

3차원 이동 객체 컴포넌트를 위한 이동 함수 설계†

이현아*, 강구*, 김상호*, 류근호*, 이성호**

*충북대학교 데이터베이스연구실,

**한국전자통신연구원

e-mail : *{halee, kangih, shkim, khryu}@dblab.chungbuk.ac.kr, **sholee@etri.re.kr

Functional representation for 3D moving object components

Hyun Ah Lee*, Goo Kang, Sang Ho Kim*, Keun Ho Ryu*, Seong Ho Lee**

*Database Laboratory, Chungbuk National University

**ETRI

요 약

지금까지 지리 데이터를 다루는 다양한 시스템들은 서로 독립적으로 개발되어 왔다. 최근에는 이러한 시스템에 분산되어 있는 방대한 양의 데이터에 대한 상호 운용성이 요구되고 있으며 이를 지원하기 위해 개방형 GIS 명세서의 2차원 공간 모델을 확장한 3차원 시공간 데이터 모델을 제안하였다. 또한 제안된 모델을 컴포넌트 형태로 제공함으로써 컴포넌트의 장점인 확장성과 재사용성을 그대로 수용하였다. 특히 제안된 모델에서의 이동 객체는 이력 객체와 동일한 자료 구조로 저장되므로, 이동 객체의 경우 시간에 따른 연속적인 데이터의 변화를 표현하기 위해 각 버전간의 관계에 대한 정의가 필요하다. 따라서 이 논문에서는 3차원 시공간 상에서 이동 객체를 이동 점 계열의 객체와 이동 영역 계열의 객체로 나누어 논의하고, 이동 객체의 시간적 특성과 공간적 특성에 따른 변화를 효율적으로 표현하기 위한 내부 구조를 설계하였다.

1. 서론

지리 정보 시스템, 통신 선로 시스템, 국토 관리 시스템, 디지털 지도 제작, 과학 데이터베이스, 의료 관리 시스템 등과 같은 여러 분야의 응용 업무들은 시간과 공간 개념을 동시에 요구하며, 이와 연계되는 데이터베이스에서도 시간과 공간 개념을 동시에 지원하기를 요구한다. 따라서 시간과 공간 개념을 갖는 데이터를 효율적으로 저장하고 조작하기 위해 시공간 데이터베이스의 개발이 요구되며[Sait00, 김동호98], 이를 위해 적절한 시공간 데이터의 모델링이 선행되어야 한다.

시공간 객체 모델링에 있어 고려해야 할 점은 무엇보다도 데이터 상호 운용성과 다양한 표현력이다. 시공간 데이터베이스에서 다루어지는 지리 자료의 집적량은 급격히 증가하는 반면, 그 동안 지리자료를 취득, 저장, 처리, 분석, 검색하는 다양한 방법들은 대부분 서로 독립적으로 개발되어왔다. 이에 개방형 GIS 컨소시엄에서는 개방형 지리자료 모델, OGIS 서비스 모델, 정보 통신 모델을 제안하여 시스템 및 제도적 상호 운용성을 제공하고 있다. 그러나, 개방형 GIS

컨소시엄에서 제시한 지리 자료 모델은 2차원 공간 모델이며, 3차원 공간 및 시간으로의 확장은 차후 과제로 남겨두고 있다.

우리는 4차원 시공간 객체 컴포넌트를 설계하기 위해 [이현아00]에서 이미 3차원 시공간 객체 모델을 제안하였다. 개방형 GIS 컨소시엄의 2차원 공간 모델을 기반으로 확장하고, 이력 객체와 이동 객체로 분류[Try98]된 각 지리 컴포넌트들을 동일한 자료 구조로 표현할 수 있도록 클래스를 설계하는 한편, 이를 컴포넌트로 제공함으로써 시스템 간의 상호호환성을 보장한다. 그러나 지금까지는 주로 이력 객체에 대한 관련 메소드와 연산자들의 설계에 초점을 맞추어왔으며, 이동 객체는 단지 자료구조만 정의되었을 뿐이다.

따라서 이 논문에서는 스플라인 함수를 사용하여 3차원 시공간 클래스 모델에서 제안된 이동 객체에 대한 내부를 설계하고, 정의된 이동 객체를 적용할 몇 가지 연산자를 제안한다.

제 2장에서는 이동 객체 모델에 관련된 연구들을 논하고, 제 3장에서는 3차원 시공간 클래스의 계층도를 보여준다. 제 4장에서는 이동 객체를 표현하는 클래스의 구조와 관련

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

연산자를 정의한다. 제 5장은 정의한 이동 객체에 대한 모델의 적용 예를 보이고 제 6장에서 제안한 내용에 대한 요약 및 현재 진행중인 연구를 기술한다.

2. 관련 연구

이동 객체를 일반적인 시공간 데이터베이스에 저장할 경우, 매우 빈번한 갱신이 일어나거나 정확한 유효시간을 기록하지 못하는 등의 문제가 발생할 수 있다. 따라서 지금까지의 이동 객체의 모델들은 특정한 시간간격을 갖는 버전들만을 저장하고 이 버전들 간의 관계를 함수로 정의함으로써 저장되지 않은 데이터를 계산을 통해 추출하는 방법을 시도하고 있다.

[Yeh94]는 [Worboy90]의 방식에 따라 공간 객체를 시간에 따른 버전으로 표현하고 버전들간의 관계를 표현하기 위해 행위함수(behavioral function)를 정의했다. 그리고, 공간, 시간과 함께 행위함수를 하나의 버전으로 저장하여, 객체의 빈번한 변화를 표현할 수 있도록 하였다. 또한 경계 표현(boundary representation)을 사용하여 2차원 시공간 객체를 3차원 객체로 표현하고 이를 바탕으로 연산자를 설계 했다. 그러나 이 모델은 공간 값이 빈번하게 변하는 이력 객체를 효율적으로 표현하기 위한 것이며, 이력 객체와 이동 객체를 정의하는 모델링의 중간 단계라고 볼 수 있다.

[For100]은 [Yeh94]의 방법을 본받아 연속적으로 움직이고 있는 객체 즉 시간에 따라 위치 또는 위치와 모양 모두가 연속적으로 변하는 객체에 대한 표현을 위하여 '슬라이스화된 표현(sliced representation)' 개념을 도입하여 시간 간격(interval)과 그 시간 간격에서 대해 정의된 단순 함수(simple function)의 쌍을 갖는 단위 타입(unit type)을 정의했다. 이 모델은 2차원 시공간 객체를 대상으로 하여 불연속적 객체에 대한 타입정의를 할 수 있지만 불연속적인 변화 객체에 대한 기존의 방법과 비교하여 모델의 표현력 또는 효율적인 측면에 대한 언급이 없다.

[Wol98]는 이동 객체 데이터베이스를 위한 MOST (Moving Object SpatioTemporal) 모델을 제안했다. 이 모델은 위치보다 덜 빈번하게 변하는 이동 정보 즉 속도, 방향 등이 변경될 때만 갱신이 이루어지며, 이러한 요소를 사용하여 미래의 위치를 추측하는 것이 가능하다. [Wol98]에서는 추측된 위치의 불확실성에 대한 논의도 포함하고 있으나 구체적인 실행과정 및 결과에 대해서는 언급되어 있지 않고, 미래의 추측이라는 점에서 다른 모델과는 차이가 있다.

이와 같이 지금까지의 연구는 객체의 공간적 표현이 2차원으로 제약되어있으며, 이력 객체와 이동 객체를 각각 다른 방식으로 접근하고 있다. 이 논문에서는 3차원 시공간 클래스 중 이동 객체에 대한 다양한 형태의 클래스를 연속적인 속성을 갖는 이동 객체로써 나타내고 이를 분석하는 방법을 제시한다.

3. 3차원 시공간 클래스 모델

표준 모델과의 호환성을 유지하기 위해, 표준 모델로써 제안된 개방형 GIS 컨소시엄의 2차원 공간 모델[OGIS99]로부터 3차원 공간으로 확장하고, 다시 시간 클래스를 삽입하여 3차원 시공간으로 확장하는 방법으로 3차원 시공간 클래스 모델을 정의한다. 이동 객체에 대한 표현을 위해 현실 세계에 존재하는 개체에 대한 논리적인 시간인 유효시간을 우선적으로 고려하였고, 따라서 모델에 포함되어 있는 시간 클래스는 유효시간에 대한 클래스이다.

그림 1은 이력 객체와 이동 객체를 포함하는 3차원 시공간 클래스의 계층도이다. 각 이력 객체 클래스에 대한 자세한 내용은 [이현아00]에 언급되어 있다.

한 내용은 [이현아00]에 언급되어 있다.

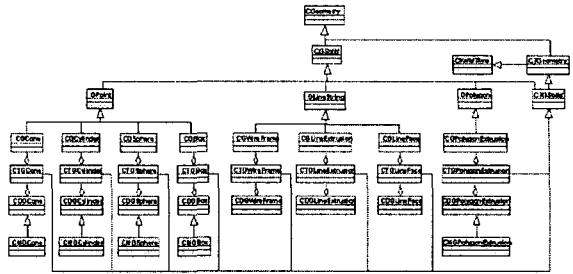


그림 1. 3차원 시공간 클래스 계층도

4. 이동 객체 모델

그림 1의 클래스 계층도에서 이동 객체 클래스는 이력 객체 클래스와 상속 관계로 정의되므로, 동일한 자료 구조를 갖는다. 즉 이동 객체는 이력 객체에서처럼 버전들의 집합으로 저장되므로 버전간의 관계를 표현할 수 있는 함수를 정의함으로써 저장되지 않은 위치 정보를 추출한다. 여기서는 스플라인 함수를 사용하여 연속적인 두 절점 상의 구간을 보간하는 방법을 사용한다.

이동 객체는 시간에 따라 위치가 연속적으로 변하는 객체와 위치 뿐만 아니라 형태도 함께 변하는 이동객체로 분류할 수 있다. 이 논문에서는 위치의 변화만을 고려한 객체와 위치 및 형태의 변화를 고려한 객체를 이동 점 계열의 객체와 이동 영역 계열의 객체로 분류한다. 단, 연속적인 선의 이동에 대해서는 논의하지 않는다.

4.1 이동 점 계열의 객체

이동 점 계열 객체의 종류는 각 형태에 따라 CMGBox, CMGCone, CMGSphere, CMGCylinder 등이 있다. 각 객체의 공간 속성은 GPoint를 중심으로 가로, 세로, 높이 또는 반지름의 크기를 각 속성값으로 갖고, 이 때 중심점만이 연속적으로 이동한다고 가정한다. 그림 2와 같이 3차원 시공간 상에서의 MGBBox가 이동한다고 가정하자. 시간에 따른 이동 객체의 좌표를 구하기 위해 x-t, y-t, z-t 평면을 각각 고려해야 한다.

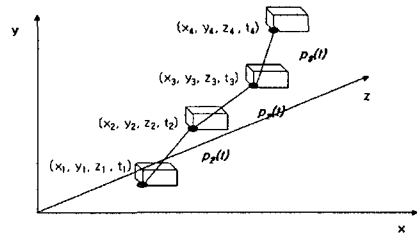


그림 2. 3차원 시공간에서의 이동 객체 중심점 이동

x-t 평면에서 Lagrange 다항식을 사용하면 부분구간 1차 곡선은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$S_k(t) = x_k + d_k(t - t_k), \text{ 단 } d_k = (x_{k+1} - x_k) / (t_{k+1} - t_k)$$

이를 이용하여 위치 변화 함수 $p_x(t)$ 는 다음과 같다.

$$p_x(t) = \begin{cases} x_0 + d_0(t-t_0), t \in [t_0, t_1], \\ x_1 + d_1(t-t_1), t \in [t_1, t_2], \\ \dots \\ x_k + d_k(t-t_k), t \in [t_k, t_{k+1}], \\ \dots \\ x_{N-1} + d_{N-1}(t-t_{N-1}), t \in [t_{N-1}, t_N] \end{cases} \quad (식1)$$

따라서, 어떤 시간 t 가 주어지면 ($t_k \leq t \leq t_{k+1}$) 위치 변화 함수 $p_x(t)$ 는 (식2)가 된다.

$$p_x(t) = p_{xk}(t) = x_k + d_k(t-t_k), \quad t_k \leq t \leq t_{k+1} \quad (식2)$$

(y, t)와 (z, t)평면에 대해서도 동일한 원리로 $p_y(t)$ 와 $p_z(t)$ 를 정의할 수 있으므로 결국 임의의 시간 t 에 대한 중심점의 위치는 다음과 같다.

$$p(t) = (p_{xk}(t), p_{yk}(t), p_{zk}(t)), \quad t_k \leq t \leq t_{k+1} \quad (식3)$$

이 방법을 고차다항식으로 확장하면, 더 정확한 위치를 추출해 낼 수 있다. 그러나, 2차 스플라인의 경우 버전 간의 원하지 않는 굴곡이나 찌그러짐이 발생할 수 있고, 3차 스플라인의 경우 1차 도함수와 2차 도함수가 모두 연속이어야 한다.

이와 같이 위치 변화 함수 $p(t)$ 에 의해 중심점의 이동이 표현되면 가로, 세로, 높이, 또는 반지름의 크기는 이미 알고 있으므로 각 이동 점 계열 객체의 이동을 나타낼 수 있다. $p(t)$ 에 대한 구체적인 구현은 이동 점 계열의 객체에 대한 클래스를 구성하는 메소드들 중에서 instanceAt에서 이루어지게 된다. instanceAt 메소드뿐만 아니라 이력 객체로부터 상속된 메소드들은 이동 객체 클래스의 특성에 맞춰 $p(t)$ 함수를 사용하여 재구현 된다.

4.2 이동 영역 계열의 객체

제안한 모델에서 위치 뿐만 아니라 형태에 대한 연속적인 변화를 고려하는 이동 영역 계열의 객체는 CMGPolygon-Extrusion이다. 이 객체의 밀면은 GPolygon이며, GPolygon은 GPoint로 구성되며, 높이 값을 갖는다. 따라서 CMGPolygon-Extrusion의 이동 함수는 밀면과 높이에 대한 함수로 정의되어야 한다. CMGPolygonExtrusion 객체가 그림 3과 같이 이동한다고 가정하자.

$$b(t) = b_k(t) = \langle p_1(t), p_2(t), \dots, p_n(t) \rangle, \quad t_k \leq t \leq t_{k+1} \quad (식4)$$

따라서 CMGPolygonExtrusion의 이동 함수는 밀면에 대한 이동 함수인 (식4)와 높이에 대한 함수로써 다음과 같다.

$$s(t) = s_k(t) = \langle b_k(t), h_k(t) \rangle, \quad t_k \leq t \leq t_{k+1} \quad (식5)$$

CMGPolygonExtrusion의 밀면에 대한 이동 함수에서

$p(t)$ 함수 적용 시 이전 버전의 GPoint의 배열과 이후 버전의 GPoint의 배열을 1:1로 적용하며, 각 버전의 GPoint의 개수가 다를 경우, 마지막 GPoint를 다른 버전의 나머지 GPoint에 대한 $p(t)$ 함수에 반복적으로 적용한다.

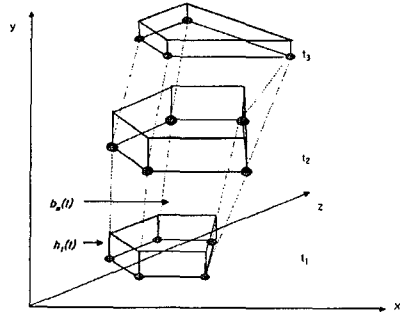


그림 3. MGPolygonExtrusion 밀면의 이동

4.3 이동 객체를 위한 연산자

이동 객체의 경우 연속적인 변화라는 특성을 평가하고 질의하기 위해 이력 객체를 위한 연산자들과는 다른 연산자들이 필요하다. 이동 객체에 대한 연산들은 [Guti98]에서 다양한 타입 시스템을 기반으로 분류하고 정의되어 있다. 그러나, 이 논문에서는 시공간 이동 객체에 대한 예제 질의를 표현하기 위해 필요한 관련 연산자만을 표 1에서 요약한다.

표 1 이동 객체를 위한 시공간 연산자들

연산자	설 명
instantAt()	주어진 시점에서 유효한 객체의 공간 속성 반환
3DCrosses()	두 객체의 함께 존재하는 유효시간의 범위가 존재할 때, 두 객체가 중복되고 같지않을 경우 true
3DTrajectory()	이동 점 계열 객체의 이동 경로 반환
3DTraversed()	이동 영역 계열 객체의 이동 경로 반환

5. 적용 및 평가

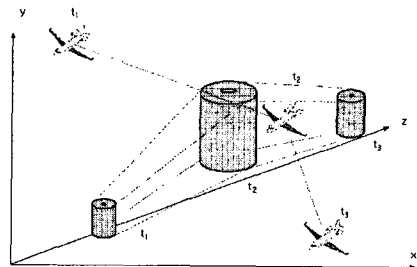


그림 4. 비행기와 태풍 SARA의 이동 경로

항공 관제 시스템의 경우 운항중인 비행기의 위치를 지속적으로 파악하고 있어야 한다. 이 때 시간의 특정 시점에서 비행기의 위치들이 기록되고 기록되지 않은 시간 사이에서도 비행기는 지속적으로 움직이고 있다고 가정한다. 이와 같이 시간에 따라 위치가 연속적으로 변하는 비행기와 같은 객체는 이동 점 계열의 객체 중 하나로 표현될 수 있다. 또한 비행기의 운항은 기상 상태와 밀접한 관계를 갖고 있

며, 태풍에 대한 영향권은 생성 단계로부터 소멸에 이르기까지 연속적으로 위치와 영역이 변하게 된다.

그림 4는 서울발 제주행 비행기가 태풍 SARA의 영향권을 지나는 경로를 보여주고 있다. 이를 데이터베이스에 저장하기 위해 Airplane와 Typhoon 테이블을 선언한다.

```
CREATE TABLE Airplane (
  ID INT NOT NULL,
  LEAVE VARCHAR(15),
  ARRIVE VARCHAR(15),
  LOCATION GEOMETRY,
);

CREATE TABLE Typhoon (
  ID INT NOT NULL,
  TNAME VARCHAR(15),
  RANGE GEOMETRY,
```

그림 6 Airplane과 Typhoon 테이블 정의

<예제 질의 1>

“서울발 부산행 비행기의 현재 위치를 구하라”

```
SELECT a.ID, a.instantAt(now)
FROM Airplane a
WHERE LEAVE = "Seoul" AND ARRIVE = "Pusan" ;
```

<예제 질의 2>

“태풍 SARA(ID:1024)의 영향권을 지나는 비행기를 검색하라”

```
SELECT a.ID
FROM Airplane a, Typhoon t
WHERE 3DCrosses(3DTrajectory(a), 3DTraversed(t))
AND t.ID = 1024;
```

예제 질의 1에서는 instantAt()을 사용하여 주어진 기술자에 해당하는 비행기의 현재 위치를 구하였고, 예제 질의 2에서는 이동 점 계열 객체와 이동 영역 계열의 객체의 위상관계를 위한 시공간 연산자로서 3DVisits()를 사용하였다. 3DVisits()는 비행기의 이동 경로가 SARA라는 이름의 태풍의 공간 속성인 CMGPolygonExtrusion의 이동 경로에 대한 내부 및 경계에 겹치는 시점이 존재한다면 참을 반환한다. 이 때 비행기와 태풍의 궤적은 각각 3DTrajectory()와 3DTraversed()에 의해 구해지며, 결국 이 질의는 CMGBox가 속하는 Airplane 객체의 ID를 결과로써 반환한다.

6. 결론

이동 객체는 연속적인 움직임에 대한 이동 점 계열의 객체와 연속적인 움직임 뿐만 아니라 형태의 변화도 포함하는 이동 영역 계열의 객체로 분류할 수 있다. 이 논문의 목적은 3차원 시공간 객체 모델에 대해 이런 두 종류의 객체의 연속적인 움직임을 표현하고 분석하기 위한 함수를 정의하는 것이다.

이동 객체의 클래스는 [이현아00]의 3차원 시공간 객체 모델에서 제안한 구조를 따른다. 즉 이력 객체를 상속 받아 이력 객체의 클래스가 정의됨으로써 이력 객체와 동일한 자

료 구조를 갖는다. 따라서 이동 객체의 클래스는 각 버전 간의 공간 속성을 표현하기 위해 이력 객체의 메소드들을 함수적으로 재정의한다.

이동 점 계열의 객체들은 각 3차원 공간 상에 중심점을 가지고 있으므로 이 중심점의 이동을 표현함으로써 각 객체의 이동을 쉽게 표현할 수 있다. 이동 영역 계열의 객체는 밀면을 구성하는 GPoint들과 밀면에 대한 높이 값의 이동을 모두 표현해야만 하며 다소 복잡한 구성을 갖는다. 연속적으로 위치와 길이가 변하는 선에 대한 실제 개체는 거의 존재하지 않는다. 따라서 이 논문에서는 이동 선 계열에 대한 객체는 정의하지 않았다.

향후에는 이동 객체의 위치를 보다 정확하게 추출하고 위치 정보에 대한 불확실성 값을 정량화 하는 방법에 대한 연구가 필요하다. 이를 위해 고차원 스플라인 함수의 이용이 고려되고 있다. 또한 각 스플라인 함수의 적용 알고리즘을 설계하여 이동 객체를 위한 컴포넌트의 구현에 적용할 것이다.

참고문헌

[For100] L. Forlizzi, B.H. Güting, E. Nardelli, and M. Schneider, "A Data Model and Data Structures for Moving Object Databases," SIGMOD Conference 2000, pp. 319-330, 2000.

[Wolf98] O. Wolfson, Bo Xu, S.Chamberlain, and L.Jiang, "Moving Objects Databases: Issues and Solutions", In Proc. Of the 10th Intl. Conference on Scientific and Statistical Database Management, Capri, Italy, 1998.

[Guti98] R. H. Güting, 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. Saltis, C.S. Jensen, and S.T. Leutenegger, "Indexing the Positions of Continuously Moving Object," SIGMOD Conference 2000, pp. 331-342, 2000.

[Try98] N. Tryfona and C. S. Jensen, "Conceptual data modeling for spatiotemporal applications," Chorochronous Technical Report, No. CH-98-08, September 1998.

[Worb90] M.F. Worboys, H.M. Hearshow, D.J. Maguire, "Object-Oriented Modelling for Spatial Database," Int. journal of GIS Vol. 4, No. 4. 1990.

[Yeh94] T-S. Yeh, B. de Cambray, "Modeling Highly Variable Spatio-Temporal Data," PRISM Technical Report, 1994/50, 1994.

[김동호98] 김동호, 류근호, "관계형 시공간 데이터베이스 질의언어와 연산," 한국 정보처리학회 논문지 제5권 제10호, pp.2467-2478, 1998.

[이현아00] 이현아, 임헌기, 김영일, 남광우, 류근호, "3D+Temporal 시공간 객체 모델링," 2000년 한국 정보처리학회 추계 학술발표논문집 제7권 제2호, pp.89-92, 2000.