

# 위상정보를 고려한 수치지도 입력시스템의 설계와 구현\*

서재화\*, 김원태, 이기준  
부산대학교 GIS 학과

## Design and Implementation of Digital Map Input System Using Topological Relationships

Jae-Hwa Seo\*, Won-Tae Kim, Ki-Joune Li  
Department of GIS, Pusan National University  
e-mail : {jhseo, wtkim, lik}@quantos.cs.pusan.ac.kr

### 요약

수치지도는 지리정보시스템에서 다루는 매우 중요한 구성요소로서, 수치지도의 위치정확도 및 논리적 정확도는 전체 지리정보시스템이 제공하는 기능의 정확도를 결정한다. 따라서, 수치지도 제작에 있어, 위치 및 논리적 정확도를 보장하는 것은 매우 중요한 요건이 된다. 그러나, 현재 대부분의 수치지도 제작과정을 살펴보면 논리적 정확도의 유지에 여러 가지 어려움이 많다는 것을 알 수 있다. 주로 수치지도의 논리적 정확도는 수치지도 제작자의 숙련도나, 제작 능력에 전적으로 의존하고 있다는 사실 때문이다. 따라서 제작자의 자질에 관계 없이 논리적 정확도를 유지할 수 있도록 하는 수치지도 제작 환경을 개발하는 것은 매우 시급하고 중요한 사항이다. 본 논문에서는 수치지도 제작과정에서 발생할 수 있는 여러 종류의 문제점들을 공간 객체간의 위상 관계를 이용하여 해결하고자 하였다. 이 방법은 수치지도 제작과정에서 공간 객체간의 위상적 조건을 미리 명시하고 그 위상적 조건을 만족되도록 하는 수치지도 제작 환경을 만들어 주는 것이다.

### 1. 서론

현재, 국립지리원과 몇몇 지방자치단체, 그리고 내무부 및 시설물 관련 기업들이 여러 가지 용도로 수치지도를 제작하고 있다. 이 수치지도는 지리정보시스템에 매우 중요한 구성요소로서, 위치정확도 및 논리적 정확도는 전체 시스템이 제공하는 기능의 정확도를 결정한다.[1] 따라서, 수치지도의 제작시, 위치 및 논리적 정확도를 보장하는 것은 매우 중요한 요건이 된다. 그러나, 현재 대부분의 수치지도 제작과정을 살펴보면 논리적 정확도의 유지에 여러 가지 어려움이 많다는 것을 알 수 있다. 주로 수치지도의 논리적 정확도는 제작자의 숙련도나, 제작 능력에 전적으로 의존하기 때문이다.[10]

따라서 제작자의 자질에 관계 없이 논리적 정확도를 유지할 수 있도록 하는 수치지도 제작을 위한 환경을 개발하는 것은 매우 시급하고 중요한 사항이다. 본 연구의 목적은 수치지도 제작과정에 위상적 조건을 명시하여 자동적으로 이 위상적 조건이 만족되도록 하는 수치지도 제작 환경을 구성하는 것이다. 이를 위하여 본 논문에서는 위상정보를 고려한 수치지도 입력시스템 DIMIS(Digital Map Input System using topological relationships)의 설계와 구현에 대하여 논의한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 수치지도 제작시 위상정보의 역할과 필요로 하는 위상정보, 그리고 위상정보를 이용한 수치지도 입력시스템의 기능에 대해서 살펴본다. 3 장에서는 위상정보를 이용한 수치지도 입력시스템 DIMIS의 구조에 대해서 설명하고 시스템의 특징을 알아본다. 마지막으로 4 장에서는 이 논문의 결론 및 향후 연구 방향 등을 기술한다.

### 2. 수치지도 제작시 위상정보의 역할

본 장에서는 수치지도를 입력하는데 있어 위상정보를 이용하므로 얻어지는 유용성과 수치지도 제작에 필요로 하는 위상정보의 종류와 그 역할, 그리고 위상정보를 이용한 수치지도 제작환경의 기능에 대해서 설명한다.

#### 2-1. 수치지도 제작에 있어 위상 정보의 유용성

수치지도 제작시 논리적인 정확성이 유지되어지는 것이 어려운 경우가 많다. 그러한 문제점은 수치지도를 만드는 제작 과정이나 완성된 결과에서도 마찬가지이다. 다음 그림 1의 굵은 선은 구를 나타내는 행정구역역이고 가는 선은 동을 위한 행정구역역을 나타낸다고 하자.

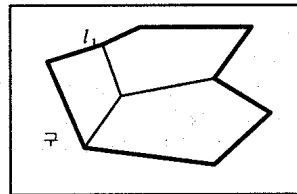


그림 1: 행정구역 경계선

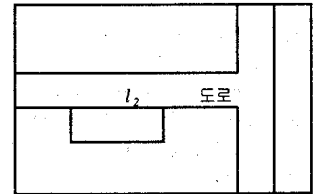


그림 2: 도로와 건물 경계선

이때  $l_1$  은 동의 경계와 구의 경계에 모두 나타나는 선분으로 두 공간객체에 서로 공유되는 부분이다. 따라서, 이 선분은 수치지도 입력시 한번만 입력되어야 한다. 반면에, 그림 2에서와 같이  $l_2$  는 길과 건

\* 본 연구는 과학기술처의 국가 지리 정보 시스템 구축과제 DB Tool 과제의 공간 객체 저장 시스템 개발 세부과제의 위탁과제로 수행하였음

물의 경계선을 각각 나타내는 부분으로 이 경우에는 공유되어서는 안 된다. 즉, 건물을 위한 선분과 길을 위한 선분은 각각 독립적으로 입력 되어 수치지도 상에는 두개의 선분이 있어야 한다.

따라서 이러한 두 가지 경우에 대한 수치지도의 입력은 다르게 수행되어야 한다. 그러나, 수치지도 제작자가 이 경우를 모두 구별하여 오류 없이 입력한다는 것은 거의 불가능할 뿐 아니라 제작시간이 매우 길어진다. 만일 그림 1을 위하여 다음과 같은 위상적 조건이 정의 되어 있었다면 제작자의 오류에도 불구하고 논리적인 정확성이 보장되어 진다.

경계선(구): 외각선(동)

즉, 구의 경계선은 주어진 여러 동의 집합에 대한 외각선으로 이루어진다는 위상관계를 정의하므로, 자동적으로 구의 경계선의 입력이 가능하다.

2.2. 수치지도 제작에 필요로 하는 위상정보

위상정보라고 하는 것은 점, 선, 면으로 이루어진 공간 객체들간의 상대적인 관계를 표현한 것이다.[3,4,5,6] 수치지도를 제작할 때 유지되어야 하는 공간 객체들간의 위상 관계는 크게 6 가지 형태로 구분하고 있다. 이것은 기존의 Calculus-based 방법[2]에 의한 다섯 가지의 공간 위상 관계를 이용하였고, 여기에 집단화(agggregation) 관계를 추가하였다.

| 유형               | 구 성 객 체                      |
|------------------|------------------------------|
| Ct : touch       | 점/선, 점/면, 선/선, 선/면, 면/면      |
| Ci : in          | 점/점, 점/선, 점/면, 선/선, 선/면, 면/면 |
| Cc : cross       | 선/선, 선/면                     |
| Co : overlap     | 선/선, 면/면                     |
| Cd : disjoint    | 점/점, 점/선, 점/면, 선/선, 선/면, 면/면 |
| Ca : aggregation | 면/면                          |

표 1: 공간 객체간의 위상관계 유형

공간 객체간의 위상 정보라고 하는 것은 객체들의 상대적인 위치를 정의하는 것 이외에도 공간 객체들간의 연관 수(mapping cardinality) [7,8]를 정의할 수 있다.

수치지도 제작에 있어 이러한 위상 정보의 역할은 다양하다. 현재 사용되고 있는 수치지도 제작 환경에서 지도를 만들때, 발생할 수 있는 기하적인 에러나 위상적인 에러 처리를 위해 위상 정보를 이용하는 것이다. 예를 들어 행정경계지도나 토지경계지도와 같이 2 차원(면) 객체들로 표현되는 수치지도를 제작할 때, 이들 2 차원(면) 객체들은 항상 인접한 상태를 유지하여야 하지만 객체간에 겹치거나 객체 사이에 틈이 발생할 수 있다. 또한 도로 객체와 건물 객체가 교차하는 경우는 현실적으로 발생할 수 없지만 수치지도 제작시 제작자의 실수로 교차하는 경우가 발생할 수 있다. 이러한 경우들은 위상관계를 정의해 줌으로써 피할 수 있다. 또한 공간 객체간의 연관 수를 이용하여 하나의 행정구역 경계에는 하나의 행정구청만이 존재해야 하는 조건도 이러한 객체들 사이에 위상정보를 미리 정의한다면 발생 가능한 에러들을 막을 수 있다.

3. 위상정보를 이용한 수치지도 입력시스템 : DIMIS

위상 정보를 고려한 수치지도 입력 시스템 DIMIS에서는 위상적 제약 조건을 DIMIS에서 제공하는 위상연산자를 이용하여 수치지도 입력 이전에 미리 정의하도록 한다. 수치지도 데이터를 입력할 때 설정된 제약 조건에 맞게 객체가 입력되는지 확인하고, 조건에 만족되면 DB에

저장되고, 그렇지 않으면 에러 메시지를 출력하여 위상적 제약 조건에 맞는 수치지도가 만들어 지도록 하는 것이 그 목적이다.

DIMIS를 이용한 수치지도 제작 과정은 다음과 같다.

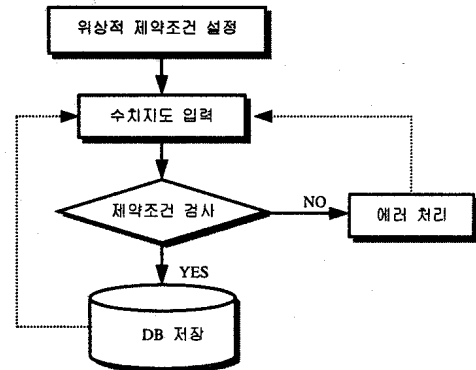


그림 3: 위상정보를 이용한 수치지도 제작 흐름도

먼저 위상적 제약조건을 설정해야 하는데, 앞 절에서 제시한 위상 정보 - 위상 유형, 연관 수 - 는 다음과 같이 표현된다.

$$P = T(O_1, O_2)$$

$$P = T_1(x_1, y_1) \oplus T_2(x_2, y_2) \oplus \dots \oplus T_n(x_n, y_n)$$

$$T_i = (C_i, n_x, n_y)$$

P : 위상적 제약조건  
T : 공간 위상관계,  
O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub> : 객체 1, 객체 2  
C<sub>i</sub> : 위상유형,  
n<sub>x</sub>, n<sub>y</sub> : x, y의 연관수,  
⊕ : AND/OR

DIMIS에서는 AND 연산자와 OR 연산자를 사용함으로써 공간 객체간의 복합 위상 관계를 제약 조건으로 사용한다.

예를 들어 전력 배전설비를 위한 공간 데이터베이스를 구축하려고 한다고 하자. 여기서 사용되는 공간 객체가 변압기, 전주, 전선이라고 한다면, 이들 공간 객체 간의 위상적인 제약 조건을 설정하여 수치지도를 입력 할 수 있을 것이다. 전력 배전설비 공간 데이터베이스에 사용되는 공간 객체들의 위상조건은 변압기는 반드시 전주와 일대일 관계로 전주위에 설치되어야 하고, 한 전선의 양 끝끝에는 반드시 전주 또는 전선이 연결되어 있어야 한다고 가정 하자. 그 내용은 아래와 같다.

$$P = T_1(\text{변압기, 전주}) \text{ AND } T_2(\text{전선, 전주}) \text{ OR } T_3(\text{전선, 전선})$$

$$T_1 = (C_1, 1, 1)$$

$$T_2 = (C_1, *, *)$$

$$T_3 = (C_1, *, *)$$

DIMIS에서는 위와 같이 정의된 위상조건을 사용자의 편의를 위해 사용자 대화방식으로 입력할 수 있도록 하였다.

다음의 사용자 인터페이스에서 보는 바와 같이 공간 객체 사이의 상대적인 관계를 정의하고 있는 6가지 위상 유형의 실제적인 현상들이 이미지 형태로 사용자에게 보여진다. 따라서 점, 선, 면의 공간 객체들 사이의 위상관계를 정의할 때 발생하는 부정확성을 피할 수 있다. 위상관계와 함께 공간객체 유형간의 연관수도 설정할 수 있다.

설정된 위상적 제약조건은 수치지도 입력시 검색조건으로 이용되기 위해 DB에 저장되어 진다.

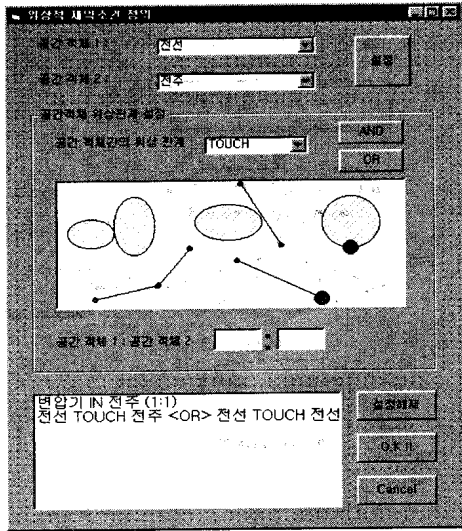


그림 4: 위상적 제약 조건 정의 화면

두 번째 수치지도 입력 과정이다. 수치지도에서 하나의 공간객체 유형은 하나의 레이어로 관리되어 진다. 따라서 하나의 지도에 나타나는 공간객체 유형이 새롭게 등록될 때마다 현재의 지도상에 새로운 레이어가 하나씩 추가되고 테이블이 만들어진다. 항상 지도 데이터를 입력할 때는 데이터의 공간객체 유형을 먼저 선택해야 한다. 이것은 선택된 공간객체 유형에 해당하는 레이어를 편집가능 상태로 만들고 입력된 데이터를 해당 테이블에 저장하도록 한다.

세 번째 제약조건 검사 과정이다. 처음에 정의된 위상적 제약조건 테이블을 검색하여 선택된 공간객체 유형의 위상조건 들을 검색하고 입력된 데이터가 위상조건을 만족하는지를 확인한다. 조건에 만족할 때는 공간객체 유형의 공간정보 테이블에 저장되어지고 그렇지 못한 경우에는 해당되는 에러메시지를 출력한다. 예를 들어 전력 배전설비 공간 데이터베이스에서 변압기는 전주에 일대일의 Ci (포함) 관계를 만족하도록 위상적 제약조건을 설정하였다. 그런데 만일 변압기 객체를 입력하면서 전주와 떨어진 곳에 입력한다면 다음과 같이 에러 메시지를 출력할 것이다.

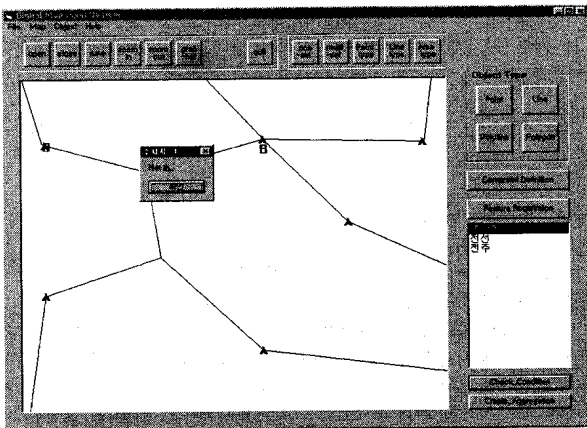


그림 5: 수치지도 입력화면 및 에러메시지

DIMIS의 위상적 제약조건 검사는 그 검사 과정에 따라 크게 두 가지의 형태로 나뉜다. 하나의 데이터가 입력될 때 마다 오류를 검사하는 부분 검사 작업과 데이터의 입력이 충분히 이루어진 다음 오류를 검사하는 일괄 검사 작업으로 나누어 볼 수 있다. 위상연산자 처리에 있어서도 그리드 계열의 공간 색인을 사용 하여 처리속도가 빠르다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 수치지도 제작과정에서 발생할 수 있는 여러 종류의 문제점들을 해결하기 위해서는 공간 객체간의 위상 정보가 중요하다는 사실과 수치지도 제작에 필요로 하는 위상 정보들에 대해서 살펴 보았다. 그리고 수치지도 제작과정에서 공간 객체간의 위상적 조건을 미리 명시하여 정의한 제약 조건이 만족되도록 하는 수치지도 입력 시스템 DIMIS를 설계하고 구현하였다.

앞으로 본 논문에서 사용한 기본적인 위상 관계 이외에 더 다양한 위상 관계에 대한 응용과 3차원 공간 객체의 위상 관계에 대한 정의를 통하여 위상적 제약조건 범위가 현실세계처럼 3차원 객체로 확대시켜야 할 것이다. 또한 구현된 입력시스템에서 제작 단계 이전의 지도 데이터에 위상적 조건을 명시하는 것 이외에도 기존 데이터베이스에 저장된 지도 데이터를 읽어와서 위상적 오류를 검사하고 에러를 나타내어 주는 기능의 추가도 필요하다. 마지막으로 데이터 보정 알고리즘을 연구하여 위상적 제약조건에 맞는 지도 데이터 형태로 자동 보정이 가능하도록 하여 그 성능을 개선시켜 나가야 할 것이다.

#### 5. 참고문헌

- [1] Thierry Ubeda and Max J. Egenhofer, "Topological Correcting in GIS," 2<sup>nd</sup> Symposium on Large Spatial Databases, pp 283 - 292, 1997
- [2] Eliseo Clementini and Paolino Di Felice and Peter van Oosterom, "A Small Set of Formal Topological Relationships Suitable for End-User Interaction," Proc. 3<sup>rd</sup> Symposium on Large Spatial Databases(SSD'93), pp 277 -295, 1993
- [3] Z Cui and A G Cohn and D A Randell, "Qualitative and Topological Relationships in Spatial Databases," 3<sup>rd</sup> Symposium on Large Spatial Databases(SSD'93), pp 296 - 315, 1993
- [4] Max J. Egenhofer & Franzosa R.D., "Point-Set Topological Spatial Relations," Proc. 2<sup>nd</sup> Symposium on Large Spatial Databases, pp 161 - 174, 1991
- [5] Max J. Egenhofer et Herring J. R., "Categorizing Binary Topological Relations Between Regions, Lines, and Points in Geographic Databases," Technical Report, 1991
- [6] Max J. Egenhofer, "Reasoning about Binary Topological Relations," 2<sup>nd</sup> Symposium on Large Spatial Databases(SSD'91), pp 143 - 159, 1991
- [7] R. Laurini and D. Thopson, *Fundamentals of Spatial Information System*, Academic Press, 1992
- [8] Michael F. Worboys, *GIS: A Computing Perspective*, Taylor & Francis, 1995
- [9] 박기석, *지리정보시스템*, 한울아카데미, 1995
- [10] 유근배, *지리정보론*, 상조사, 1995