

GIS를 위한 3차원 공간 연산 처리기 설계 및 구현[†]

이진열*, 김대중*, 지정희*, 류근호*, 이성호**

*충북대학교 데이터 베이스 연구실

**한국전자통신연구원

e-mail : fjinylee, kimdj, jhchi, khryu@dblab.chungbuk.ac.kr, sholee@etri.re.kr**

Design and Implementation of a 3D Spatial Operation Processor for GIS[†]

Jin Yul Yi*, Dae Jung Kim*, Jeong Hee Chi*, Keun Ho Ryu*, , Seong Ho Lee**

*Database Laboratory, Chungbuk National University

**Electronics and Telecommunications Research Institute, Korea

요 약

최근 3D 공간 객체의 효율적인 표현을 위해, 3D 연산 및 다차원 인덱싱 기법에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 또한 이러한 인덱싱 연산을 기반으로 많은 응용프로그램들이 개발되고 있다. 그러나, 대부분의 응용프로그램들은 단순히 비공간 속성에 대한 질의를 기반으로 한 3D 객체의 시각화에만 치중하고 있기 때문에, 3D 공간 객체에 관한 분석 기능을 제대로 지원하지 못하고 있다.

따라서, 이 논문에서는 3D 공간 객체에 관한 효율적 분석 기능을 제공할 수 있는 3D 공간 연산 처리기를 설계 및 구현하였다. 기존 시스템과의 상호운용을 위해서, 제한한 연산 처리기는 OpenGIS의 2차원 기하 객체 모델을 3차원으로 확장한 3D 기하 객체 모델을 기반으로 하였다. 또한 빠른 공간 연산을 수행하기 위해 인덱싱과 연동하여 구현하였다. 이 연산 처리기는 3D GIS에 적용될 경우, 효율적인 공간 분석 기능을 제공할 수 있다.

1. 서 론

최근 지리 정보 시스템에 관한 중요한 연구 분야 중 하나가 실세계의 객체들을 기존의 2차원에서 3차원으로 해석하려는 연구이다. 그리고, 현재 3차원 지리 정보 시스템은 많은 응용프로그램에 적용되고 있다[Pfun, Egen91b].

캐드 분야에서는 B-Rep(Boundary Representation) 와 CSG(Constructive Solid Geometry)같은 메소드가 사용되고 있다. 하지만 이들 메소드는 건물처럼 독립적인 환경에서의 규칙적인 객체에 적당하므로 다양한 객체들을 표현하기에는 부적당하다. 또한 ESRI는 도시, 지질, 해양 등의 다양한 시각적 분석 기능을 필요로 하는 분야에 적용될 수 있는 소프트웨어를 개발하였으며, 웹 상에서 3D 객체를 VRML로 표현하고, 사용자들에게 서비스를 제공하고 있다. 그러나, 이들 응용프로그램들이 다양한 시각적 분석 기능을 제공하고 있지만, 3차원 공간 객체 간의 거리 측정 및 교차 여부 검출 같은 위상 및 기하 연산은 연산 처리 과정이 복잡하고, 3D에 관한 효율적인 알고리즘 부재로 인하여 제대로 지원하지 못하고 있다[Egen91b].

따라서 이 논문에서는 3D 객체의 시각화뿐만 아니라, 다양한 공간 분석 기능을 제공할 수 있는 3D 공간 연산 처리기를 설계 및 구현 하였다. 이 연산 처리기는 3차원 지리 정보 시스템에서 필요로 하는 3D 공간 객체 간의 다양한 공간 분석 기능을 제공할 수 있다.

효율적인 논문 전개를 위해, 2장에서는 관련연구로 3차원

데이터 모델과 연산에 대해 살펴보고, 3장에서는 공간 분석 기능을 수행할 수 있는 3차원 공간 연산 처리기의 구조에 관해 기술한다. 그리고, 4장에서는 적용 시나리오에 따른 구현 결과를 기술하고, 5장에서는 향후 연구 및 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

2.1 3차원 공간 데이터 모델

많은 3차원 공간 데이터 모델들이 주로 도시의 건물 및 주변 영역을 표현하기 위해 개발되어 왔다. 도시의 주변 영역을 모델링하기 위해 주로 DEM 모델이 사용되고 있으며, TIN(Triangulated Irregular Network)과 Grid 방법이 적용되고 있다. [Egen91b]에서는 도시의 건물을 모델링하기 위해 LC 모델을 제안하고 있다. LC 모델은 건물의 각 층을 Layer 형태로 표현하기 위해 제안되었으며, 이 모델은 단순히 시각적인 표현뿐만 아니라, 속성과 함수 등도 함께 기술하고 있다. 그러나, 기존 시스템과의 상호 운용을 고려하지 않은 모델이며, 또한 시각적인 부분에 치중되어 있고, 3차원 위상 연산은 고려하지 않고 있다.

Solid 모델은 다른 3D모델과는 달리 어떤 특수한 목적을 위한 것이 아니라, 일반적으로 적용이 가능한 모델이다 [Gige01]. 이 모델링 방법은 기하학적 객체의 특성을 이용하여 모델링하는 방법이다. Solid 모델에는 각 특성에 따라 Cell model, CSG model, B-Rep model로 구분할 수 있다. 이 중 B-Rep모델은 많은 모델링 기법의 기반이 되고

[†]이 연구는 2002년 ETRI의 다차원 공간 Indexer와 Simple API 개발에 관한 연구과제로 수행된 결과임

있으며, OpenGIS에서 제시하고 있는 2차원 기하 객체 모델이 이 모델을 기반으로 하고 있다.

[강구01], [현아00]에서는 기존 시스템과의 상호 운용을 고려하여 OpenGIS의 2차원 기하 객체 모델을 3차원으로 확장한 3차원 기하 객체 모델을 제안하고 있다. 이 논문에서는 [현아00]에서 제안한 모델을 기반으로 3차원 공간 연산 처리기를 설계 및 구현하였다.

2.2 3차원 공간 연산자.

[Shar95],[Egen91a]에서는 포인트 셋을 기반으로 한 공간의 내부와 외부, 경계로 나누는 방법을 사용하여 disjoint, meet, equal, covers, contain, overlap 등의 위상 관계를 표현하고 있으며, 또한 차원으로 확장된 방법과 계산에 기반한 방법을 이용하여 위상 관계 연산자를 정의하고 있다. 차원으로 확장된 방법으로는 포인트 기반의 4IM과 9IM 방법을 차원으로 확장한 DE-4IM, DE-9IM방법들이 있다. 계산에 기반한 방법으로는 CBM 방법이 있다. CBM방법은 8개의 연산자(touch, in, cross, overlap, disjoint, boundary, from, to)로 DE-4IM, DE-9IM에서 발생하는 모든 위상관계를 표현하였다[Clem95]. 3차원 객체의 위상관계를 표현하는 방법으로는 9IM 방법을 3차원으로 확장한 DE-9IM 방법으로 정의한 연산자가 있다. 이 방법은 3차원 공간 안에 Point, Line, Area, Solid들로 표현되는 객체들 간의 위상 연산을 고려하는 방법으로, 기존의 2차원 연산자를 확장하여, Disjoint3D, Touches3D, Crosses3D, Within3D, Overlaps3D, Contains3D, Intersects3D로 재정의 하였다. 또한 이들 연산자들은 OpenGIS의 2차원 기하 객체 모델을 확장한 3차원 기하 객체 모델을 기반으로 하고 있다.

이 논문에서는 [강구01], [이현아00]에서 정의한 공간 연산자를 기반으로 하고 있다.

3. 3차원 공간 연산 처리기의 구조

효율적인 연산을 위해 그림 1과 같이 3차원 공간 연산 처리기를 설계하였다.

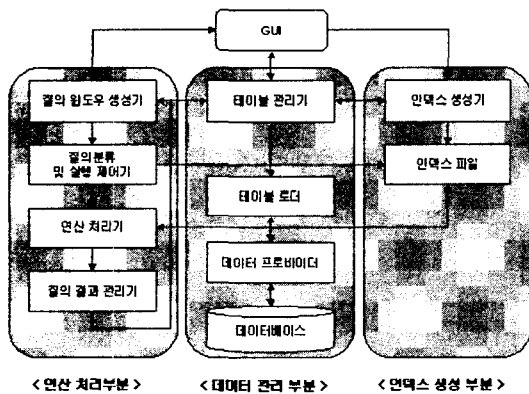


그림 1 3차원 공간 연산 처리기

■ 연산 처리 부분 : 객체들이 출력된 GUI에서 윈도우 질의 및 일반 질의가 입력되면, 처리할 영역을 설정하고, 질의에 따라 위상, 기하, 기타 연산으로 분류하여 각 연산에 따라

연산처리기에서 인덱스와 연동하여 처리한다. 질의 결과는 질의 결과 관리기에서 표, 파일, 시각화 형태 등으로 출력한다

■ 데이터 관리 부분 : 데이터 베이스에서 OLEDB 프로바이더에 의해 테이블의 스키마 정보 및 제약 정보를 얻어, 테이블 로더에서 ADO 및 OLEDB 컨슈머를 이용하여 테이블을 가져온 후, 테이블 관리기에서 해당 테이블의 레코드를 인덱스와 연산처리 부분에서 필요로 할 때 제공한다.

■ 인덱스 생성 부분 : 데이터베이스에서 사용할 테이블에 대해 R*-tree를 이용해 인덱스를 생성하고, 생성된 인덱스는 파일 형태로 저장된다.

이 연산 처리기 구조는 인덱스를 이용하여 연산될 객체를 보다 빠르게 검색 및 처리할 수 있다. 또한, 데이터의 변동이 없는 한, 저장된 인덱스 파일을 재사용할 수 있도록 하였다.

4. 시나리오 및 구현

3차원으로 도시 건물들을 표현하는 것은 많은 분야에 적용되고 있다. 예를 들며 새로운 건물 신축 시에 예정된 위치가 주택가인지, 상가 지역인지, 건물의 이용용도에 적합한 지역인지의 여부를 예측하는 분야 등에 적용되고 있으며, 또한 도시 계획하는 분야에서의 3차원 건물 표현은 필수적이라 하겠다.

따라서 이 논문에서는 3차원 공간 연산 처리기를 평가하기 위해, 서울 특별시 중구 지역의 건물로 commercial, education, emergency, entertain, house, lodge, public, religion, welfare, etc등 10개의 테이블로 분류된 건물 데이터로 테스트를 실시하였다. 테이블에는 총 10,484개의 레코드가 저장되어 있으며, info_table 테이블은 각 건물 테이블들에 대한 좌표 체계 및 스키마 정보 등을 가지고 있다. 각 테이블에 저장된 기하 구조는 OpenGIS 컨소시엄에서 제시하고 있는 WKB 포맷방식을 사용하였다.

구현환경으로, DBMS는 MS-SQL 2000을 사용하였고, 상호 운용을 위해 OLEDB를 이용하여 데이터에 접근하고, OpenGL 라이브러리를 이용하여 시각화하였다.

테스트 데이터셋을 포함하고 있는 10개 테이블의 스키마 구조는 모두 같으며, 표 1과 같다. 표1에는 주로 건물 데이터의 공간 속성을 나타내고 있다.

표 1. 건물 테이블의 스키마 구조

컬럼명	타입	비고
ID	Int	객체의 OID
SIZE	Int	객체를 구성하는 포인트 셋의 크기
X1	Float	객체의 MBR중 좌하단 x좌표
Y1	Float	객체의 MBR중 좌하단 y좌표
Z1	Float	객체의 MBR중 좌하단 z좌표
X2	Float	객체의 MBR중 우상단 x좌표
Y2	Float	객체의 MBR중 우상단 y좌표
Z2	Float	객체의 MBR중 우상단 z좌표
...
NAME	Varchar(255)	건물의 이름
...
Geometry	Text(16)	WKB 형태로 Incoding

이 논문에서는 임의의 범위 질의에서의 intersect3D, contain3D의 연산 처리 과정을 예를 들어 기술하였다.

질의 임의의 범위 질의(Hypercube : Q_h)와 교차하는 상업용 건물을 검색하라.

위의 질의는 아래의 SQL 구문과 같이 표현될 수 있다.

SQL) *Select ID ,Geometry from commercial c
where intersect3D(c.Geometry , Q_h);*

임의의 윈도우 질의는 MBB(Q_h)로 구성된다. MBB는 세 점으로 구성되며, Hypercube Class로 구현된다. 2차원 모니터 평면 상에 윈도우 질의 영역을 그리게 되므로, 3차원 MBB를 표현하기 어렵다. 그러므로 Z축은 별도의 값을 입력하도록 구성하여 3차원 MBB를 표현하였다.

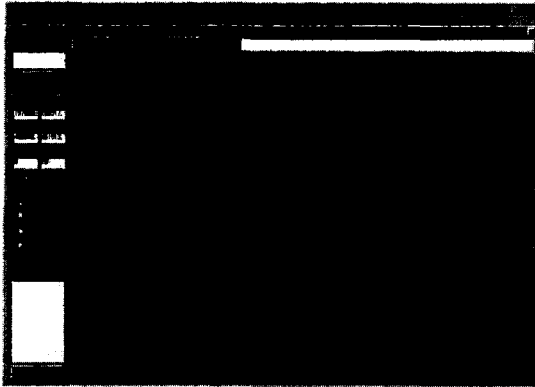


그림 2. 윈도우 질의

범위 질의 후에 해당 연산을 처리 하게 된다. 연산 처리는 Filter 단계와 Refinement 단계를 거쳐 진행된다. Filter 단계는 윈도우 질의 영역과 피쳐 테이블의 객체의 MBB간의 연산을 인덱스 기반으로 수행한다. 그러므로, Refinement 단계는 필터링이 된 결과 후보집합에 대해 연산을 수행하므로, 불필요한 연산을 줄일 수 있다. 그림 3은 Intersect3D 연산을 수행한 결과를 나타내고 있다.

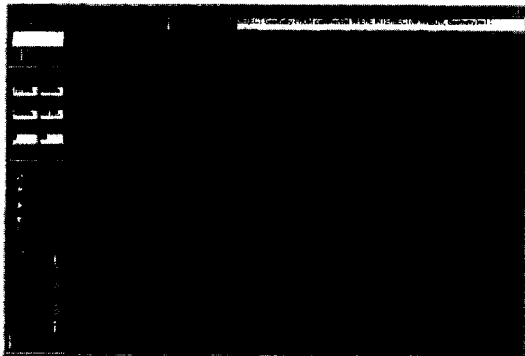


그림 3. 3차원 위상 연산 결과 화면

질의를 수행한 결과를 텍스트 형태 뿐만 아니라 시각화

하여 나타낼 수 있도록 구성함으로써, 사용자들이 보다 편리하게 사용할 수 있도록 하였다. 또한 시각화 기능의 기본이 되는 Zoom In/Out, Panning 기능도 함께 구성하였다.

4. 결론 및 향후 연구

최근 3차원 그래픽 및 컴퓨터 기술이 발전하면서, 3차원 지리 정보 시스템에 대한 관심이 고조되고 있고, 많은 응용프로그램들이 개발되고 있다. 그러나, 대부분의 응용프로그램들은 3차원 연산의 복잡함과 관련 알고리즘의 부족으로, 주로 3차원 객체의 시각화에만 초점을 맞추고 있다. 따라서, 이 논문에서는 3차원 공간 객체 간의 다양한 공간 연산을 처리할 수 있는 3차원 공간 연산 처리기를 설계 및 구현 하였다. 제안한 연산 처리기는 효율적인 3차원 공간 분석 기능을 수행하기 위해 공간 인덱스로서 R*-Tree를 통합하여 구성하였다.

이 논문에서 제안한 3차원 연산 처리기는 3차원 객체의 시각화뿐만 아니라, 다양한 공간 분석 기능을 제공해야 하는 3차원 지리 정보 시스템에 적용될 수 있다.

향후 연구로는 다양한 연산자 개발 및 복잡한 3차원 객체 간의 공간 연산에 관한 연구가 수행되어야 하며, 또한 연산자의 성능 향상을 연구와 컴포넌트 기반의 기술 개발에 대한 연구가 수행되어야 한다.

[관련연구]

[Clem95] E. Clementini and P. Di Felice, A Comparison of Methods for Representing Topological Relationships, *Information Sciences* 3: pp.149-178, 1995.

[Gige01] Giger Ch., Loidold M., Framework for Geospatial Information Visualization and Analysis, *IEEE 2001 (InfoVis 2001)*, 22./23. Okt.

[Shar95] J. Sharma and D. M. Flewelling, Inferences from Combined Knowledge about Topology and Directions, 4th International Symposium on Spatial Databases, Vol.951, pp.279-291,1995.

[Pfun] Mattias Pfund, TOPOLOGIC DATA STRUCTURE FOR A 3D GIS, Institute of Geodesy and Photogrammetry Swiss Federal Institute of Technology (ETH), Zurich ETH Hönggerberg, CH 8093 Zurich, Switzerland

[Egen91a] Max J.Egenhofer and John R. Herring, Categorizing binary topological relationships between regions, lines, and points in geographic databases, Technical report, Department of Surveying Engineering, University of Maine, Orono, Me, 1991.

[Egen91b] M. Egenhofer and R. Franzosa, Point-Set Topological Spatial Relations, *International Journal of Geographical Information Systems* 5 (2): pp.161-174.1991.

[Qing99] QingquanLi, Wenzhong Shi, Bisheng Yang, 3D CITY MODELING BASED ON AN INTEGRATED DATA MODEL, PROCEEDINGS OF GEOINFORMATICS99 CONFERENCE, ANN ARBOR, pp.19-21, 1999.7.

[강구01] 강구, 컴포넌트 기반의 2차원 시공간 위상 관계 연산자의 설계, 한국정보과학회 추계 학술발표논문집 제 28권 제1호, pp.78-81,2001

[현아00] 이현아, 3D+ Temporal 시공간 객체 모델링, 한국정보처리학회 추계 학술발표논문집 제 7권 제 2호, pp.89-92,2000