

3D + Temporal 시공간 객체 모델링

이현아, 임헌기, 김영일, 남광우, 류근호
충북대학교 데이터베이스연구실

E-mail : {halee, hklim, yrjin, kwnam, khryu}@dblal.chungbuk.ac.kr

3D + Temporal Object Modeling

Hyun Ah Lee, Hun Ki Lim, Yong Ri Jin, Kwang Woo Nam, Keun Ho Ryu
Dept. of Computer Science, Chungbuk National University

요 약

실세계 객체의 정보는 공간상에서 위치 또는 영역을 가지고 있으며 시간에 따라 변한다. 또한 여러 분야의 응용 업무들 또한 시간과 공간 개념을 함께 포함하고 있으므로 시간 데이터와 공간 데이터에 대한 동시 지원의 필요성이 부각되었으며 시공간 데이터베이스(spatiotemporal databases)의 필요성이 제기 되었다. 그러나, 지금까지 제안된 시공간 객체 모델은 2 차원 공간 데이터로 제한되어 있었으나, 이 논문에서는 3 차원 공간에 시간 영역을 확장하여 시공간 데이터를 제공하기 위한 통합 데이터 모델을 제시한다. 여기서 제안된 3 차원 시공간 객체 모델은 이력 객체(discretely moving object)의 표현에 중점을 두었고, 이동 객체(continuously moving object)에 대한 모델은 연속적인 위치의 변화를 표현하기 위한 객체의 모델링에 초점을 맞추고 있다.

1. 서론

실세계의 객체들은 공간 상에서의 위치 또는 영역에 관한 정보들이 시간에 따라 변하게 된다. 그럼에도 불구하고 과거의 연구는 공간 데이터베이스와 시간 데이터베이스의 두 분야로 서로 독립적으로 연구되어 왔다[이종연 99, 조영소 99]. 그러나, 최근의 많은 응용분야는 시간에 따라 변하는 공간 객체 즉, 시간과 공간을 통합한 시공간 객체를 다룰 수 있는 데이터베이스를 요구하게 되었다. 이러한 데이터를 다룰 수 있는 데이터베이스를 시공간 데이터베이스(spatiotemporal databases)라고 한다 [Salt00, 김동호 98].

일반적 의미에서 시간에 관련된 공간 객체들을 시공간 객체(spatiotemporal object)라 하고, 이것은 불연속적으로 움직이는 이력 객체(discretely moving object)와 연속적으로 움직이는 이동 객체(continuously moving object)로 구분된다[Guti98, Worb90]. 이러한 시공간 데이터를 시공간 데이터베이스에 제공하기 위해 시공간 객체의 모델링이 필요하다. 지금까지 [Guti98]과 [Worb90] 등에 의해 제안된 시공간 모델링들은 2 차원 시공간 객체에 한정되어 있으나

이 논문에서는 실세계의 시공간 객체를 더 명확하고 효율적으로 표현하기 위해 3 차원으로 확장한 모델을 제안한다.

제 2 장에서는 시공간 객체 모델링의 관련 연구를 기술하고, 제 3 장에서 3 차원 공간 객체 모델을 제안한다. 제 4 장에서는 2, 3 장에서 설명한 공간 객체를 유효 시간 개념을 포함하여 확장 시킨 시공간 객체 모델을 이력 객체와 이동 객체로 구분하여 설명한다. 제 5 장에서는 이 논문에서 제안한 3 차원 시공간 객체 모델의 적용 예를 제시한다. 마지막으로 제 6 장에서 결론과 향후 연구 방향에 대해 기술한다.

2. 관련 연구

2.1 Worboy 의 객체 지향 접근 방법

Worboy 는 처음으로 객체 지향 개념을 시공간 모델링에 도입하였다[Worb90]. 그리고 공간 데이터 모델을 시공간 데이터모델로 일반화 시키는 방법을 이용하였다. Worboy 논문은 이러한 접근 방법을 표현하고 있다. 여기서, 공간 객체들은 두 종류의 시간적 측면과 관련이 있고 질의를 위한 연산들의 집합이 제공된다. 그는 시공간 객체(ST-object)의 개념을 도입하였다. 여기서 시공간 객체는 공간과 이원시간 영역을 모두를 가지고 있는 유일

이 연구는 한국전자통신 연구원의 "4D 시공간 데이터 제공자 컴포넌트 개발" 위탁과제의 연구비 지원에 의해 수행되었음.

한 객체로서 정의한다. 이밖에 simplex 라고 불리는 공간 객체인 point, finite straight line segment 또는 triangular area 가 있고 이 Simplex 가 순서화 된 쌍인 bitemporal element 와 함께 ST-simplex 를 이룬다. 그리고 ST-simplex 들의 유한 집합을 ST-complex 라고 하며 ST-complex 상에서 질의 대수가 제안되었으며, 또한 union, intersection, difference, equality, subset, boundary, spatial projection 그리고 temporal projection 들도 이 ST-complex 상에서 제공된다. 그러나 이 모델은 다양한 표현력을 가진 타입 시스템을 제공하지 않는다, 즉 기본적으로 제한된 연산 집합을 가진 ST-complex 라는 단일 타입을 제공한다.

2.2 이동 객체를 위한 ADT 기반 데이터 모델 접근 방법

시간에 따라 변하는 공간객체, 일반적 의미에서 이러한 시공간 객체를 이동 객체라고 한다. 이것은 이동 객체의 개념을 이용하여 시공간 데이터베이스를 모델화하려는 접근 방법으로, 움직이는 객체를 다루는 데이터베이스라는 관점에서 출발한다[For100].

시공간 객체 추상 데이터 타입(ADT)을 정의하고 기존의 데이터베이스에 이 타입들을 확장하는 방법으로 이 방법은 공간 객체 타입을 ADT 형태로 기존 데이터베이스에 확장한 공간 데이터베이스 응용에서 기인한다.

여기서는 특히 시간에 따라 연속적으로 이동하는 시공간 객체들에 대해 관심을 갖고 이와 관련된 데이터 타입들 즉, 시간에 따라 연속적으로 위치가 변하는 mpoint 데이터 타입과 위치 정보와 함께 영역 정보가 같이 변하는 mregion 타입에 대하여 정의하고 있다.

2.3.2 차원 공간 객체 모델

OpenGIS 명세서에서는 2 차원 공간 객체 모델을 Geometry, Point, Curve, LineString, Polygon 등의 단일 공간 객체와 단일 객체의 컬렉션 형태인 Multipoint, MultiLineString 그리고 MultiPolygon 으로 나타내고, 이들 공간 객체 사이의 연산들을 제시하고 있다[OGIS99].

Geometry 는 공간 데이터 계층에서 루트 클래스이며 추상화 된(non-instantiable) 클래스이다. Point 는 0 차원 공간 데이터로 좌표 공간에서 하나의 위치를 표현한다. 한 point 는 하나의 x-좌표 값 하나의 y-좌표 값을 갖는다. Curve 는 점들의 순열로 저장되는 1 차원 공간 데이터이며, 점들 사이의 상호작용의 형태를 기술하고 있는 하위 타입들을 갖고 있다. LineString 은 점들 사이의 선형 상호관계를 갖는 Curve 들이다. 이 때 각 연속한 점들의 쌍을 line segment 라고 한다. 정확히 두 점만을 갖는 LineString 을 Line 이라고 한다. LinearRing 은 닫혀있으며 단순한 LineString 을 말한다. Surface 는 2 차원 지리 객체다. Surface 의 유일한 인스턴스를 갖는 하위 클래스는 Polygon 으로 평면의 단순한 외관을 갖는다. Polygon 은 평면의 surface 이며, 하나의 외부 경계와 0 또는 그 이상의 내부 경계를 갖는다. 각 내부 경계선은 다각형 내에 있는 구멍(hole)을 정의한다.

3. 3 차원 공간 객체 모델링

현재 제안된 공간 객체의 표준은 2 차원까지의 객체 모델 만을 제안하고 있으며, 3 차원 객체 모델의 표준은 아직 존재하지 않는다. 따라서 3 차원 공간을 표현하기 위해 OpenGIS 명세서의 모델을 확장하는 방식을 선택하

였다.

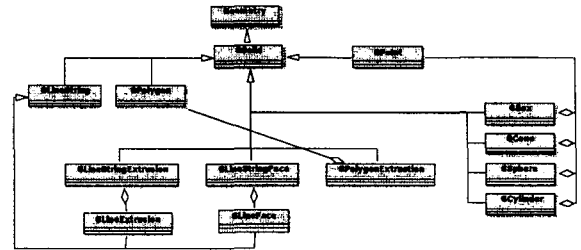


그림 1.3 차원 공간 객체 모델

GSolid 는 3 차원 지리 객체 추상 클래스이다. Gpoint 는 x, y, z 좌표 값을 갖는 3 차원 Point 이며, 3 차원 공간 객체 모델을 표현하기 위한 중심점을 나타낸다. GBox 는 한 점과 가로, 세로, 높이의 값을 갖는 직육면체로 표현되며, 일반적인 건물을 나타내게 된다. GCone 은 한 점과 그 점을 중심으로 하는 반지름 값, 그리고 높이를 갖는 원뿔로 표현되며, 산과 같은 객체를 나타낼 수 있다. GSphere 는 한 점과 반지름 값을 갖는 구의 형태이다. GCylinder 는 한 점과 반지름 값, 높이를 갖는 원통으로 표현되며, 전봇대 등을 나타낼 수 있다. GLineString 은 GPoint 의 집합으로 GLineExtrusion 은 정확히 두 점을 갖는 GLineString 과 GLineString 상의 한 점을 중심으로 하는 원의 반지름 값을 갖는다. GLineStringExtrusion 은 GLineExtrusion 의 집합이다. 이 객체를 사용하여 다양한 굵기를 갖고 연결된 여러 전선들이나 상,하수도관 등을 나타낼 수 있다. GLineFace 는 정확히 두 점을 갖는 GLineString 과 GLineString 을 중심으로 하는 폭의 넓이 값을 갖고, GLineStringFace 는 GLineFace 의 집합으로 표현되며 다양한 넓이의 도로 등을 표현하기 위해 사용된다. GPolygonExtrusion 은 GPolygon 과 GPolygon 의 경계에 위치하는 점들로부터 일정한 높이를 갖는 객체이다. GPolygon 은 시작점과 끝점이 동일한 GLineString 들로 표현된다.

4. 시공간 객체 모델링

시공간 객체는 두 가지 형태로 나누어 질 수 있다. 첫 번째는 이력 객체이다. 예를 들어 토지와 같은 것으로 이런 경우 비교적 쉽게 이 객체의 움직임 즉 위치나 영역의 변화를 데이터베이스에서 유지하고 다룰 수 있다. 이는 데이터베이스 갱신을 통하여 이루어질 수 있고, 또한 불연속적으로 변하는 공간 속성(위치 또는 영역)을 캡처하고 질의하는 해결책들은 이미 존재하고 있다. 두 번째는 이동 객체이다. 이력 객체와는 반대로 데이터베이스에서 다루는 것이 어렵다. 첫번째 경우처럼 데이터베이스의 갱신을 통하여 연속적으로 이동하는 객체를 다루고자 할 경우, 갱신이 너무 빈번하게 발생하거나, 기록이 시간에 뒤지거나, 데이터가 부정확하게 되는 등의 문제가 발생할 수 있다[Salt00]. 따라서 이동 객체를 처리하기 위해 데이터베이스의 갱신을 통하지 않은 다른 제안이 필요하다. 이 논문에서는 이러한 문제를 고려한 이동 객체의 모델링을 포함한다.

4.1 이력 객체 모델링

4.1.1.2 차원 시공간 객체

그림 2는 OpenGIS 공간 모델에 유효시간을 지원하도록 확장한 2차원 시공간 객체 모델을 보이고 있다. 이 모델은 단순공간 데이터에 유효시간을 상속 받는 객체를 정의하고, 이러한 객체의 집합을 공간 이력 객체로 표현한다

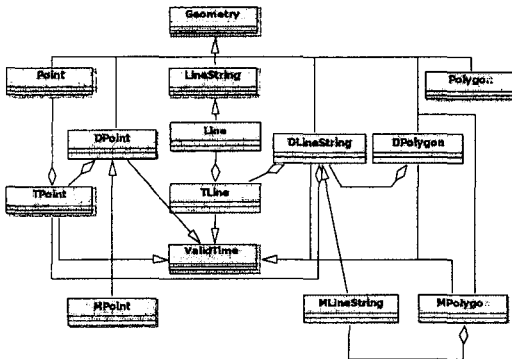


그림 2.2 차원 시공간 객체 모델

TPoint는 유효시간 객체를 상속 받은 Point 객체이다. DPoint는 TPoint 객체의 순열이며 한 Point 객체의 유효시간 상에서의 변화를 표현하게 된다. TLine은 유효시간 객체를 상속 받은 Line 객체이다. DLineString은 한 LineString 객체의 유효시간 상에서의 변화를 표현하며 TLine과 TPoint의 조합으로 모델링 된다. DPolygon은 시작점과 끝점이 동일한 DLineString의 집합으로 나타난다.

4.1.2.3 차원 시공간 객체

그림 3은 앞서 제안한 3차원 공간 객체 모델을 유효시간을 지원하도록 확장한 것이다.

TGBox는 유효시간 객체를 상속 받은 GBox 객체이다. DGBox는 TGBox 객체의 순열로 표현되고 GBox 객체의 유효 시간상에서의 변화를 나타낸다. TGCone은 유효시간 객체를 상속 받은 GCone 객체이다. DGCone은 TGBox 객체의 순열이며 GCone 객체의 유효 시간의 순차적인 변화를 표현한다. TGSphere는 유효시간 객체를 상속 받은 GSphere 객체이다. DGSphere는 TGSphere 객체의 순열로 표현되고 있고 GSphere 객체의 유효 시간상에서의 변화를 나타낼 수 있다. TGCylinder는 유효시간 객체를 상속 받은 GCylinder 객체이다. DGCylinder 객체는 TGCylinder 객체의 순열로 나타내며, 3차원 객체인 Cylinder를 유효시간에 따른 순차적 변화와 함께 표현할 수 있는 3차원 시공간 객체이다. TGPolygonExtrusion은 유효시간 객체를 상속 받은 GPolygonExtrusion 객체이다. DPolygonExtrusion은 TGPolygonExtrusion의 순열로 표현되며, GPolygonExtrusion의 유효시간의 순차적인 변화를 표현한다. TGLineFace는 유효시간을 상속 받은 GLineFace와 GPoint들로 구성되고, TGLineFace들의 유효시간에 따른 순열은 DGLineStringFace 객체로 나타난다. TGLineExtrusion은 유효시간을 상속 받은 GLineExtrusion과 GPoint로 나타나고, TGLineExtrusion의 집합은 DGLineStringExtrusion의 객체로 나타나며, 이는 Gline-

Extrusion의 유효시간에 따른 변화를 나타낸다.

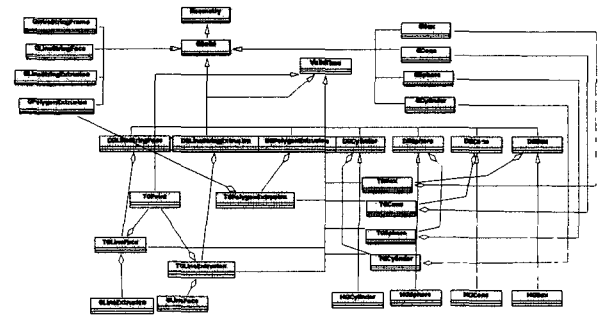


그림 3.3 차원 시공간 객체 모델

4.2 이동 객체 모델링

객체의 연속적인 이동을 표현하고자 할 때 데이터베이스를 위치 변화에 따라 연속적으로 갱신하는 것은 몇 가지 문제를 발생시킬 수 있다. 앞서 제시된 객체들은 시간에 따른 위치 정보가 불연속적으로 변하므로 연속적으로 이동하는 객체를 표현하기에는 부적합하다. 따라서 이러한 이동 객체를 표현하기 위한 다른 제안이 필요하다. 연속적으로 이동하는 객체는 데이터베이스에 기록된 위치와 위치 사이에서도 계속 위치가 변한다고 가정하며 이 점이 위치 불연속 객체와의 차이점이다. 다음은 이동 객체에 대한 모델링을 2차원과 3차원으로 나누어 설명한다.

4.2.1.2 차원 이동 객체

제안된 2차원 시공간 객체 모델에서 이동 객체는 MPoint, MLineString, MPolygon이 있다. MPoint는 운송 수단이나, 사람 등의 연속적인 2차원적 이동을 표현하고자 할 때 쓰이는 객체이며 이동 객체를 위한 ADT 기반 데이터 모델 접근 방법에서 제안된 이동 객체의 모델링 방법을 사용한다. MLineString은 연속적인 선의 변화, 즉 해안선 등의 변화를 나타내기 위해 사용되고, DLineString를 상속 받는다. 이러한 DLineString의 집합으로 표현되는 MPolygon은 연속적인 면적의 변화를 나타내기 위해 사용되는 객체이며, 예를 들어 태풍 등의 변화를 나타낼 수 있다. 이 논문에서는 가장 많이 사용될 MPoint에 관한 모델링만을 우선적으로 고려하였다.

4.2.2.3 차원 이동 객체

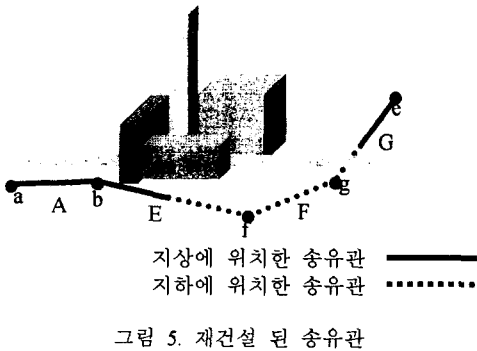
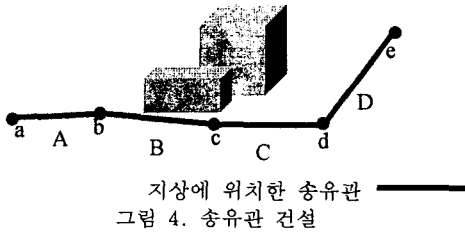
3차원 시공간 객체 모델에서의 이동 객체의 종류는 MGBBox, MGCone, MGSphere, MGCylinder 등이 있다. MGBBox는 자동차와 같은 이동 객체의 연속적인 3차원적 이동을 표현한다. 즉 4개의 방위로의 이동뿐만 아니라 이동의 고도를 나타낼 수 있다. MGBBox뿐만 아니라 MGCone, MGShpere, MGCyliner 등도 형태의 변화보다는 위치의 연속적인 변화를 표현하기 위해 사용된다. 3차원 시공간 객체의 연속적인 형태의 변화는 이 논문에서는 논의하지 않는다.

5. 시공간 객체 모델링 응용 예

다음은 실제의 송유관에 대한 3차원 시공간 모델링

을 보여준다.

그림 4에서 송유관은 4 구간으로 나누어 건설이 되었다. A 구간은 a 지점으로부터 b 지점까지 1990년 1월부터 1991년 2월 까지 완공이 되었고, B 구간은 b 지점으로부터 c 지점까지 1991년 3월부터 1992년 4월까지 완공이 되었으며 C 구간은 c로부터 d 까지 1992년 5월부터 1993년 5월까지 공사가 이루어졌고 마지막 구간인 D 구간은 1993년 6월부터 1994년 7월에 완공됨으로써 모든 송유관 건설사업은 완공이 되었다. 그 후 이 지역에 대한 도시건설 계획이 새로 수립되어 이미 완공된 송유관에 대한 일부 구간의 변경이 불가피하게 되었다. 따라서 그림 5와 같이 송유관의 일부가 지상의 건축물을 피해 지하에 재건설 되었다. 이때 재건설은 1995년 1월부터 1996년 12월까지 이루어졌다.



이 논문에서 제안하고 있는 3 차원 시공간 객체 중 DGLineStringExtrusion 을 이용하여 이 송유관 객체를 모델링 할 수 있다. 이 예에서 DGLineStringExtrusion 객체는 a, b, c, d, e, f, g 의 지점을 포함하는 7 개의 TGPoint 와 A, B, C, D, E, F, G 의 구간을 포함하는 7 개의 TGLineExtrusion 으로 구성되며, 송유관은 각 객체와 객체에 대한 유효시간을 다음과 같이 표현된다.

```
{<a, 1990-1, 1991-2>,<b, 1990-1, 1991-2>, <c, 1991-3, 1992-4>,<d, 1992-5, 1993-5>,<e, 1993-6, 1994-7 >,<f, 1995-1,1996-12>,<g, 1995-1,1996-12>,<ab, 1990-1, 1991-2>,<bc, 1991-3, 1992-4>,<cd, 1992-5, 1993-5>,<de, 1993-6, 1994-7>,<bf, 1995-1,1996-12>,<fg, 1995-1,1996-12>,<ge, 1995-1,1996-12> }
```

재건축이 이루어진 후 데이터베이스에 송유관의 정보는 계속 유지되고, 철거된 B, C, D 객체에 대한 정보도

이후 이력질의를 통해 다시 검색될 수 있다.

6. 결론 및 향후 연구 과제

이 논문에서는 3 차원 시공간 객체를 연속적으로 이동하는 객체와, 불연속적으로 이동하는 객체를 통합한 모델을 제안하였다. 타 시스템과의 호환성을 유지하기 위해 2 차원 공간 객체 모델은 OpenGIS 명세서를 사용하였고, 아직 표준이 제안되지 않은 3 차원 공간 객체 모델은 2 차원 표준 명세서를 확장한 형식을 취하였다. 공간 객체 모델이 유효시간의 객체를 갖도록 확장하여 불연속적으로 이동하는 객체와 연속적으로 이동하는 객체를 모델링 하였다. 이 3 차원 시공간 객체 모델은 지리 객체에 대한 공간 정보와 시간 정보를 함께 표현해 줌으로써 실세계의 객체를 보다 정확하고 효과적으로 나타낼 수 있다.

그러나 여기에서 제안한 3 차원 공간 객체 모델만으로 실세계의 모든 공간 객체를 나타내기에는 부족함이 있다. 또한 지리 객체의 표현에 초점을 맞춰 모델링 했기 때문에 연속적인 면적이나 부피의 변화를 표현하기 위한 구체적인 모델은 제시하지 않았다.

향후 과제로는 제안된 모델에 대한 연산자와 연산을 보조하기 위한 내부 함수를 정의하고 제안된 3 차원 시공간 객체 모델을 시공간 데이터로서 시스템에 제공하기 위한 연구가 필요하다.

참고문헌

- [Forl00] L. Forlizzi, R. H. Guting, E. Nardelli, and M. Schneider, "A Data Model and Data Structures for Moving Object Databases", SIGMOD Conference 2000: 319-330, 2000.
- [Guti98] R. H. Guting, M.H. Bohlen, M. Erwig, C.S. Jensen, et al, "A Foundation for Representing and Querying Moving Object", Chorochronos TR, CH-98-3, 1998.
- [OGIS99] Open GIS Consortium, Inc. OpenGIS, Simple Features Specification For OLE/COM Revision 1.1, OpenGIS Project Document 99-050, 1999.
- [Salt00] S. Saltenis, C. S. Jensen, and S. T. Leutenegger, "Indexing the Positions of Continuously Moving Object", SIGMOD Conference 2000: 331-342, 2000.
- [Worb90] M.F. Worboys, H.M. Hearshow, and D.J. Maguire, "Object-Oriented Modeling for Spatial Database", Int. journal of GIS Vol. 4, No. 4, 1990.
- [김동호98] 김동호, 류근호, "관계형 시공간 데이터 베이스 질의언어와 연산", 한국 정보처리학회 논문지 제5권 제10호, 1998.
- [이종연99] 이종연, 류근호, "시공간 데이터를 위한 공간 및 시간 관계 연산자의 통합", 한국 정보처리학회 논문지 제6권 제1호, 1999.
- [조영소99] 조영소, 김동호, 류근호, "시공간 데이터 모델에서 시공간 연산자의 관계 수식적 정형의미", 한국 정보처리학회 논문지 제6권 제1호, 1999.