

# 시 구간에서 이동객체들 사이의 위상관계를 위한 모델

김 태 완\*, 이 기 준  
부산대학교 전자계산학과

## A Model for Topological Relationships between Moving Objects in a temporal interval

Taewan Kim\* and Ki-Joune Li  
Department of Computer Science, Pusan National University  
e-mail : {twkim, lik}@spatios.cs.pusan.ac.kr

### 요 약

지리정보시스템 분야에서 연구되어진 객체들은 모양과 위치가 주로 고정되어 있다. 그러나, 실제계에서 많은 공간 객체들은 시간에 따라 모양과 위치가 변한다. 이러한 이동 객체들을 지리정보시스템 응용 분야에서 지원을 해야 한다. 이동 객체의 위상 관계는 시간에 따라 위상 관계가 변이 된다는 사실이다. 이러한 특징에 따라 변이 되는 위상 관계를 시구간 별로 분할하여 모델링 하는 방법을 본 논문에서는 점-집합 방법을 이용하여 제시한다.. 그리고, 이러한 모델을 기반으로 이동 객체에 대한 질의 예제들을 제시한다.

### 1. 서론

이동 객체는 시간에 따라 위치, 모양이 변하는 공간적 객체를 말한다. 따라서 이동 객체는 공간적인 정보를 관리, 처리하는 지리정보시스템과 밀접한 관계를 가지고 있다. 시간 데이터베이스에서 다루어 지는 데이터는 시간적인 특성을 가지는 비 공간적인 데이터인 반면에 이동 객체는 시간적인 특성을 가지는 공간적인 객체이다. 즉 이동 객체는 시공간객체라고 할 수 있다. 비연속적인 변화를 가지는 시공간 객체와 달리 연속적인 변화를 가지는 이동 객체에 대해서는 지금까지 거의 연구가 이루어지지 않고 있다.

이동 객체는 비연속적 변화를 가지는 공간 객체에 비해 훨씬 풍부한 의미를 가지고 있다. 우선 이동 객체는 임의의 시구간에서도 위치를 가지는 반면 비연속적인 변화를 가지는 객체는 주어진 시간에서만 공간적 위치를 정의할 수 있다. 이와 같은 특징은 이동 객체의 이동에 따른 여러 가지 분석을 가능하게 한다. 예를 들어, 이동 객체의 특징지역 통과 시간, 두 이동 객체 사이의 충돌 여부 등의 분석에 이용될 수 있다.

그러나, 이와 같은 이동 객체를 공간데이터베이스에 저장하고 처리하기에는 몇 가지 중요한 문제가 해결되어야 한다. 먼저, 이동 객체의 표현은 고정되어 있는 공간적 물체의 표현보다 복잡하고 많은 기억 공간이 요구된다. 따라서 적은 공간을 차지하면서도 효과적으로 이동 객체를 표현할 수 있는 방법이 개발되어야 한다. 두 번째 문제는 색인 및 질의 처리에 관한 문제이다. 이동 객체의 저장은 고정된 공간 객체보다 많은 기억 공간과 디스크 입출력을 필요로 하므로 성능의 문제는 매우 심각한 문제이다. 이 성능의 문제를 해결하는데 가장 중요한 요소는 색인과 질의 처리 방법이다. 효과적인 색인과 질의 처리를 통해서 성능의 문제를 해결할 수 있다. 그러나 지금까지 사용되고 있는 공간색인이나 공간 질의처리방법은 이동 객체를 위해서는 부적절하다. 세 번째로 해결 되어 져야 하는 문제는 이동 객체의 모델에 관한 문제이다. 이동 객체들 사이의 관계를 표현하기 위해서는 이동 객체를 위한 모델이 필요하다.

본 논문에서는 이들 세 문제 중에서 마지막 문제를 위해서 이동 객체 사이의 시공간적인 관계의 모델을 제시하려고 한다. 지금까지 많은 연구가 공간 객체 사이의 위상적인 관계 모델링에 관해 이루어졌다. 우리는 이를 이동 객체를

위해 시공간적인 차원으로 확장한다. 이와 더불어, 이동 객체를 다루기 위해 필요한 몇 가지 기본적인 연산자를 정의한다. 따라서, 본 논문은 2장에서 지금까지 이루어진 공간객체사이의 위상적인 연구와 특히 본 연구에 출발점이 된 Egenhofer의 위상 관계에 [4][5] 대해 살펴본다. 그리고, 본 논문에서 쓰이는 기본 가정들을 기술한다. 3장에서는 이동 객체를 위한 위상적인 관계를 정의 하기 위해 고려해야 할 조건에 대해서 살펴본다. 이동 객체를 위한 위상적 모델을 제 4장에서 제안하고 이를 이용하여 이동 객체에 관한 질의의 예제들을 제시한다. 그리고, 5장에서 본 논문을 결론한다.

### 2. 관련연구

#### 2.1 시공간 데이터 모델에 관한 기존 연구들

지리정보시스템은 공간 데이터 유형, 공간 질의, 그리고 접근 방법 등의 분야에서 개발되어왔으며 [11], 이러한 개발은 주로 공간상에 존재하는 정적인 객체에 관하여 이루어졌다. 공간상에 존재하는 객체의 위치와 더불어 시간적 성질을 주요 속성으로 간주한 연구는 최근 [3]의 연구에서 다루어졌다. 시간 속성은 연속적 또는 불연속적 방법으로 모델 될 수 있는데 연속적 방법은 시공간내의 객체를 불연속적으로 표본 추출하는 방법이 제시 되어 있다 [7]. 불연속적인 방법은 [6][13] 어느 특정 시점에서 데이터베이스의 일면(snapshot)을 위치, 특성, 또는 사건 중심으로 모델링하여 저장 한다. 위치 중심은 해당 위치의 그리드를 주기적으로 저장하는 방법이 제시 되어 있다. 특성 중심은 공간 객체의 변화된 부분을 벡터 모델로써 표현하여 저장하는데, 관계, 튜플, 또는 속성 중심으로 저장 할 수 있다 [2]. 사건 중심은 위에서 제시된 위치 와 특성 중심을 혼합한 방법을 이용하여 데이터를 표현, 저장 한다.

#### 2.2 위상 관계에 관한 기존 연구들

위상 관계에 관한 수학적인 용어들의 설명을 본 논문에서는 제외 한다. 공간 객체의 위상 관계에 관한 많은 연구가 이루어 졌는데 일반적으로 점-집합 접근 방법과 그렇지 않은 방법으로 나뉜다. [8]의 연구에서는 점-집합 방법이 아닌 방법을 이용하였으며 원시적인 연결 과 볼록 다각형(convex hull)을 이용하여 객체의 위상 관계를 정의 하였다. 점-집합을 이용한

위상 관계의 정의는 [4][5][9][10][12]등에서 연구되었다. [4][5]에서 두 개의 영역 공간 객체의 교집합이 공 집합 인지 아닌지의 관계를 이용하여 위상 관계를 매트릭스 형태로 표현하였는데 이들은 각각 4-교집합과 9-교집합 모델을 제시하였다. 교집합이 공집합 여부 이외에 교집합의 차원에 따른 모델은 [9]에 제시되었다. 공간 객체의 위상 관계를 점과 선으로 확장한 연구는 [9][10][12]에 제시되어 있다. [4]에서 하나의 영역이 다른 영역을 포함하지 않을 때, 두 영역 사이의 위상 관계는 8 개가 있다고 보였다. [12]에서 점과 점 사이에는 2개, 점과 선 사이에는 3개, 선과 선 사이에는 3개, 선과 선 사이에는 23개, 그리고 선과 영역 사이에는 19개의 위상 관계가 존재함을 보였다. 시공간 내의 데이터들 간의 위상 관계는 [1]에서 13가지의 관계를 제시하였는데 이들은 *이전, 동일구간, 만남, 겹침, 동안, 시작, 끝*들이다.

2.3 본 논문의 기본 가정들

본 논문에서는 [5]에서 제시된 9-교집합 모델을 이용하여 이동 객체의 위상 관계를 모델링할 것이다. 9-교집합의 매트릭스 형태는 아래와 같으며 아래의 표현에서  $\partial, \circ, \ominus$ 는 공간 객체의 경계, 내부, 그리고 외부를 각각 나타낸다.

$$\mathfrak{R}(A, B) = \begin{pmatrix} \partial A \cap \partial B & \partial A \cap B^\circ & \partial A \cap B^\ominus \\ A^\circ \cap \partial B & A^\circ \cap B^\circ & A^\circ \cap B^\ominus \\ A^\ominus \cap \partial B & A^\ominus \cap B^\circ & A^\ominus \cap B^\ominus \end{pmatrix}$$

예를 들어, 면적 객체 A가 면적 객체 B에 포함될 때, 이들의 관계  $\mathfrak{R}(A, B)$ 는  $\begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$ 로 표현된다.

공간 객체는 점, 선, 그리고 영역이며, 이들 객체들을 점-집합을 이용하여 각각 정의하면 다음과 같다. 점은 기본 단위이다.

- 선은 다음과 같이 정의 된다.
1. 점들의 집합이다.
  2. 자기 자신과 교집합을 가지지 아니하며 시작과 끝 점이 다르다.
  3. 선의 경계는 선의 양 끝점이다.
  4. 선의 내부는 선과 선의 경계의 차 집합이다.

- 영역은 다음과 같이 정의 된다.
1. 위상 공간 X의 공집합이 아닌 부분 집합이다.
  2. 영역의 내부는 연결 되어 있다.
  3. 영역은 영역의 closure와 동일하다.

본 논문에서 다루는 이동 객체는 점과 영역 객체 만을 다룬다. 일반적인 응용에서 자동차, 비행기, 기차 등의 움직이는 물체는 점으로 표현 되기 때문이다. 그리고, 영역 객체는 점 객체에 비하여 시간에 따라 변화하는 정도가 약하다고 가정한다.

3. 이동 객체의 표현

본 장에서는 시간을 하나의 축으로 하여 2 차원 공간 상에 존재하는 이동 객체를 표현한다. 이러한 객체를 표현 하기 위하여 우선 이동 객체가 존재하는 공간의 특징을 기술하고 이동 객체의 특징들을 기술한다.

3.1 이동 객체의 특징들

이동 객체가 2 차원 평면 상에서 움직인다면 이들을 2 차원 공간에 시간 축을 더하여 표현 할 수 있다. 즉, 3 차원적 시공간 차원에서 궤적으로 표현 할 수 있다.

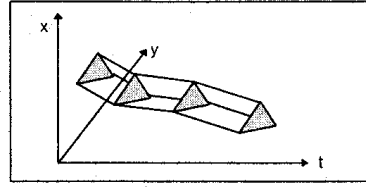


그림 3-1 이동객체의 궤적

위의 그림에서 궤적은 3 차원에서 부피를 가지는 객체로 표현될 수 있는데, 본 논문에서는 이러한 궤적의 물리적인 표현과 저장 방법이 아닌 점-집합을 이용하여 추상적인 표현을 이용한다. 시공간 차원에서 존재하는 이동 객체는 3 차원 공간에 존재하는 객체와 다른 특징들을 가지고 있는데, 이러한 특징들은

1. 이동 객체는 생명 주기를 가지고 있다. 즉, 이동 객체는 어떤 특정 시공간 사이에 만 존재한다.
2. 이동 객체는 시공간에서 연속적인 이미지를 가진다. 시공간 내의 모든 시간에 이동 객체는 존재한다.
3. 3 차원 공간에서 x, y, z 축은 동일한 성질을 가지나 시공간 차원 내에서 t 축은 x, y 축과 다른 성질을 가지고 있다. 시간 축의 성질을 이용하여 시공간 내의 이동 객체들을 순서화 할 수 있다.
4. 3 차원 공간에 존재하는 객체들 사이에서 가능한 위상 관계들 중 시공간 차원에서는 불가능한 관계가 존재한다. 이러한 관계들은 4장에서 자세히 설명 될 것이다.
5. 시공간에서 두 객체의 위상 관계는 두 객체가 존재하는 시공간 내에서만 존재한다. 아래의 그림 3-2 처럼 두 객체 A와 B는 구간  $[t_s, t_e]$ 에서는 만나 는 관계 이나 이외의 구간에서는 만나지 아니한다.

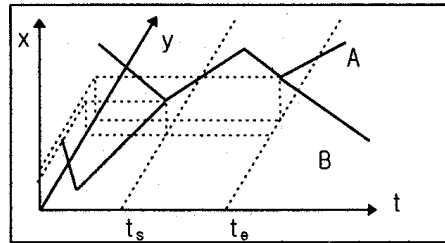


그림 3-2 시공간과 위상관계

시공간에서 점 객체의 궤적은 선형이고, 선 객체의 궤적은 영역이며 영역 객체의 궤적은 부피로 나타난다.

4. 이동 객체의 위상 관계

앞에서 이동 객체는 일정한 시공간 내에서 존재한다고 기술하였다. 이러한 이동 객체의 위상 관계를 9-교집합 모델에 시공간을 적용하여 표현하면 아래와 같다.

$$\mathfrak{R}^T(A, B) = \begin{pmatrix} \partial A \cap \partial B || & \partial A \cap B^\circ || & \partial A \cap B^\ominus || \\ A^\circ \cap \partial B || & A^\circ \cap B^\circ || & A^\circ \cap B^\ominus || \\ A^\ominus \cap \partial B || & A^\ominus \cap B^\circ || & A^\ominus \cap B^\ominus || \end{pmatrix}$$

$\mathfrak{R}^T$ 는 시공간 I에서 두 이동 객체의 위상 관계를 나타낸다. 주어진 시공간 I내의 위상 관계는 [4]에서 제시된 위상 관계 보다 숫자가 작다. 왜냐하면, 공존하는 시공간 내에서 두 객체는 반드시 구간의 시작과 끝 시간에 존재 해야 하므로 한 객체의 경계와 다른 객체의 내부의 교집합이 공집합인 경우

가 존재할 수도 있기 때문이다.

4.1 궤적이 선형인 경우의 위상 관계

이동 객체가 점인 경우, 이들의 궤적은 시간 축을 따라서 선형의 모습을 가질 것이다. 이때, 이들 객체들은 시작 과 끝 시간이 동일 해야 하므로 한 객체의 경계와 다른 객체의 내부와의 교집합은 항상 공집합이다. [12]에서 제시된 23개의 두 선간의 위상 관계들 중에서 경계와 내부가 공집합이 아닌 관계들을 제거하면 아래의 그림 4-1 과 같이 7개의 가능한 경우의 관계들을 얻을 수 있다.

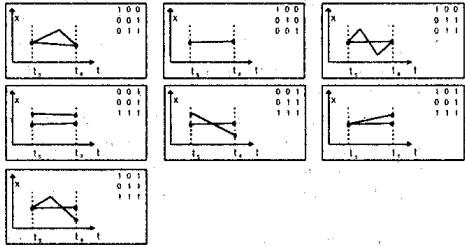


그림 4-1 이동객체의 궤적이 선형인 경우의 위상관계

4.2 궤적이 선형인 경우와 부피인 경우의 위상 관계

점인 이동 객체와 면적인 이동 객체가 시간에 따라 변화할 때, 이들의 궤적은 선 과 부피로 표현이 될 것이다. 궤적이 선형인 경우와 마찬가지로 이들 객체는 시작 과 끝 시간이 동일 하다. 따라서 선형 궤적의 경계와 영역 궤적의 내부와의 교집합은 항상 공집합이다. [12]에서 제시된 19개의 선 과 면적 사이의 위상 관계들 중에서 경계와 내부가 공집합이 아닌 관계들을 제거하면 아래의 그림 4-2 와 같이 12개의 가능한 경우의 관계들을 얻을 수 있다.

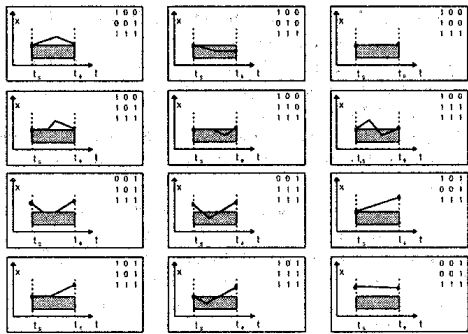


그림 4-2 이동객체의 궤적이 선형인 경우와 면적인 경우의 위상관계

4.3 시분할된 구간에서 위상 관계의 표현

궤적이 선형 과 부피인 경우에서 위상 관계,  $\mathfrak{R}^T(A, B) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$ , 를 가지는 예를 생각 해보자. 이러한 관계의 가능한 두 가지 모양들은 그림 4-3a 와 그림 4-3b 에 표현 되었다

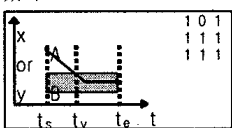


그림 4-3a. 객체 A 가 객체 B 의 영역으로 진입

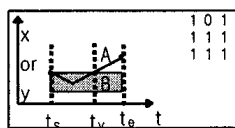


그림 4-3b. 객체 A 가 객체 B 의 영역에서 나감

위의 그림 4-3a 와 4-3b 에서 A 는 선형의 궤적을 가진 객체이고, B 는 부피 궤적을 가진 객체이다. 위의 두 가지 그림은 동일한 위상 관계를 가지나 내포하는 의미는 서로 다르다. 즉, 그림 4-3a 의 의미는 객체 A 가 시간  $t_s$  에서 영역 B 로 진입한다는 의미이고 그림 4-3b 는 객체 A 가 시간  $t_s$  에서 영역 B 로부터 나간다는 의미이다. 이러한 경우,  $\mathfrak{R}^T(A, B) | I_1$  또는 이동 객체의 의미를 충분히 표현 할 수 없다. 따라서, 시간  $t_s$  를 중심으로 분리하여 위상 관계를 기술하는 것이 바람직하다. 이를 위하여 시구간 I 를  $t_s$  이전 과 이후로 분할하는 것이 바람직하는데 이 분할을 정의 하면 다음과 같다.

Definition 1. 위상적변화점

시구간 I 를  $(t_s, t_e)$  ( $t_s < t_e$ )라하고 A 을 점 이동 객체라 하고 시구간 I 에서 위상적 변화 점을  $t_p$  라 할 때,

B 가 점 이동 객체일 때,  
 $\mathfrak{R}^T(A, B) | I_1 \neq \mathfrak{R}^T(A, B) | I_2$  이고  $\mathfrak{R}^T(A, B) | t_p = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$  이며,

B 가 면적 이동 객체일 때,  
 $\mathfrak{R}^T(A, B) | I_1 \neq \mathfrak{R}^T(A, B) | I_2$  이고  $\mathfrak{R}^T(A, B) | t_p = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$  이다.

이때,  $I_1 = (t_s, t_p)$ ,  $I_2 = (t_p, t_e)$  이다.

Definition 2. 시구간 분할

시구간 I 를  $[t_s, t_e]$  ( $t_s < t_e$ )라하고 A 와 B 들을 이동 객체라 하고 시구간 I 에서 위상적변화점들  $t_k, k = 1, \dots, n-1$ , 가 주어졌을 때, 시구간 I 의 시구간 분할  $\wp(I)$ 는 다음과 같이 정의 된다.

$\wp(I) = \{I_1, I_2, \dots, I_{n-1}, I_n\}, I = \{t_s\} \cup I_1 \cup \{t_1\}, \dots, \cup \{t_{n-1}\} \cup I_n \cup \{t_e\}$ .  
 이때, 분할된 각각의 구간,  $I_k (k = 1, \dots, n)$ , 은 열려 있다.

그림 4-4a 를 예로 들면, 위상적변화점은  $t_1$  이다. 이점들을 중심으로 객체 A 와 B 의 시구간, I, 을 분할하면,  $\wp(I) = \{I_1, t_1, I_2\}$ , 이 때  $I_1 = (t_s, t_1)$ ,  $I_2 = (t_1, t_e)$  이다. 이러한 분할된 시구간을 이용하여 그림 4-4a 의 예를 표현 하면 다음과 같다.

$\mathfrak{R}^T(A, B) | I_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}, \mathfrak{R}^T(A, B) | t_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}, \mathfrak{R}^T(A, B) | I_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$   
 $\wp(I) = \{I_1, t_1, I_2\}$

분할된 시구간의 위상 관계와 시작 과 끝점의 위상 관계를 이용하면 두 공간 객체의 위상 관계  $\mathfrak{R}^T(A, B)$  를 구할 수 있다. 위상적 변화점이 존재하지 않는 경우는 시간적 분할 없이 위상 관계를 표현 할 수 있다. 한가지 주목 해야 할 사실은 선형의 궤적인 경우, 분할된 시구간의 경계는 항상 공집합이다.

위의 예에서는 궤적이 선형 과 부피인 경우를 설명 하였다. 그러나, 두 이동 객체의 모양에 관계없이 위의 방법을 사용하면 어떤 이동 객체라도 시공간적 위상 관계를 표현 할 수 있다. 즉, 임의의 이동 객체 A 와 B 에 대하여, 이들의 위상 관계는 아래와 같이 시간적 분할이 이루어진 구간별로 공간적 위상 관계를 표현함으로써 나타낼 수 있다. 우리는 이것을 이동 객체를 위해 시공간 자원으로 확장된 9-교집합 모델이라 부른다.

$\mathfrak{R}^T(A, B) | I_1, \mathfrak{R}^T(A, B) | t_1, \dots, \mathfrak{R}^T(A, B) | t_{n-1}, \mathfrak{R}^T(A, B) | I_n$   
 where  $\wp(I) = \{I_1, t_1, \dots, t_{n-1}, I_n\}$

본 장에서 이동 객체의 위상 관계는 위상적 변화점들을 중심으로 분할된 시구간별로 표현된다는 것을 살펴 보았다. 다음 장에서는 본 장에서 정의된 위상 관계를 이용하여 몇 가지 중요한 연산자를 정의 하도록 한다.

4.4 시분할된 구간에서 위상 관계의 예제

위에서 제시된 시분할된 구간으로 표현되는 이동 객체의 위상 관계를 이용하여 다음의 예제를 풀어 보도록 하자.

예제 1. 10 시와 11 시 사이에 지역 A 를 통과하는 비행기를 찾으시오.

이동 객체인 비행기가 지역 A 를 통과한다는 의미는 주어진 시구간 내에서 비행기의 궤적의 일부분이라도 지역 A 의 궤적에 포함된다는 의미이다. 즉,  $I = (10,11)$  일 때,  $\mathcal{R}^T(\text{비행기}, A) I' = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$  ( $I' \subset I$ ) 를 만족하는 비행기가

구하고자 하는 비행기이다. 이때 구해진 구간  $I'$ 는 비행기가 지역 A 를 통과하는 통과 시간이 될 것이다.

예제 2. 10 시와 11 시 사이에 지역 A 으로 진입하는 비행기를 찾으시오

이동 객체인 비행기가 지역 A 로 진입한다는 의미는 주어진 시구간 내에서 비행기의 궤적의 일부는 지역 A 의 궤적과 만나지 아니하고 일부는 포함된다는 것을 의미한다. 즉,  $I = (10,11)$  일 때,  $\mathcal{R}^T(\text{비행기}, A) I_i = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$  이고,

$\mathcal{R}^T(\text{비행기}, A) I_{i+1} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$  인 관계를 가지는 비행기가 구하고자 하는 비행기이다. 이때,  $I_i, I_{i+1} \subset I$ . 이때,  $I_i$  구간의 끝 시간 점은 비행기가 지역 A 로 진입하는 시간을 나타낸다.

위의 예제에서 보였듯이 시 분할된 위상 관계를 이용하여 9-교집합에서는 표현 할 수 없는 의미를 표현 할 수 있는 것을 보였다.

5. 결론

시공간데이터베이스는 지리정보시스템의 응용범위를 확장 시키는데 중요한 부분이다. 특히, 이동 객체는 시공간데이터베이스시스템에서 다루어지는 중요한 객체 유형의 하나이다. 본 논문에서는 시공간데이터베이스에서 이동 객체를 지원하기 위해 이동 객체에 관한 위상적 모델을 제시하였다.

우리가 제안하는 모델은 우선 이동 객체의 궤적을 이용하였다. 즉 이동 객체의 궤적 사이에 시공간적 위상 관계를 표현하는 모델을 제시하였다. 이 위상적 모델은 공간 객체 사이의 위상적 모델을 시공간차원으로 확장한 것이다. 이러한 시공간 차원과 일반적인 공간 차원과는 몇 가지 차이점으로 존재한다. 그 중 가장 중요한 차이점은 시간적 구간에 따라 이동 객체 사이의 위상적 관계가 변한다는 것이다. 이러한 변화를 우리는 시구간의 분할에 의하여 위상 관계를 표현하였다. 즉, 주어진 구간 내에서 위상적 관계가 변하게 되면 필요에 따라, 시구간 분할을 이용하여 위상 관계가 변하지 않는 구간으로 구분하여 위상적 관계를 표현하게 된다. 이러한 분할된 표현은 9-교집합 모델의 표현보다 풍부한 의미를 표현 할 수 있다.

본 논문에서 제안된 모델은 이동 객체를 위한 시공간데이터베이스시스템의 기능적 사양으로 사용될 수 있다. 즉, 본 논문에서 제안된 모델을 지원함으로써, 시공간데이터베이스시스템을 구현할 수 있다. 앞으로 우리 연구실에서는 본 논문에서 제시한 모델을 지원하는 시스템을 개발할 예정이며 이러한 시스템에서 쓰이는 기본 연산자를 정의할 예정이다. 이를 위해서는 이동 객체의 궤적의 물리적 표현 방법, 이동 객체에 대한 색인 기법과 연산자의 처리 방법에 대한 많은

연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] J.F.Allen, "Maintaining Knowledge about Temporal Intervals," *Communications of the ACM*, vol. 26, no.11, Nov. 1983, pp. 832 - 843
- [2] I. Ahn., "Towards an Implementation of Databases Management Systems with Temporal Support," *Proceedings of the International Conference on Data Engineering, Los Angeles, California*, Feb. 1986, pp. 374 - 391
- [3] G.Langran, "A review of temporal database research and its use in GIS applications," *International Journal of Geographical Information Systems*, vol. 3, no. 3, 1989, pp. 215 - 232
- [4] M. Egenhofer and R. Franzosa, "Point-set Topological Spatial Relationships", *International Journal of Geographical Information Systems*, vol. 5, no. 2, 1991, pp. 161 - 174
- [5] M. Egenhofer, "Reasoning about Binary Topological Relationships", *Proceedings of the Second Symposium on Large Spatial Databases, SSD '91, Zurich, Switzerland*, Lecture Notes in Computer Sciences, vol. 525, Springer-Verlag, 1991, pp. 143 -160
- [6] N.W.J.Hazelton, "Integrating Time, Dynamic modeling and Geographical Information Systems: Development of Four-Dimensional GIS," unpublished Ph.D. Dissertation, Department of Surveying and Land Information, The University of Melbourne, 1991
- [7] M.F.Goodchild, S.Guoqing, and Y.Shiren, "Development and test of an error model for categorical data," *International Journal of Geographical Information Systems*, vol. 6, no. 3, 1992, pp. 87 - 104
- [8] Z.Cui, A.G.Cohn, and D.A.Randell, "Qualitative and Topological Relationships in Spatial Databases," *Proceedings of the Third Symposium on Design and Implementation of Large Spatial Databases, SSD '93, Singapore*, Lecture Notes in Computer Sciences, vol. 692, Springer-Verlag, 1993, pp. 296 - 315
- [9] E.Clementi, P. Di Felice, and P.V.Oosterom, "A Small Set of Formal Topological Relationships for End-User Interaction," *Proceedings of the Third Symposium on Design and Implementation of Large Spatial Databases, SSD '93, Singapore*, Lecture Notes in Computer Sciences, vol. 692, Springer-Verlag, 1993, pp. 277 -295
- [10] M. Egenhofer, "Definitions of Line-Line Relations for Geographic Databases," *Data Engineering*, vol. 16, 1993, pp. 40 - 45
- [11] R.H.Guting, "An introduction to Spatial Database Systems," *VLDB Journal*, vol. 3, 1994, pp. 357 - 399
- [12] T.Y.Jen and P.Boursier, "A Model for Handling Topological Relationships in a 2D Environment," *Sixth International Symposium on Spatial Data Handling, Edinburg, Scotland, UK* 1994, pp. 73 - 88.
- [13] D.J.Peuquet and N. Duan, "An event-based spatiotemporal data model (ESTDM) for temporal analysis of geographical data," *International Journal of Geographical Information Systems*, vol. 9, no. 1, 1995, pp.7-24