, 그 외 실시간으로 대용량 데이터를 디스플레이하고 다루는 기술적 문제, 복잡한 데이터를 동시에 표현해야 하는 문제, 지형 데이터의 복잡성과 범위, 데이터에 대한 방향성 제공의 문제, 등과 같은 여러 문제점이 함께 고려되어야 한다^[8].

지구과학 관련 문제에서 다루어지는 3차원 모형은 공간자료 분석을 통해 문제에 대한 원리를 이해하고 현상을 설명할 수 있는 과정을 지원한다. 이를 위해 3차원 모형은 지리학적인 객체나 현상을 모형화 하는데, 이러한 모형에서 지리적 객체는 기하객체로 표현되고 3차원 좌표체계에 표현된다. 이때 기본 단위는 면의 경계를 이용하거나 볼륨 단위로 정의된 입체 단위로 모형화 될 수 있고 객체 특징을 묘사하는 속성정보가 객체

에 연결되게 된다. 모형은 시각적으로나 수치적 분석을 통해 탐색되는데, 분석 방법은 논리, 수학, 통계 연산자를 사용하거나 행렬이나 위상과 같은 공간 함수를 통해 수행된다. 특히, 지질 객체 사이의 위상관계를 분석하게 되면 시공간적 관계를 추론할 수 있기 때문에 시각적으로 유추할 수 없는 새로운 정보를 찾아낼 수 있는 장점이 있다. 따라서 3차원 상에서 객체사이의 위상 관계를 빠르고 쉽게 분석하는 것이 매우 중요하다.

3D 공간모형은 객체 지향 모형과 공간 지향 모형으로 구분되는데 객체 지향 모형은 객체들로 구성되어 있고 각 객체들은 점 면과 같은 기본 원형과 이들의 집합으로 이루어져 있다. 예를 들면, wireframe 모형, B-Rep (Boundary Representation) 모형, CSG (Constructive Solid Geometry)가 이러한 모형으로 필요하다면 기초 위상 원형을 포함시킬 수 있다^[2]. 공간 지향 모형에서는 전체 공간을 연속적으로 보기 때문에 공간상에서 점진적으로 변화를 보이는 현상을 모형화 하는데 적합하고 3D 지질모형에는 객체 지향적 기법이 적합하다. 객체 지향 모형에서는 객체들이 정확한 경계를 갖고 각 객체들을 질의하거나 업데이트 하는 것이 쉽다. 또한 DB 관리의 용이성, 적은 저장 공간, 쉬운 위상 분석, 매핑시 투사 조절 등이 객체 지향 모형의 장점이다. 이러한 모형을 사용하기 위해서는 기존 규칙에서 위상 원형과 위상 객체를 정의해야 한다. TEN (Tetrahedral network structure)의 경우는 4개의 위상 객체(point, line, surface, solid)와 4개의 위상 원형(node, edge, triangle, tetrahedral)을 제공한다^[2].

질의는 공간 질의, 인접이나 포함과 같은 위상 질의를 통해 공간 객체들 간의 상호작용을 이해할 수 있어 이를 통해 지리적 공간에서 추론이 가능하다. 따라서, 3차원 모형 탐색을 위해서는 완전한 공간 질의가 가능해야 하며, 이러한 이유로 공간적 데이터베이스 질의는 공간 모형에 맞추어 구현되는 것이 더 효과적이다. 3차원 모델링은 2차원 모형보다는 공간적으로 표현하거나 기하학적 알고리즘을 다루는데 훨씬 복잡한데, 기존의 시스템이나 DBMS에서는 2D 공간자료를 다루도록 설계되어 입체적 데이터를 다루거나 질의하기가 어렵다. 이러한 이유로 3차원 모델링, 위상분석, 데이터베이스 질의는 지구과학 및 환경 관련 분야에서 함께 다루어져야 하는 문제이다.

공간 DBMS로 분류되는 많은 DBMS가 있지만 실제로 2D에 기반하여 3차원 위상 함수를 위한 공간자료 타입을 제공하고 있지 않다. Breunig는 객체지향

DBMS를 사용하여 구현된 open 2D DB 커널 시스템인 GeoToolkit을 제안했고^[4] Sprague와 동료들은 원근 질의, 수치 속성질의, 특성 질의를 수행할 수 있는 질의 프레임을 발표하고 미네랄 탐색의 예에 적용하였다^[3]. Zlatanova는 웹에서 질의와 시각화를 위해 설계된 3차원 위상모형을 개발하여 상업적 Geo-DBMS와 3D 위상질의를 통합하여 사용하였다^[7]. Pouliot와 동료들은 3D 행렬과 위상 질의를 수행할 수 있는 TQuery를 개발하였는데, 여기서는 질의가 DBMS 내에서 처리되는 것이 아니라 응용 인터페이스를 통해 처리되도록 하였다. TQuery는 모델링 툴과 DBMS 사이에 import, export, 분석 툴을 함께 제공하여 다른 3차원 모델링 소프트웨어와 DBMS를 쉽게 연결할 수 있는 방법을 지원한다^[2].

III. 실험

본 연구에서는 3차원 시각화를 위한 새로운 원격탐사 자료원으로 라이다와 최근 많이 활용되고 있는 고해상도 영상을 이용하여 3차원 환경을 시각화 하는 방법이 테스트 되었다.

라이다 자료는 다른 수치 고도자료 획득 기법에 비해 높은 정확도와 세밀도를 가지고 있어 3차원 도시 건물 모델링에 필요한 고도정보를 제공할 수 있다. 사용된 원격탐사 자료는 텍사스 오스틴 도시에 대한 Quickbird 고해상도 영상 자료와 Lidar자료가 사용되었다. 라이다 자료는 텍사스 대학의 LIDAR System인 Optech 1225 ALTM 자료로, 이 시스템은 25 KHz 레이저 펄스 비율(Laser pulse rate), 고도 410-2000 m, 지름 12-20cm 정도의 레이저 수신권으로 자료를 획득한다. 사용된 예제에서 자료는 130만개의 데이터 포인트가 사용되었고 테스트 지역은 평평한 주거지역과 상업지역, 구릉을 가지고 있는 도심 주변지역으로 구성되어 있다. 자료로부터 정보를 추출하는 과정은 다음과 같이 요약될 수 있다.

- S1: 지표 탐지
- S2: 지면과 지상위 구조물들의 포인트 분리
- S3: 건축물 표면 추출
- S4: 건축물과 비건축물 포인트들의 분리
- S5: 식물군 지역의 탐지
- S6: 식물 포인트들의 분리
- S7: 시각화를 위한 빌딩 구조 처리

먼저 가상공간을 구축하기 위해 라이다 데이터로부터 리턴 펄스를 이용하여 DEM 자료를 추출하였고, 얻어진 고도자료를 이용하여 앞서 설명한 과정을 거쳐 지역의 지형정보, 식물군 정보, 건축물 정보를 따로 분리할 수 있었다. 이렇게 얻어진 각각의 정보가 그림 5의 (a), (b), (c)에 보여 지고 있다. 시각화 할 때는 같은 지역의 고해상도 위성영상을 함께 사용하면 현실감 있는 3차원 가상공간을 구성할 수 있다. 결과는 그림 5의 (d)에 있다.

위의 예제에서처럼 다양한 원격탐사영상을 결합하여 사용하면 유용한 3차원 자료를 생성해 낼 수 있다. 지역의 지형, 건축물, 식물군 등과 같은 자료를 영상으로부터 추출해서 관리하게 되면 자료를 보다 빠르고 효율

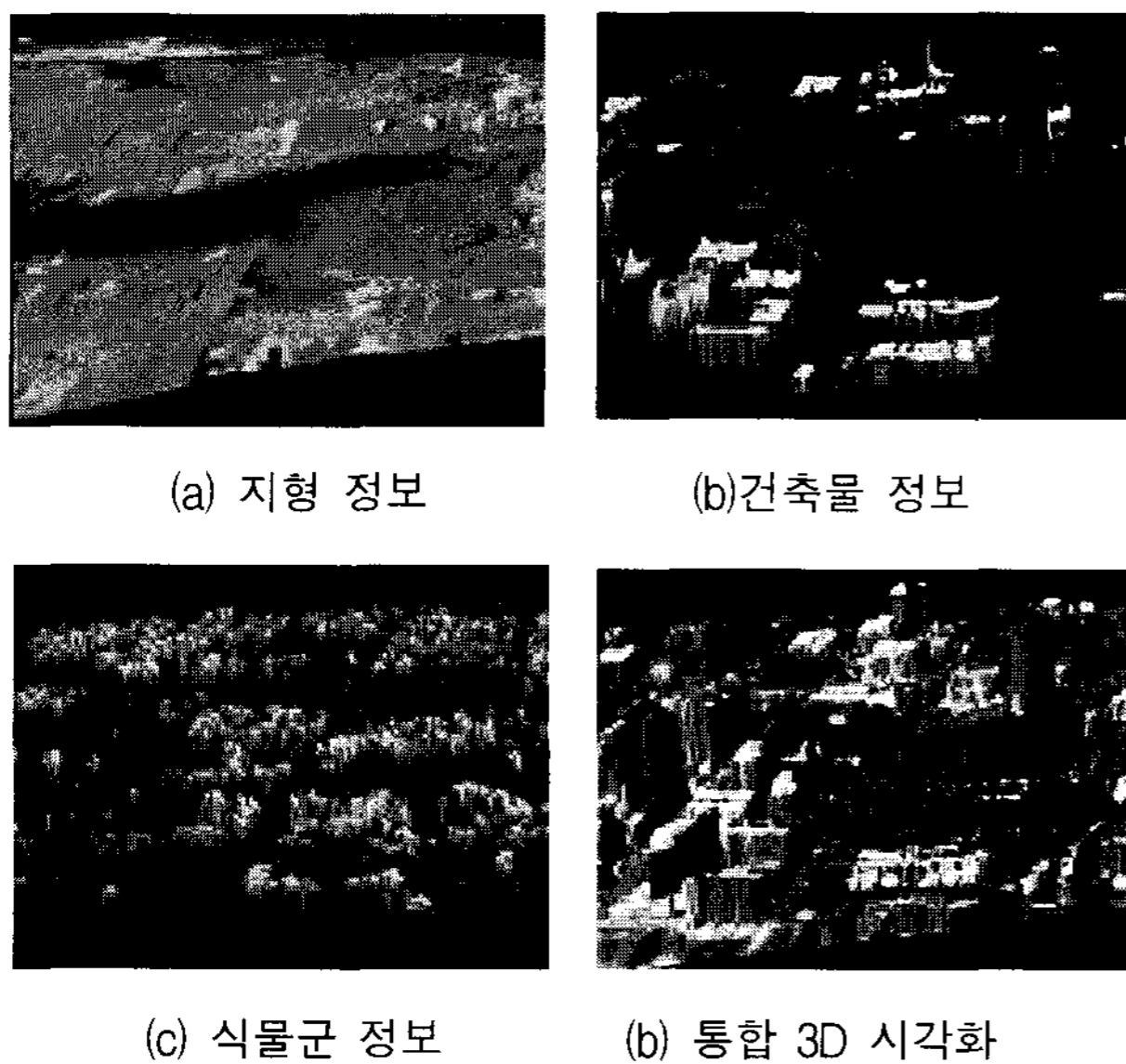


그림 5. 원격탐사 영상을 이용한 3차원 시각화 예제
Fig. 5. An example of 3D visualization using remotely sensed data.

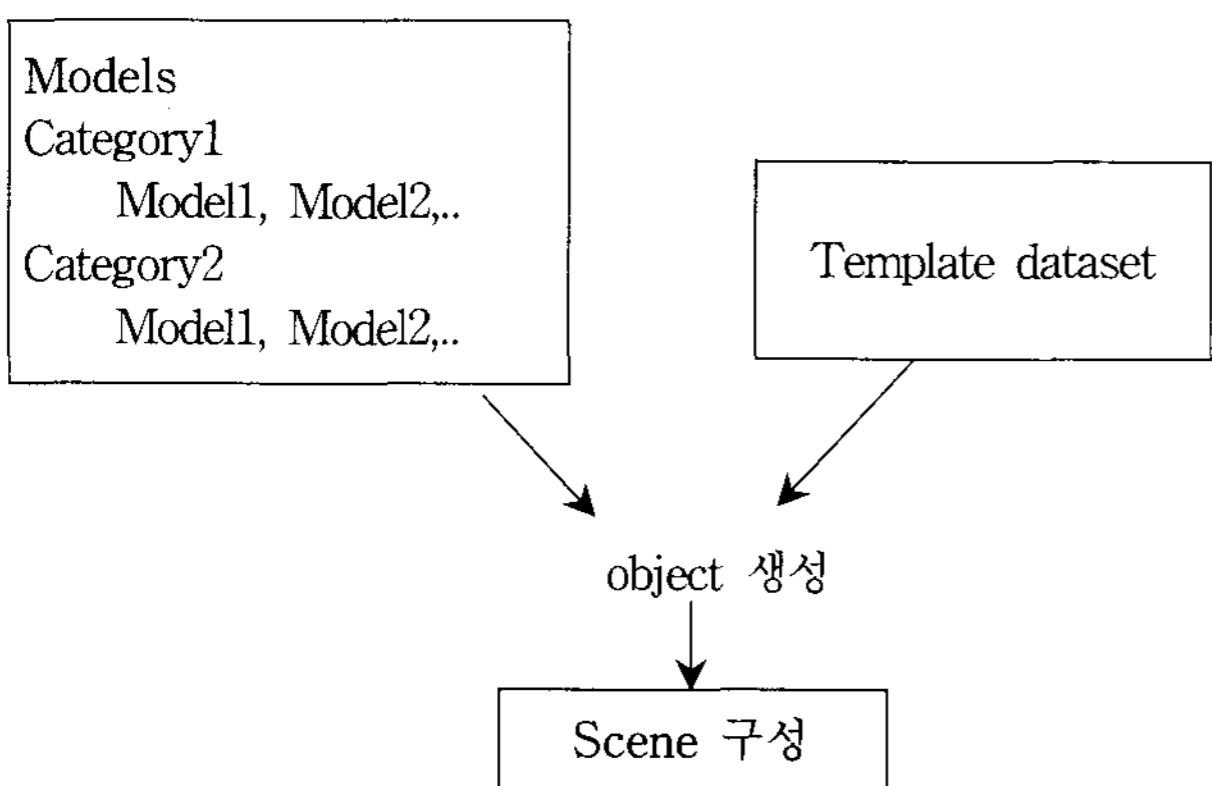


그림 6. 3차원 모델 기반 객체 생성
Fig. 6. Generation of 3D objects based on 3D Modeling.

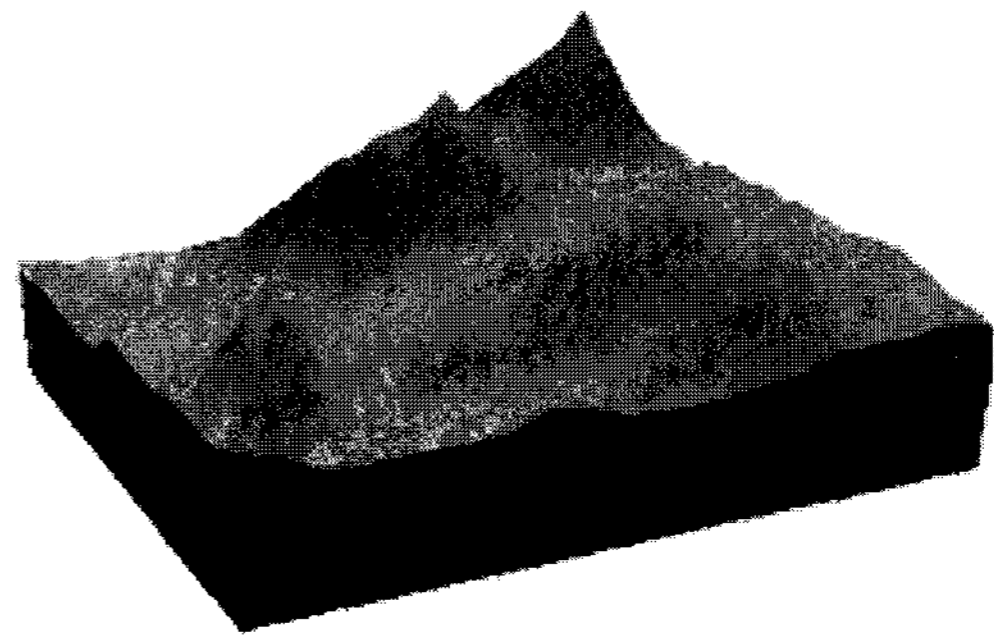


그림 7. 3차원 모델 기반 지형 시뮬레이션 예제
Fig. 7. An example of simulation using geo-modeling.

적으로 다룰 수 있다. 또한, 그림 6과 같이 템플릿 자료에 기하 객체나 지형 객체에 대한 다양한 3차원 모형을 적용하여 새로운 2D, 3D 공간 객체를 생성해 가상공간에 첨가할 수도 있다.

3차원 가상공간을 구현하기 위한 방법으로 최근에 가장 많이 사용되고 있는 기술은 OpenGL, DirectX 3D, X3D (VRML), 등 이다. 이러한 기술들은 다양한 인터페이스와 기능을 제공함으로써 사용자들이 현실감을 느낄 수 있는 가상공간을 쉽게 구현할 수 있게 해 준다. 여기서는 3차원 모형을 이용하여 고도 변화에 따라 지형이 생성되는 예를 시뮬레이션해서 보여주는 3차원 지형 시뮬레이션을 VRML로 구현하였다. 구현된 가상공간에서는 줌, 회전, 이동 기능을 통해 여러 각도에서 지형을 실시간으로 살펴볼 수 있고, 3차원 지형 시뮬레이션을 통해 사용자는 직접 변화 조건을 선택해서 이에 따른 지형변화를 가상공간을 통해 경험해 볼 수 있다.

IV. 결 론

최근 들어 원격탐사기술의 발전으로 인해 다양하고 복잡한 지구환경 자료가 획득되고 이와 관련하여 원격탐사 영상을 이용한 3차원 시각화 기술과 그 응용 분야에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 지구과학 및 지구 환경 분야에서 3차원 시각화는 현장을 탐색하고 해석하는 것 이외에도 단순 시각화를 통해서 볼 수 없는 원리와 여러 요인들의 상관관계를 모형을 통해 유추할 수 기능을 제공해야 한다. 지구과학 전문가들은 일관성 있고 정확한 자료를 기반으로 3D 모델링 기법과 도구를 사용하여 비교적 손쉽게 3차원 모형을 개발할 수 있다.

지구환경을 보다 현실감 있게 시각화하고 이를 통해 공간적 특징이나 객체 지형들 간의 관계를 찾아낼 수

있기 위해서는 3D 공간 표현의 지원이 필요하다. 다양한 2D, 3D 공간자료와 관련 벡터 자료가 통합되어 정보를 생성해야 하고, 또한 지질이나 지표 객체들 간의 3차원 환경에서 상대적 위치와 위상학적 관계가 통합되어 함께 다루어져야 하기 때문에 3차원 모델링과 위상 분석, 데이터베이스가 함께 고려되어야 한다. 3차원 공간에서 지질이나 지표 객체들 간의 시공간적 상관관계를 포함하는 개념적 모델을 통해 일관성 있게 정보를 저장 및 추출, 분석하기 위해서는 객체간의 공간적 관계뿐만 아니라 위상 질의 및 위상분석이 가능해야 하며 주어진 지구과학 및 지구 환경 문제에 적합하도록 설계되어야 한다.

본 연구는 향후 지구과학과 지구환경 관련 교육 분야에서 원격탐사 영상을 이용한 3차원 가상공간과 동적 공간 모형을 활용할 수 있도록 연구가 계속 진행될 예정이다. 이를 통해 지구과학과 지구 환경에 관련된 추상적이거나 이해하기 어려운 개념을 시각적으로 보여주고 모형을 통해 관련 현상을 이해하거나 변화과정을 추론할 수 있게 하여 과학 및 공학 교육에서 유용하게 활용될 것이다.

감사의 글

자료를 사용할 수 있도록 도움을 주고 자문을 주신 Univ. of Texas, Austin의 Center for Space Research의 Amy Neuenschwander 연구원에게 감사를 드린다.

참고 문헌

- [1] J. Dykes, Creating information-rich virtual environments with geo-referenced digital panoramic imagery. In: P. Fisher and D. Unwin, 2002.
- [2] J. Pouliot, K. Dedard, D. Kirkwood, B. Lachance, "Reasoning about geological space: Coupling 3D GeoModles and topological queries as an aid to spatial data selection", Computers & Geosciences Vol. 34 no. 5, pp.529-541, 2008.
- [3] K. Sprague, D. de Kemp, W. Wong, J. McGaughey, G. Perron, T. Barri, "Spatial targeting using queries in a 3-D GIS environment with application to mineral exploration", Computers & Geosciences Vol. 32 no. 3, pp.396-418, 2006.
- [4] M. Breunig, "An approach to the integration of spatial data and systems for a 3D geoinformation system", Computers & Geosciences Vol. 25, no. 1, pp.39-48, 1999.
- [5] R. Tonjes, "3D Reconstruction of Objects from Aerial Images using a GIS", ISPRS Joint Workshop on "Theoretical and Practical Aspects of Surface Reconstruction and 3-D Object Extraction", Haifa, Israel, September 9-11, 1997.
- [6] S. Grove, P. Schulze, R. Tonjes, "3D Visualization and Evaluation of Remote Sensing Data", Computer Graphics International 1998 (CGI'98)
- [7] S. Zlatanova, A. Rahman, W. Shi, "Topological models and frameworks for 3D spatial objects", Computers & Geosciences Vol. 30 no. 4, pp.419-428, 2004.
- [8] T. Warner, M. Nellis, D. Brandtberg, T. McGraw, J. Gardne, "The potential of virtual reality technology for analysis of remotely sensed data: a lidar case study", Geocarto International, Vol. 8 no. 1, pp.25-32, 2003.
- [9] J. Dykes, Creating information-rich virtual environments with geo-referenced digital panoramic imagery. In: P. Fisher and D. Unwin, 2002.

저 자 소 개



정 명 희(정회원)
 1989년 서울대학교 계산통계학과 졸업.
 1991년 U. of Texas, Austin 석사
 1997년 U. of Texas, Austin 산업공학과 박사학위
 2008년 현재 안양대학교 디지털 미디어공학과 부교수.

<주관심분야 : 통신, 시뮬레이션, 원격탐사 데이터 처리, 영상처리 멀티미디어>



윤 의 중(정회원)
 1985년 고려대학교 전자공학과.
 1988년 U. of Texas, Austin, Electrical Engineering 석사
 1994년 U. of Texas, Austin, Electrical Engineering 박사학위

2008년 현재 호서대학교 시스템제어공학과 교수.
 1994년~1996년 미국 University of Texas at Austin 부설 Center for Magnetics Post-Doctor 연구원.

<주관심분야 : 고주파(RF) 수동 부품용 자성박막(또는 Chip) 인덕터 및 변압기 설계 및 제작 연구, 고주파(RF)용 자성박막재료 개발, MEMS기술을 이용한 Si 압력센서 개발, PIN Diode Array를 이용한 의료 영상기기 개발, 나노입자 자성체 합성 연구, 영상처리 멀티미디어>