

# 다중축척 공간 데이터베이스의 축소연산자를 위한 위상관계 일관성 평가

강 혜 경<sup>†</sup> · 이 기 준<sup>††</sup>

## 요 약

다중축척 공간데이터베이스란 동일한 현실 공간을 여러 축척으로 저장한 것으로, 기존에 구축된 원시 공간 데이터베이스로부터 유도될 수 있다. 이 유도과정에서 원시 데이터베이스에 있던 기하 및 위상관계는 변형이 되고, 이 관계 변형은 유도된 데이터베이스의 무결성을 보장하지 못하는 원인이 되므로, 유도과정이 수행된 후에는 반드시 유도된 데이터베이스와 원시 데이터베이스의 관계 일관성을 조사해야한다. 이 논문에서는 원시 데이터베이스와 유도된 다중축척 데이터베이스간의 위상 관계 일관성을 평가하는 방법을 제시하겠다. 특히, 2차원 공간객체가 1차원으로 축소되었을 때 위상관계의 일관성을 평가하는 방법을 제한할 것이며, 이 평가 방법들의 구현에 대해서 기술하고, 사례를 이용하여 구현결과를 기술하겠다.

**키워드 :** 공간 위상 모델, 지도 일반화, 다중축척 공간 데이터베이스, 다중축척 공간 데이터베이스의 일관성

## The Consistency Assessment of Topological Relationships For a Collapse Operator in Multi-Scale Spatial Databases

Hae-Kyong Kang<sup>†</sup> · Ki-Joune Li<sup>††</sup>

### ABSTRACT

A multi-scale database is a set of spatial database, covering same geographic area with different scales and it can be derived from pre-existing databases. In the derivation processes of a new multi-scale spatial database, the geometries and topological relations on the source database can be transformed and the transformation can be the cause of the lack of integrity. Therefore, it is necessary to assess the transformation whether it is consistent or not after the derivation process of a new multi-scale database. Thus, we propose assessment methods for the topological consistency between a source database and a derived multi-scale database in this paper. In particular, we focus on the case that 2-dimensional objects are collapsed to 1-dimensional ones in the derivation process of a multi-scale database. We also describe implementation of the assessment methods and show the results of the implementation with experimental data.

**Key Words :** Topological Relationship, Map Generalization, Multi-scale Spatial Database, Multi-scale Spatial Database Consistency

### 1. 서 론

다중축척 공간 데이터베이스(Multi-scale spatial database)는 동일한 현실공간을 다른 축척으로 표현하는 공간데이터베이스의 집합이다. 이때, 새로운 대축척 공간 데이터베이스는 이미 구축이 완료된 소축척 데이터베이스로부터 유도할 수 있다. 이 과정에서 원시 데이터베이스에 있던 공간객체의 기하(geometry) 및 위상(topology)은 변형(transform)된다[1]. 이 변형된 위상 관계(topological relationship)는 유도된 데이터베이스의 무결성(integrity)을 저하시키는

요인이 될 수 있으므로, 이 유도된 위상관계들이 오류인지 아닌지를 판단하는 작업은 반드시 필요하다. 이것을 원시 데이터베이스와 유도된 데이터베이스간의 위상적 일관성(topological consistency)[2, 3] 평가라고 한다.

본 연구는 다중축척 데이터베이스에서 위상 관계 일관성을 평가하는 방법을 제안하기 위한 것으로, 특히 공간객체의 차원축소(collapse)에 의해서 새로운 데이터베이스가 유도된 경우 위상관계 일관성을 평가할 수 있는 방법을 제안한다. 본 연구가 '공간객체 차원축소'에 연구의 초점을 두는 이유를 명확히 하기 위하여, 먼저 다중축척 데이터베이스의 위상적 일관성을 평가하는 방법을 크게 두 가지로 분류하여 소개하겠다(본 연구는 두 번째 방법에 속한다).

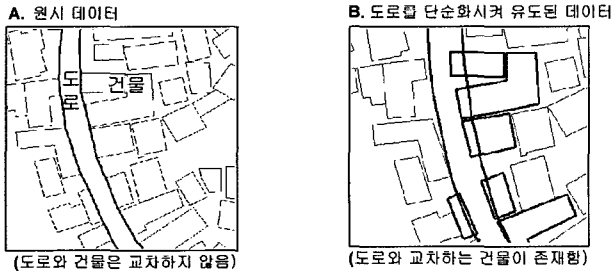
위상 일관성을 평가하는 첫 번째 방법은 원시데이터베이

<sup>†</sup> 준 회 원 : 부산대학교 대학원 GIS학과 박사학위 후보자

<sup>††</sup> 정 회 원 : 부산대학교 정보컴퓨터공학부 교수

논문접수 : 2005년 3월 3일, 심사완료 : 2005년 10월 17일

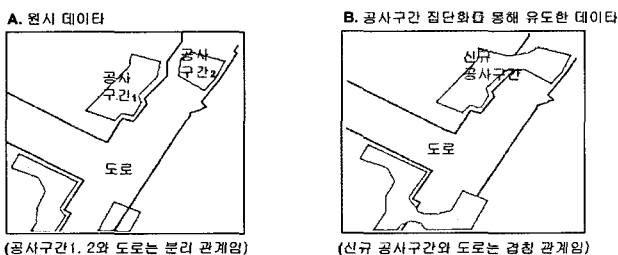
스와 유도된 데이터베이스간의 위상관계가 동일한지를 조사하는 것으로, 새로운 데이터베이스를 유도하는 과정에서 위상은 변함이 없고, 기하(geometry)의 자세한 정도(level of details)만 변형된 경우에 위상 일관성을 평가할 때 사용될 수 있다[3, 4]. 간단히, 원시 공간객체 A와 B간에 위상관계가  $R_1$  있었다면, A와 B로부터 유도된 A'와 B'의 관계도  $R_1$  이어야 한다는 것이 첫 번째 방법이다. 다음 (그림 1)은 이 방법의 예를 보여준다.



(그림 1) 다중축척 데이터베이스의 위상 관계들의 변환 1

이 첫 번째 방법에 따르면, 원시데이터베이스(그림 1) (A)에 있는 위상 관계와 유도된 데이터베이스(그림 1) (B)에 있는 위상관계가 동일해야 한다. 그러나, 원시 데이터베이스 안에 있는 도로는 건물과 교차하지 않는 반면, 유도된 데이터베이스 안에 있는 도로는 건물과 교차한다. 즉, 위상 관계는 원시 공간객체의 기하(geometry)가 변하더라도 계속 유지되어야 하는데, (그림 1) (B)에서처럼, 교차하지 않는 관계로 변했기 때문에 이 경우 두 데이터베이스는 위상적 일관성이 유지되었다고 할 수 없다.

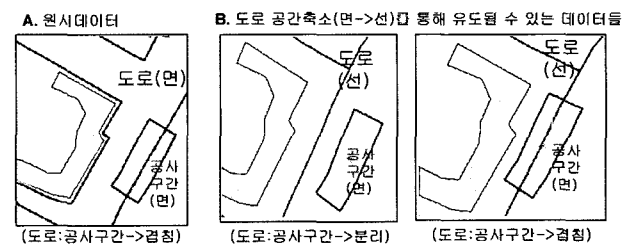
위상적 일관성을 조사하는 두 번째 방법은 유도된 데이터베이스의 위상관계가 원시 데이터베이스에 있는 위상관계들과 다름에도 불구하고 정확하게 대응되는지를 조사하는 것이다[5, 6]. 첫 번째 방법은 원시 공간객체의 기하가 변형된 경우 위상일관성을 평가하기 위한 것이지만, 이 두 번째 방법은 원시 공간객체의 기하와 위상이 모두 변형되었을 때 위상 일관성을 평가하기 위한 것으로, 본 연구도 여기에 속한다. 간단히, 원시 공간객체 A와 B간에 위상관계가  $R_1$  있었다면, A와 B로부터 유도된 A'와 B'의 관계는  $R_1$ 이 아니라 다른 위상관계의 집합  $\{R_A, R_B, \dots\}$ 일 수 있다는 것이 두 번째 방법이다. 다음 (그림 2)는 이 두 번째 방법의 한 예를 보여준다.



(그림 2) 다중축척 데이터베이스의 위상 관계들의 변환 2

(그림 2)는 도로와 공사구간을 다른 축척으로 표현하고 있는 두 데이터베이스를 보여주는데, (그림 2) (A)는 원시 데이터베이스로서 도로의 공사구간을 자세하게 표현하는 다축척 공간데이터베이스이고, (그림 2) (B)는 일정거리 이내에 있는 원시 데이터베이스의 공사구간들을 집산화(aggregation)하여 새로운 소축척 데이터베이스를 유도한 것이다. 이 때 새로운 소축척 데이터베이스를 유도하는 과정에서 원시 데이터베이스에 있던 '분리(disjoint)'관계가 '겹침(overlap)'관계로 전환되었다. 이 두 관계는 몇몇 기존연구들[4-8]이 제안한 방법에 따르면 일관성 있는 대응관계로 취급되며, 이렇게 원시 공간객체의 기하 및 위상관계가 변형되었을 때 일관성을 평가하는 것이 두 번째 방법이다.

그런데 원시 공간객체의 기하 및 위상관계 변형은, 위의 (그림 2)처럼 집산화(aggregation)뿐만 아니라, 공간객체의 공간차원이 축소(collapse)되는 경우에도 발생한다. 그러나 아직 공간객체 차원축소를 통해 유도된 다중축척 공간데이터베이스의 위상일관성을 고려하는 연구는 거의 없다. 이것이 본 연구의 동기이며, 다음 (그림 3)은 본 연구의 필요성을 보여준다.



(그림 3) 다중축척 데이터베이스의 위상 관계들의 변환 3

원시 데이터베이스에 있는 도로(면)와 공사구간 사이의 겹침(overlap)관계는 도로의 공간차원축소(면->선)를 통해 유도된 데이터베이스에서 겹침 관계가 아닌 다른 관계로 변할 수 있는데, (그림 3) (B)는 분리(disjoint)와 겹침으로 변형된 두 경우를 각각 보여주고 있다. 이 변형된 관계들은 원시관계와 일관성이 있을 수도 있고 그렇지 않을 수도 있으므로, 하나의 결과를 선택하기 위해서는 관계 일관성을 조사할 필요가 있다. 위의 그림에서 원시 데이터베이스의 겹침 관계는 도로와 공사구간 간에 교집합이 존재한다는 의미이다. 그런데 첫 번째 유도된 데이터베이스 안에 있는 분리 관계는 도로와 공사구간간에 교집합이 없다는 의미이므로 두 관계가 서로 모순이다. 반면 두 번째 유도된 데이터베이스 안에 있는 겹침 관계는 교집합이 있다는 의미이다. 따라서 집합 관계로 변환된 데이터베이스가 분리관계로 변환된 데이터베이스보다 더 잘 유도되었다고 할 수 있다.

이처럼, 본 논문은 2차원 공간객체가 1차원 공간객체로 축소(collapse)되었을 때, 1차원으로 축소된 2차원 공간객체와 축소되지 않은 2차원 공간객체 간의 위상관계의 일관성을 평가하는 방법을 제안하기 위한 것이다. 이를 위해 먼저, 2차원 공간객체간 위상관계를 표현하는 8가지 위상관계와 2

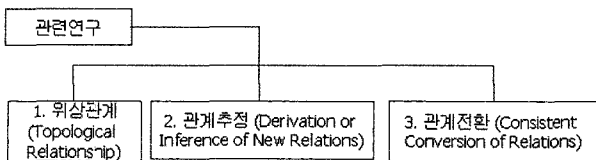
차원과 1차원 공간객체간에 위상관계를 표현하는 19가지 위상관계에 대한 기존 연구를 소개한다. 이를 바탕으로 4가지 위상관계 변환방법을 제안하고 이 방법들을 비교한다.

이 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 관련연구를 조사하고 2차원 공간객체들간의 위상관계 및 1차원과 2차원 공간객체들간의 위상관계를 기술한다. 이 위상관계를 바탕으로 3장에서는 4가지 위상관계 전환방법을 제안한다. 4장에서는 이 방법들의 구현내용 및 결과를 기술하고 마지막으로 5장에서 이 논문을 결론짓겠다.

## 2. 관련 연구 및 사전 정의

### 2.1 관련 연구

이 논문은 다중축척 데이터베이스 유도를 위해 원시 공간 데이터를 변형시킨 후에 원시 공간 데이터들간의 위상관계가 어떻게 변해야 옳은지를 고려하는 연구이므로, 관련 연구들을 다음 그림처럼 세 분야로 나누었다.



(그림 4) 관련 연구 분야

첫째 ‘위상 관계’는 공간데이터베이스에서 공간객체들간의 관계를 표현하는 것으로, 본 연구에서 사용할 위상관계는 Egenhofer[9-14]에 의해 제안된 면-면 위상관계와 면-선 위상관계이며, 이 내용은 2.2절에 기술하였다. 둘째 ‘관계 추정’은 원시 데이터베이스에 존재하는 위상 관계로부터 새로운 관계의 추정[3, 4, 7, 8]하는 것에 관한 연구분야로서 여기에 속하는 연구들은 원시 공간객체에 변형이 일어나는 것을 고려하지 않고 있다. 셋째 ‘관계 전환’은 원시 데이터베이스의 위상관계를 다중축척 데이터베이스의 위상관계로 대응시키려는 연구분야로, 원시 공간객체에 변형이 발생하는 경우[6]를 고려하고 있다. 이 장에서는 이 세 연구분야에서 제안된 몇몇 연구들을 간단히 소개하고 그 한계점들을 언급한다. 위상관계는 2.2절에서 따로 기술하고, 나머지 두 연구분야를 먼저 소개하겠다.

#### • 위상관계의 추정(inference)

유도된 데이터베이스의 관계는 새로 정의하기 보다는 원시 데이터베이스에 정의된 관계들로부터 자동적으로 정의될 수 있다. 때문에 우리는 공간 관계의 추론에 대한 연구들을 조사할 필요가 있다. [3]은 위상관계가 어떻게 점진적으로 변화할 것인지를 추론하는 방법을 제안하였고, [7]은 새로운 공간정보의 추론을 변이(transitivity), 합성(composition)같은 이진 위상관계의 특성을 이용해서 정형화하였다. 변이의 예를 들면, 두 공간객체  $A$ 와  $B$ 에 대해서  $A$  포함(contains)  $B$

이고  $B$  포함  $C$ 는  $A$  집합(meet)  $C$ 는 될 수 없음을 의미한다. [8]은 부분집합 관계를 이용하여 위상 관계를 추론하는 방법을 제시하였다. 예를 들어, 두 공간객체  $A$ 와  $B$ 가 있을 때,  $B$ 가  $A$ 의 부분집합이고,  $B$ 와  $C$ 의 교집합이 존재하면,  $A$ 와  $C$ 의 교집합도 반드시 존재한다는 추론이 가능하다. 그러나 이 방법은 공간객체들간의 부분집합 관계가 존재하지 않을 경우 적용하기가 어렵다. [4]는 위상관계 외에도 동서남북 같은 방향, 멀고 가까움을 표현하는 추정거리(approximate distance), 전 후 같은 시간에 대한 관계를 고려하였다. 이렇게 다른 여러 종류의 관계들을 동시에 고려함으로써 각각의 관계들이 개별적으로 고려될 때 보다 훨씬 더 의미가 있는 관계들을 추론할 수 있었다. 예를 들어 두 개의 공간객체  $A$ 와  $B$ 에 대하여  $A$ 가  $B$ 의 북쪽에 있고,  $B$ 가  $C$ 를 포함하는 것은  $A$ 가  $C$ 의 북쪽에 있고  $A$ 는  $C$ 와 분리(disjoint)됨을 의미한다. 이와 같은 기존연구들은 기존 공간관계로부터 새로운 관계를 추론하기 위한 방법들로서, 이 방법들은 공간객체에 변형이 발생하지 않는 경우에 대하여 적용 가능하다. 그러나 다중축척 데이터베이스가 유도되는 동안, 공간객체는 집단화(aggregation) 혹은 축소(collapse) 연산자에 의해 변형이 되므로 이 기존 연구방법들을 적용하기에는 한계가 있다.

#### • 위상관계의 일관성

원시데이터베이스에 있는 관계는 다른 종류의 관계로 전환되어 새로운 다중축척 데이터베이스로 유도될 수 있다. 이 경우, 전환된 관계와 원시 관계간의 유사성(similarity) 혹은 일관성(consistency)이 평가될 필요가 있다. 이 유사성을 평가하기 위해서 [5]는 두 공간 객체간의 경계-경계 교집합(boundary-boundary intersection)을 이용한 방법을 제안하였다. 경계-경계 교집합은 [9]에서 제안한 9-교차모델(intersection model)의 일부분으로, 두 위상관계의 경계-경계 교집합이 서로 동일하면 두 위상관계는 동일하다는 것이다. [6]은 공간객체가 집단화(aggregation) 되었을 때, 이 새로운 집단화된 객체의 관계를 원시 공간객체로부터 추론하는 방법을 제안하였다. 이 연구는 다중축척 데이터베이스가 집단화(aggregation) 연산자에 의해 유도되었을 때 적용할 수 있다. 그러나 다중축척 데이터베이스를 유도하는 데는 집단화 연산자 외에도 공간차원 축소(collapse), 단순화(simplification)와 같은 연산자들[15]이 있고, 이들에 의해 생성된 새로운 공간객체의 관계를 추론하는 연구는 아직 더 필요하다. 본 연구는 이 중에서 공간차원 축소 연산자에 의해 다중축척 데이터베이스가 유도된 경우 원시 공간 데이터베이스와 유도된 공간 데이터베이스 간에 위상 관계들이 일관성이 있는지를 평가하기 위한 것이다.

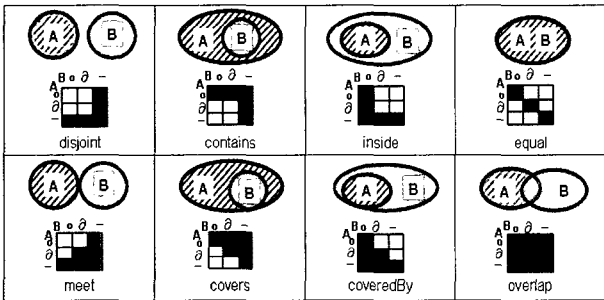
### 2.2 면-면 및 면-선 위상관계

이 연구는 위상적 일관성에 관한 것이므로, 기존에 제안한 위상모델에 관한 연구[9-14]를 바탕으로 ‘면-면 위상관계’와 ‘면-선 위상관계’를 소개한다. 위상모델을 표현하는 가

장 많이 사용되는 방법은 9-교차모델(intersection model)[9]인데, 이것은 두 점 집합 A와 B간의 관계(R)를 내부(°), 경계(∂) 및 외부(-)로 나누고 각각의 교집합이 존재하는지를 이진(0 혹은 1)으로 표현한 것이다.

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

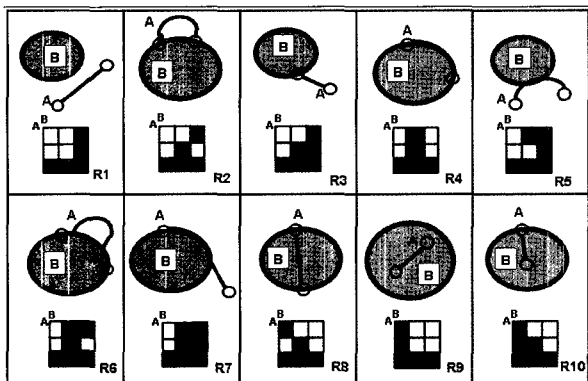
이 9-교차모델을 사용하면 2차원 공간객체 간에는 512가지 위상관계가 나올 수 있는데, 이들은 (그림 5)에서와 같이, 8가지(disjoint, contains, inside, equal, meet, covers, coveredBy, overlap)로 분류된다(이후에는 이것을 면-면 위상관계라고 하겠다)[7, 8]. 선과 면 위상관계를 위해서는 (그림 6)처럼 19가지 위상관계가 가능하다(이 후에는 (그림 6)의 매트릭스 옆에 있는 R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> 같은 관계번호를 이용하여 19가지 위상관계를 구별한다)[10, 13, 14]. 이 위상관계를 바탕으로 다음 장에서는 원시 데이터베이스와 유도된 데이터베이스간의 위상관계가 일관성 있는지 그렇지 않은지를 비교할 것이다.



(그림 5) 공간 객체의 위상 관계 : 8가지 면-면 위상관계[11]

### 3. 위상관계의 일관성 평가 방법

여기서는 8가지 면-면 위상관계(그림 5)와 일관성 있는



19가지 면-선 위상관계(그림 6)를 추론하기 위해 본 연구가 제안하는 4가지 방법에 대해 기술하겠다. 각 방법들을 구체적으로 살펴보기 전에 먼저, 위의 방법들의 결과를 먼저 비교하면 (그림 7)과 같으며, 이 결과는 8가지 면-면 위상관계에 일관성 있게 대응하는 19가지 면-선 위상관계를 위의 네 가지 방법들에 의해 추론한 결과를 보여주고 있다. 이 장에서는 그 추론과정을 기술하겠다.

#### 3.1 매트릭스-비교(matrix-comparison) 방법

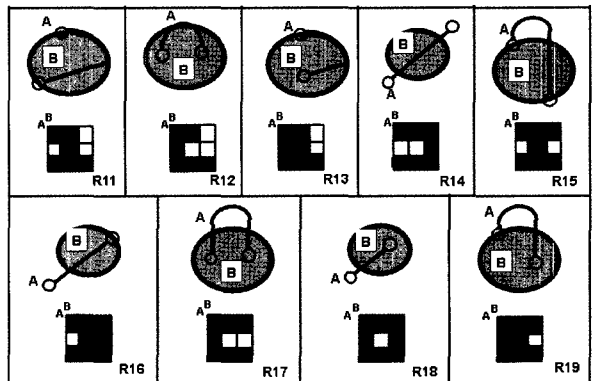
매트릭스-비교방법은 위상관계를 표현하는 9-교집합 매트릭스의 일부인 6-교집합 매트릭스가 같은지를 비교하는 것이다. 이 6-교집합 매트릭스는 다음 두 가지 정의를 바탕으로 만들 수 있다.

[정의 1] 두 관계, R<sub>1</sub>과 R<sub>2</sub>의 9-교집합 매트릭스(intersection matrix), M<sub>R<sub>1</sub></sub>과 M<sub>R<sub>2</sub></sub>가 일치하면 두 위상관계는 동일한 것이다[3].

[정의 2] 면(P)-선(L) 위상관계에서 선의 외부(L-)와 면(P°, ∂P, P-)은 항상 교집합이 존재한다. (L ∩ P° = ¬φ) ∧ (L ∩ ∂P = ¬φ) ∧ (L ∩ P- = ¬φ)

[정의 1]에 의해, 두 면 P<sub>A</sub>, P<sub>B</sub>간의 관계, R<sub>2D</sub>(P<sub>A</sub>, P<sub>B</sub>)와 선 L과 면 P<sub>B</sub>간의 관계, R<sub>1D</sub>(L, P<sub>B</sub>)를 9-교집합 매트릭스로 표현한 M<sub>R<sub>2D</sub></sub>와 M<sub>R<sub>1D</sub></sub>가 일치하면 두 관계는 동일한 관계이다. 이 M<sub>R<sub>2D</sub></sub>과 M<sub>R<sub>1D</sub></sub>를 비교할 때, 선의 외부(L-)와 면(P°, ∂P, P-)은 항상 교집합이 존재하므로([정의 2]), 이 L-와 면(P°, ∂P, P-)의 일치 여부는 비교할 필요가 없다. 그래서 9-교집합 매트릭스로부터 이 부분을 제외하여, 두 면 P<sub>A</sub>, P<sub>B</sub>에 대한 6-교집합 매트릭스 M<sub>R<sub>2D</sub></sub>와 면 P<sub>B</sub>와 선 L에 대한 6-교집합 매트릭스 M<sub>R<sub>1D</sub></sub>를 다음처럼 만들 수 있다.

$$M'_{R_{2D}(P_A, P_B)} = \begin{pmatrix} P_A^\circ \cap P_B^\circ & P_A^\circ \cap \partial P_B & P_A^\circ \cap P_B^- \\ \partial P_A \cap P_B^\circ & \partial P_A \cap \partial P_B & \partial P_A \cap P_B^- \end{pmatrix}$$



(그림 6) 공간 객체의 위상 관계 : 19가지 면-선 위상관계[11]

$$M'_{R_{1,0}(L,P_B)} = \begin{pmatrix} L \cap P_B^{\circ} & L \cap \partial P_B & L \cap P_B^{-} \\ \partial L \cap P_B^{\circ} & \partial L \cap \partial P_B & \partial L \cap P_B^{-} \end{pmatrix}$$

매트릭스-비교(matrix-comparison) 방법은  $M_{R_{2D}}$  와  $M_{R_{1D}}$  가 같을 때 두 위상관계는 일관성이 있다고 평가하며, 추론 결과는 (그림 7)에 기술되어 있다. 예를 들어, 동일(equal)관계의 면 공간객체 A와 B가 있을 때, B를 차원 축소하여 B'를 생성한 경우 A와 B'의 위상관계를 추론하기 위해서 매트릭스-비교방법을 사용해보자. 동일(equal)관계와 6-교집합 매트릭스가 일치하는 면-선 관계는  $R_8$ 뿐이다( $M_{equal} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$ )  
 $= M_{R_8} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$ ). 그러므로 매트릭스-비교방법은 A와 B'의 위상관계가  $R_8$ 아닌 다른 경우에는 위상적 일관성이 보장되지 않았다고 판단된다.

3.2 위상거리(Topology Distance) 방법

위상거리  $T_{R_1,R_2}$ 란 두 위상 관계  $R_1, R_2$ 간의 유사성을 표현하는 개념으로, 이  $T_{R_1,R_2}$  작을수록 두 위상관계는 유사하며, 그 값이 0이 되면 두 위상관계는 동일한 것으로 간주된다. 기존 연구[3]은 이러한 위상거리의 특성을 소개하고, 이 특성을 이용하여 같은 차원의 공간객체들간에 위상관계의 점진적 변화를 추론하였다. 반면, 본 연구는 같은 차원이 아니라 서로 다른 차원의 공간객체에 이 위상거리의 특성을 적용하여 면-면 위상관계와 면-선 위상관계의 유사성을 측정하고자 하였다. 서로 다른 차원의 공간객체들 간에 위상거리 계산법은 [3]에서 제안된 방법과 동일하며, 다음과 같다.
















$$T_{R_1,R_2} = \sum_{i=0}^2 \sum_{j=0}^2 |M_{R_1}[i, j] - M_{R_2}[i, j]|$$

이 계산법을 이용하여, 면-면 위상관계중의 하나인 포함(contains)과 면-선 위상관계중의 하나인  $R_{16}$  간의 위상거리를 계산하면 다음과 같다.

$$M_{contains} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, M_{R_{16}} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix},$$

$$M_{contains} - M_{R_{16}} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ -1 & -1 & 0 \end{pmatrix} \quad \| M_{contains} - M_{R_{16}} \| = 3$$

위의 예와 같은 방식으로, 8종류의 면-면 위상관계와 19종류의 면-선 위상관계들간의 위상거리를 계산한 후, 위상거리 값이 최소인 위상 관계를 가장 일관성이 높은 것으로 평가하는 것이 본 연구에서 제안하는 '위상거리 방법'이며, 이 방법의 결과는 (그림 7)에 기술되어 있다. 예를 들어 (그림 7)에서 면-면 위상관계중의 하나인 분리(disjoint)와 일관성 있는

8 면:면 위상관계	19 면:선 위상관계		
	매트릭스 비교방법	위상거리 방법	혼합 방법 (매트릭스-합집합방법의 결과를 위상거리값으로 정렬함.)
Disjoint 	R1 	R1	R1
Contains 	R14 	R14	R14, R16, R15, R17, R19
Inside 	R9 	R9	R9
Equal 	R8 	R8	R8, R10, R11, R13, R12
Meet 	R3 	R3	R2, R3, R5, R6, R7
Covers 	R16 	R16	R14, R15, R18, R19, R17
coveredBy 	R10 	R10	R10, R8, R13, R11, R12
Overlap 	none	R16, R18, R19	R16, R18, R19, R14, R15, R17

(그림 7) 면-면 위상관계(8 relations)로부터 면-선 위상관계 (19 relations)로의 전환

면-선 위상관계는 최소 위상거리 값이 0인  $R_1$ 이고, 덮음(cover)과 일관성 있는 관계는 최소 위상거리 값이 2인  $R_{16}$ , 겹침(overlap)은 최소 위상거리 값이 1인  $R_{15}, R_{16}, R_{19}$ 이다.

매트릭스-비교방법과 비교하여, 이 방법의 장점은 8가지의 면-면 위상관계가 모두 19가지의 면-선 위상관계로 빠짐없이 모두 대응된다는 점이다. 그러나 위상거리가 최소값이 아니더라도 일관성이 있을 수 있는 관계들을 고려하지 못하는 한계가 있다. 예를 들어 최소 위상거리가 0인 관계가 있을 때, 위상거리 1에 있는 관계라 하더라도 일관성이 있을 수 있음에도 불구하고 이 위상거리 1에 있는 관계는 일관성이 없다고 판단한다.

3.3 매트릭스-합집합(Matrix-Union) 방법

다중축척 데이터베이스에서 원시객체로부터 차원 축소된 공간객체를 생성하는 이유는 원시 데이터보다 덜 자세한 소축척 데이터를 생성하기 위해서이다. 이 정확도가 낮아진 데이터간의 관계를 표현하기 위해서는 위상관계의 정확도도 낮출 필요가 있다. 이것이 매트릭스-합집합 방법을 제안하게 된 동기이다. 그러므로 매트릭스-합집합 방법을 소개하기 전에, 먼저 원시 객체와 차원 축소된 공간객체의 관계를 정의하고, 차원 축소된 공간객체를 위한 위상관계를 표현하는 매트릭스를 기술하겠다.

선은 면을 공간차원 축소하여 생성되므로, 선은 면의 부분집합으로 정의될 수 있다(참고로, 본 연구는 [11]에서 제안하는 위상관계를 기반으로 하기 때문에, 공간(space) 및 공간객체의 정의도 모두 이 기존연구를 참조하고 있다. 따라서 공간은 점집합(point-set)으로 정의되며, 공간객체들은 단순(simple)하다).

[정의 3] 면을 공간차원 축소하여 생성된 선(L)은 면 P의 부분집합이다. 이것은 공간객체를 서로 배타적인 내부(interior,  $\circ$ ), 경계(boundary,  $\partial$ ), 외부(exterior,  $-$ ) 집합으로 구분할 때 L의 내부와 경계가 P의 내부와 경계의 합으로부터 생성됨을 의미한다( $L \subset P \Leftrightarrow$

양면  일관성(Consistent)  강연								6	
		$R_{19}$		$R_{12}$		$R_{17}$		5	
		$R_{15}, R_{17}$		$R_{13}$		$R_{18}, R_{19}$		4	
		$R_{16}$		$R_{10}, R_{11}$		$R_{14}, R_{15}$		3	
		$R_{14}$					$R_{11}, R_{12}$	$R_{14}, R_{15}, R_{17}$	2
							$R_8, R_{13}$	$R_{16}, R_{18}, R_{19}$	1
		$R_1$	$R_9$	$R_8$	$R_2$		$R_{10}$		0
		disjoin	contains	inside	equal	meet	covers	covered By	overlap

(그림 8) 교차 매트릭스-합집합과 위상거리의 혼합 방법

$$(L^{\circ} \cup \partial L) \subset (P^{\circ} \cup \partial P).$$

정의 2와 3을 이용하여 두 면간의 위상관계를 표현한 9-교차매트릭스  $M_{R_{2D}}$ 를 단순화 시켜 선과 면간의 위상관계를 표현하는 3-교집합 매트릭스  $M'_{R_{2D}}$ 를 다음처럼 정의할 수 있다.

$$M_{R_{2D}(P_A, P_B)} = \begin{pmatrix} P_A^{\circ} \cap P_B^{\circ} & P_A^{\circ} \cap \partial P_B & P_A^{\circ} \cap P_B^{-} \\ \partial P_A^{\circ} \cap P_B^{\circ} & \partial P_A^{\circ} \cap \partial P_B & \partial P_A^{\circ} \cap P_B^{-} \\ P_A^{-} \cap P_B^{\circ} & P_A^{-} \cap \partial P_B & P_A^{-} \cap P_B^{-} \end{pmatrix}$$

$$M'_{R_{2D}(P_A, P_B)} = ((P_A^{\circ} \cup \partial P_A) \cap P_B^{\circ} \quad (P_A^{\circ} \cup \partial P_A) \cap \partial P_B \quad (P_A^{\circ} \cup \partial P_A) \cap P_B^{-})$$

비슷한 방법으로 면과 선의 위상관계를 표현한 9-교차매트릭스  $M_{R_{1D}}$ 도 선의 내부와 경계를 합하여  $M'_{R_{1D}}$ 를 생성한다.

$$M_{R_{1D}(L, P_B)} = \begin{pmatrix} L^{\circ} \cap P_B^{\circ} & L^{\circ} \cap \partial P_B & L^{\circ} \cap P_B^{-} \\ \partial L \cap P_B^{\circ} & \partial L \cap \partial P_B & \partial L \cap P_B^{-} \\ L^{-} \cap P_B^{\circ} & L^{-} \cap \partial P_B & L^{-} \cap P_B^{-} \end{pmatrix}$$

$$M'_{R_{1D}(L, P_B)} = ((L^{\circ} \cup \partial L) \cap P_B^{\circ} \quad (L^{\circ} \cup \partial L) \cap \partial P_B \quad (L^{\circ} \cup \partial L) \cap P_B^{-})$$

매트릭스-합집합 방법은 두 위상관계의  $M'_{R_{1D}}$ 와  $M'_{R_{2D}}$ 가 동일하면 일관성이 있다고 평가하며, 이 방법에 의한 추론 결과 역시 (그림 7)에서 보여주고 있다. 이 접근법에 의하면 하나의 면-면 관계는 여러 개의 면-선 관계와 일관성 있을 수 있다. 즉, 위상거리 방법이 가장 일관성이 높은 관계만을 제안하는 반면, 이 방법은 일관성이 있는지 없는 지만 판단하므로 일관성 있는 결과가 여러 개 나올 수 있다. 그 결과 이 방법은 일관성 있는 관계가 여러 개인 경우 그중 하나를 선택하기가 모호할 수 있다. 이것은 다음 절에서 소개할 위상거리와 매트릭스-합집합의 혼합 방법(이후 혼합 접근)에 의해 개선될 수 있다.

3.4 혼합 방법 : 위상거리와 매트릭스-합집합의 혼합

이 방법은 매트릭스-합집합 방법의 결과들을 위상거리 값으로 정렬하여, 일관성 있는 위상관계들을 순서화 함으로써, 사용자가 하나의 위상관계만을 선택해야 하는 경우의 사결정의 도와줄 수 있는 방법이다. (그림 8)은 매트릭스-합집합의 결과를 위상거리의 값으로 정렬한 것이다. 왼쪽 Y축은 일관성(consistent) 정도를 보여주고, 오른쪽 Y축은 위상거리를, X축은 8가지 면-면 위상관계의 종류를 보여준다. 예를 들어, 매트릭스-합집합 방법에 의하면 동일(equal)과 일관성 있는 면-선 관계의 집합은  $\{R_8, R_{10}, R_{11}, R_{12}, R_{13}\}$ 이다. 이 중 가장 일관성이 높은 것은 위상거리가 0인  $R_8$ 이다. 이것은 매트릭스-합집합 방법이 일관성 있는 관계의 집합을 알 수 있지만, 어떤 관계가 일관성이 높은지를 판단할 수 없는 점을 보완한다.

4. 위상관계 일관성 평가방법들의 구현

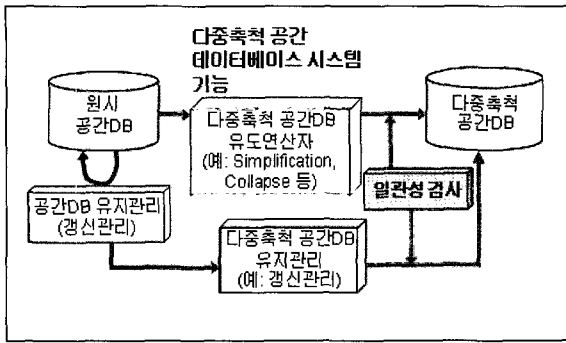
지금까지 다중축척 데이터베이스 유도과정에서 면-면 위상관계가 면-선 위상관계로 변했을 때, 이 위상관계 변화가 일관성이 있는지를 평가하기 위한 네 가지 방법들(매트릭스-비교 방법, 위상거리 방법, 매트릭스-합집합 방법, 혼합 방법)을 기술하였다. 여기서는 다중축척 데이터베이스를 위한 위상관계 일관성 검사 시스템에 대한 구현내용을 기술하겠다.

4.1 시스템 구조

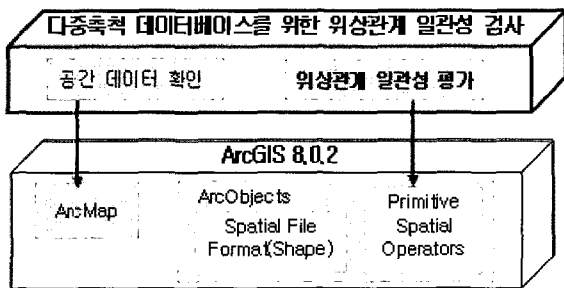
본 연구에서 다루는 다중축척 데이터베이스를 위한 위상관계 일관성 검사 시스템은 다중축척 공간데이터베이스 시스템[15, 16]의 일부로서 (그림 9)의 '일관성 검사' 부분에 해당하며, 기능은 다중 축척 데이터베이스를 유도한 후 유도 결과를 평가한다.

이 다중축척 데이터베이스를 위한 위상관계 일관성 검사 시스템은 Windows 2000에서 Visual C++과 ESRI의 ArcGIS의 공간연산자 라이브러리인 ArcObject를 이용하여 구현되었다. 다음 그림은 시스템의 구조를 보여준다.

(그림 10)에서 처럼 일관성 검사시스템은 공간데이터 확인 및 위상관계 일관성 평가 기능을 사용자에게 제공한다.



(그림 9) 다중축척 공간데이터베이스 시스템의 기능



(그림 10) 다중축척 데이터베이스를 위한 위상관계 일관성 검사

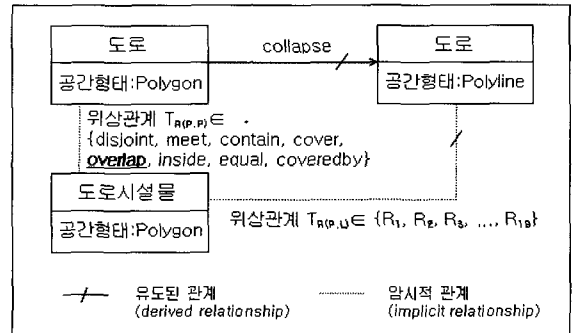
위상관계 일관성 평가기능은 본 연구에서 제안한 네 가지 방법들 즉, 매트릭스-비교(matrix-comparison) 방법, 위상거리(topology distance) 방법, 매트릭스-합집합(matrix-union) 방법, 혼합(hybrid) 방법을 지원한다. 이 방법들의 알고리즘은 '부록 1: 다중축척 데이터베이스의 위상관계 일관성 평가 연산자'에 기술하였다. 원시 데이터 및 일관성 평가 결과는 ArcGIS 파일포맷(shape 포맷)으로 저장되며, 이를 저장 및

처리하는데 필요한 자료구조와 기본 공간 연산자들은 Arc Objects에 정의된 것을 사용하였으며, 공간데이터 확인을 위한 그래픽 인터페이스는 ArcGIS의 ArcMap을 이용하였다

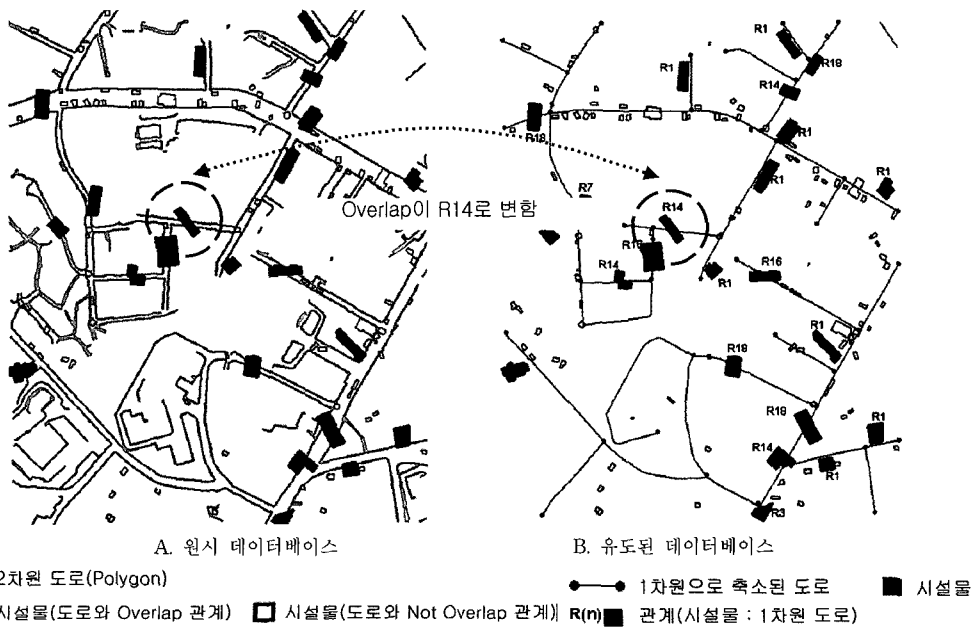
4.2 구현 결과

현재 공간축소 연산자(collapse)에 의해 유도된 다중축척 데이터베이스를 위한 위상관계 일관성에 관한 기존 연구는 없는 상태이며, 공간 축소를 고려하지 않는 기존 연구들과 본 연구를 비교하는 것은 바람직하지 않다. 그래서 여기서는 기존 연구와 본 연구에서 제안한 방법을 비교하는 대신, 본 연구에서 제안한 방법들을 비교한 결과를 보여주려고 한다. 다음 그림은 위상관계 일관성 검사를 위한 입력자료인, 원시 데이터베이스와 유도된 데이터베이스의 관계를 클래스 다이어그램으로 나타낸 것이다.

원시 데이터베이스에 공간형태가 면(polygon)인 도로와 도로시설물이 있고, 이 두 클래스간에는 면 : 면 위상관계가 존재한다. 아래 (그림 12) (A)의 원시 데이터베이스는 도로와 점침(overlap)관계인 도로시설물(검은색)들을 보여준다.



(그림 11) 다중축척 데이터베이스 클래스 다이어그램



(그림 12) 원시 데이터베이스(면 : 면)와 유도된 데이터베이스(선 : 면)

이 때 도로(면)를 공간차원 축소하여 새로운 도로(선)를 유도하면 도로시설물과 도로(선)간에는 면 : 선 위상관계가 유도된다. (그림 12) (B) 유도된 데이터베이스는 면 : 면 위상관계인 '겹침' 관계가 유도된 데이터베이스에서  $R_1, R_{14}, R_{18}$ 과 같은 면 : 선 위상관계로 전환됨을 보여준다. (그림 13) 은 이 전환된 면 : 선 위상관계가 원시 위상관계인 '겹침'과 일관성이 있는지를 본 연구에서 제안한 네 가지 방법으로 검사한 결과이다. 검색으로 칠해진 면( )이 일관성 없는 것이고 굵은 선으로 표현된 것( )이 일관성 있는 것이다.

(그림 13) (A)는 유도된 모든 위상관계들이 원시 위상관계인 '겹침'과 일관성이 없는 것으로 평가된 결과를 보여주는데, 이것은 매트릭스-비교방법에 의하면 '겹침' 관계와 일관성 있게 대응되는 면-선 관계는 없기 때문이다. 반면 (그림 13) (B)에는 굵은 선으로 표시된 여섯 객체들이 일관성 있는 전환으로 판단되었는데, 이것은 위상거리 방법에 의하면 '겹침'과 일관성 있는 면-선 관계는 ( $R_{16}, R_{18}, R_{19}$ )이기 때문이다. 비슷하게, 매트릭스-합집합 방법에 의하면 '겹침'과 일관성 있는 면-선 관계는 ( $R_{14}, R_{15}, R_{16}, R_{17}, R_{18}, R_{19}$ )으로, (그림 13) (C)에서처럼 이에 해당하는 열 개의 객체들이 일관성 있는 것으로 판단된다. 혼합방법의 결과는 매트릭스-합집합 방법의 결과와 동일하다.

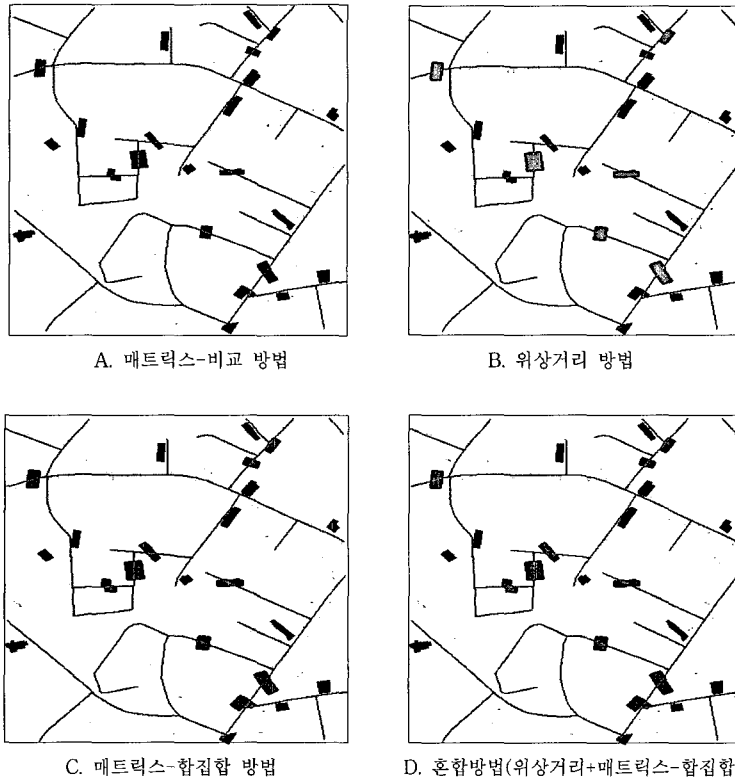
4.3 구현결과 분석 및 시사점

본 연구에서는 다중축척 데이터베이스에서 위상관계의 일관성을 평가하기 위한 네 가지 방법을 제안하였다. 각 방법

들은 모두 고유의 특성이 있어 그 사용 용도가 다르다. 먼저, 매트릭스-비교 방법은 매트릭스가 정확하게 일치할 경우에만 일관성이 있다고 평가하므로 다른 세가지 방법에 비해 가장 엄격한 위상관계 일관성 평가방법이다. 즉, 공간객체의 차원이 변형된 경우 위상관계의 일관성을 엄격하게 평가할 때 사용할 수 있다.

위상거리 방법은 '두 위상관계의 거리값이 가까울수록 유사한 관계'라는 위상거리의 특징을 이용하여 두 위상관계의 일관성을 평가하는 방법이다. 매트릭스-비교 방법이 정확히 일치하지 않는 경우 일관성이 없다고 판단하는 반면 최소 위상거리값에 있는 관계를 일관성이 있다고 판단한다. 다중축척 데이터베이스의 관계 일관성 평가는 사용자의 요구에 따라 상대적으로 수행되는 것이 중요하다. 즉, 비용을 줄이기 위해 위상관계의 정확도를 중요시 하지 않는 사용자를 위하여 각기 다른 수준(level)으로 위상관계를 평가하는 것이 필요하다. 이 위상거리 방법은 매트릭스-비교 방법보다는 덜 자세한 수준에서 위상관계를 평가할 수 있는 방법이다.

그러나 이 두 방법 모두 다중축척 데이터베이스에서 위상관계의 일반화(generalization)가 일어날 수 있음을 반영하지 못하고 있다. 위상관계 일반화란 데이터베이스의 축척에 따라서 정확히 일치하는 관계가 아니더라도 동일한 관계로 간주될 수 있는 위상관계를 말한다. 본 연구에서 제안한 매트릭스-합집합 방법은 9-매트릭스를 6-매트릭스로 일반화 함으로서 이러한 위상관계의 일반화(generalization)를 고려한 방법이다. 이 방법을 사용하면, (그림 13) (C)에서 보여주는



(그림 13) 위상관계 일관성 검사결과



것처럼, 정확히 일치하는 관계는 아니지만 동일한 관계들은 위상적 일관성이 있다고 평가한다. 따라서 다중축척 데이터베이스 유도과정에서 공간객체의 차원 변형으로 인해 위상관계가 일반화된 경우, 이 변형된 위상관계가 원시 위상관계로부터 적절히 유도된 것인지를 판단할 수 있다.

그러나 이 방법에 의하면 하나의 원시 위상관계에 대해서 일관성 있는 위상관계가 여러 개 존재할 수 있다. 그래서 만약 사용자들이 여러 개의 다중축척 데이터베이스를 유도해 두고 그 중에서 가장 질이 높은 하나를 결정해야 하는 경우 이 방법은 어떤 하나의 결과를 제시해주지 못한다.

본 연구에서 제안하는 마지막 방법인 혼합방법(매트릭스 합집합과 위상거리를 혼합한 방법)은 매트릭스-합집합의 결과를 위상거리를 이용하여 순서화해 두었다. 따라서 위상거리가 가장 짧은 것을 위상적 일관성이 가장 높다고 평가하므로, 일관성 있는 여러 개의 결과중 하나를 선택해야 할 때 효과적인 방법이다.

다중축척 데이터베이스의 관계 일관성 평가는 사용자의 요구에 따라 각기 다른 수준(level)으로 평가하는 것이 필요하다. 구현 결과는 본 연구가 제안하는 4가지 방법이 유도된 다중축척 데이터베이스를 각기 다른 수준으로 평가하는데 사용될 수 있음을 보여주었다. 또, 이 방법들은 사용자들은 여러 개의 다중축척 데이터베이스를 유도해 두고 그 중에서 가장 질이 높은 하나를 결정해야 하는 경우도 고려하고 있다.

## 5. 결 론

대축척의 공간 데이터베이스를 소축척의 데이터베이스로 일반화시킬 때 기하값 뿐만 아니라 위상관계도 변한다. 특히 면 객체가 선 객체로 일반화 될 때 면-면 위상관계가 면-선 위상관계로 변하게 된다. 본 연구에서는 이 변화된 면-선 위상관계가 원시 위상관계인 면-면 위상관계와 일관성이 있는지를 평가하기 위한 네 가지 방법을 제안하였다. 이 방법들은 8개의 면과 면 사이의 위상 모델과 19개의 면과 선 사이의 위상 모델에 기본을 두고 있다. 이 일관성 평가방법을 통해 다중축척 데이터베이스로 유도된 위상관계들 중에서 모호성이 있고 에러가 있는 위상 변환을 탐지할 수 있음을 사례를 이용한 구현결과를 통하여 알 수 있었다.

현재 본 연구는 면-면 위상관계가 면-선 위상관계로 전환되는 경우에 대해서 위상관계 일관성 평가 방법을 제안하고 있다. 향후에는 공간객체 타입에 관계 없이 위상관계를 평가할 수 있는 일반화된 모델을 제안하겠다. 또한, 9-교차 모델을 기반으로 하는 위상 관계뿐만 아니라, 공간객체간의 관계를 표현하는 다른 방법들(예를 들어 방향, 좌우 및 거리)에 대해서도 일관성을 평가할 수 있는 방법들을 제시함으로써 유도된 다중축척 데이터베이스와 원시 데이터베이스간의 관계 일관성을 평가할 수 있는 전체적인 틀을 제시하겠다.

## 참 고 문 헌

[1] J. C. Muller, J. P. Lagrange and R. Weibel, "Data and

- Knowledge Modeling for Generalization in GIS and Generalization", Taylor & Francis Inc. pp.73-90, 1995.
- [2] M. J. Egenhofer, "Consistency Revisited", *GeoInformatica* Vol.1, No.4, pp.323-325, 1997.
- [3] M. J. Egenhofer and K. K. Al-Taha, "Reasoning about Gradual Changes of Topological Relationships, Theory and Methods of Spatio-Temporal Reasoning in Geographic Space", *Lecture Note of Computer Science*, Vol.639, Springer-Verlag, pp.196-219, 1992.
- [4] J. Sharma, D. M. Flewelling, and M. J. Egenhofer, "A Qualitative Spatial Reasoner", *Proc. of 6th International Symposium on Spatial Data Handling*, pp.665-681, 1994.
- [5] M. Egenhofer, "Evaluating Inconsistencies Among multiple Representations", *Proc. of the 6th international Symposium on Spatial Data Handling*, pp.902-920, 1994.
- [6] N. Tryfona and M. J. Egenhofer, "Consistency among Parts and Aggregates : A Computational Model", *Transactions in GIS* Vol.1, No.3, pp.189-206, 1997.
- [7] M. J. Egenhofer, and J. Sharma, "Assessing the Consistency of Complete and Incomplete Topological Information", *Geographical Systems* Vol.1, No.1, pp.47-68, 1993.
- [8] M. J. Egenhofer, "Deriving the Composition of Binary Topological Relations, *Journal of Visual Languages and Computing*", Vol.5, No.2, pp.133-149, 1994.
- [9] E. Clementini, J. Sharma, and M. J. Egenhofer, "Modeling Topological Spatial Relations : Strategies for Query Processing", *Computer and Graphics* Vol.18, No.6 pp.815-822, 1994.
- [10] M. J. Egenhofer and H. Herring, "Categorizing Binary Topological Relations between Regions, Lines, and Points in Geographic Databases", *Technical Report*, Department of Surveying Engineering, University of Maine, 1990.
- [11] M. J. Egenhofer, "Point-Set Topological Spatial Relations", *International Journal of Geographical Information Systems* Vol.5, No.2, pp.161-174, 1990.
- [12] M. J. Egenhofer, E. Clementini and P. Felice, "Topological relations between regions with holes", *International Journal of Geographical Information Systems*, Vol.8, No.2, pp. 129-144, 1994.
- [13] D. M. Mark, and M. J. Egenhofer, "Modeling Spatial Relations Between Lines and Regions : Combining Formal Mathematical Models and Human Subjects Testing", *Cartography and Geographical Information System*, Vol.21, No.3 pp.195-212, 1995.
- [14] A. Rashid, B. M. Shariff and M. J. Egenhofer, "Natural-Language Spatial Relations Between Linear and Areal Objects : The Topology and Metric of English Language Terms", *International Journal of Geographical Information Science*, Vol.12, No.3, pp.215-246, 1998.
- [15] H. Kang, S. Do, and K. Li, "Model-Oriented Generalization Rules", *Proc.(in CD) ESRI Conf. San Diego, USA, July, 2001.*
- [16] H. Kang, J. Moon and K. Li, "Data Update Across Multi-Scale Databases", *Proc. of the 12th International Conference on Geoinformatics*, pp.749-756. 2004.

## 부록 1 : 다중축척 데이터베이스의 위상관계 일관성 평가 연산자

---

```

Function TCA_Matrix-Comparison()
// 6-교차매트릭스를 비교하여 동일하면 일관성이 있다고 판단함.
Input : set_derivedRelations, set_PLrelations;
Output : consistentPL_drv, inconsistentPL_drv
Variable : set_derivedRelation
           = {{id, PLrelation_drv, obj1_id, obj2_id, PPrelation_src},...}
           set_PLrelations = {R1, R2, R3, R4,..., R19}

Process :
while(set_derivedRelations) do
  isConsistent := FALSE;
  obj := getElement(set_derivedRelations);
  PPrelation_src := obj. PPrelation_src;
  PLrelation_drv := obj. PLrelation_drv;
  6matrix_PPrelation_src := get6Matrix(PPrelation_src) ;
  //1. set_PLrelations으로부터 PPrelation과 일관성있는 subset 추출.
  while(set_PLrelations) do
    PLrelation := getElement(set_PLrelations)
    6matrix_PLrelation := get6Matrix(PLrelation);
    if( 6matrix_PLrelation equals to 6matrix_PPrelation_src )
      consistentSet := addElement(6matrix_PLrelation);
    end while;
    //2. 유도된 위상관계가 1의 결과에 있으면 consistent한 위상관계,
    // 없으면 inconsistent한 위상관계임.
    6matrix_PLrelation_drv := get6Matrix(PLrelation_drv);
    while(consistentSet) do
      relation := getElement(consistentSet);
      if(relation equals to 6matrix_PLrelation_drv)
        isConsistent := TRUE;
        consistentPL_drv := addElement(obj)
      end if
    end while;
    if(isConsistent == FALSE)
      inconsistentPL_drv := addElement(obj)
    end while ;
  end Process;

```

---

```

Function TCA_TopologyDistance()
// 최소위상거리에 있는 위상관계이면 일관성있다고 판단함.
Input : set_derivedRelations, set_PLrelations;
Output : consistentPL_drv, inconsistentPL_drv
Variable : set_derivedRelation
           = {{id, PLrelation_drv, obj1_id, obj2_id, PPrelation_src},...}
           set_PLrelations = {R1, R2, R3, R4,..., R19}

Process :
while(set_derivedRelations) do
  isConsistent := FALSE;
  obj := getElement(set_derivedRelations);
  PPrelation_src := obj. PPrelation_src;
  PLrelation_drv := obj. PLrelation_drv;
  // 1. PPrelation_src와 set_PLrelations의 위상거리를 계산하여
  // 최소위상거리에 있는 subset을 추출함.
  consistentSet :=
    minTopologyDistance(PPrelation_src, set_PLrelations);
  // 2. 유도된 위상관계가 1의 결과에 있는지 조사
  while(consistentSet) do
    relation := getElement(consistentSet);
    if(relation equals to PLrelation_drv)
      isConsistent := TRUE;
      consistentPL_drv := addElement(obj)
    end if
  end while;
  if(isConsistent == FALSE)
    inconsistentPL_drv := addElement(obj)
  end while ;
end Process;

```

---

---

```

Function TCA_Matrix-Union()
// 3-교차매트릭스가 같은 위상관계들을 일관성있다고 판단함.
Input : set_derivedRelations, set_PLrelations;
Output : consistentPL_drv, inconsistentPL_drv
Variable : set_derivedRelation
           = {{id, PLrelation_drv, obj1_id, obj2_id, PPrelation_src},...}
           set_PLrelations = {R1, R2, R3, R4,..., R19}
Process :
  while(set_derivedRelations) do
    isConsistent      := FALSE;
    obj               := getElement(set_derivedRelations);
    PPrelation_src    := obj.PPrelation_src;
    PLrelation_drv    := obj.PLrelation_drv;
    3matrix_PPrelation_src := matrixUnion(PPrelation_src);
    3matrix_PLrelation_drv := matrixUnion(PLrelation_drv);
    //1. set_PLrelations으로부터 PPrelation과 일관성있는 subset 추출,
    // 3-교차매트릭스가 같으면 일관성 있음.
    while(set_PLrelations) do
      PLrelation      := getElement(set_PLrelations);
      3matrix_PLrelation := matrixUnion(PLrelation);
      if(3matrix_PLrelation equals to 3matrix_PPrelation_src )
        consistentSet := addElement(3matrix_PLrelation);
      end while;
      //2. 유도된 위상관계가 1의 결과에 있으면 consistent한 위상관계,
      // 없으면 inconsistent한 위상관계임.
      while(consistentSet) do
        relation := getElement(consistentSet);
        if(relation equals to 3matrix_PLrelation_drv)
          isConsistent := TRUE;
          consistentPL_drv := addElement(obj)
        end if
      end while;
      if(isConsistent == FALSE)
        inconsistentPL_drv := addElement(obj)
      end while;
    end Process;

```

```

Procedure matrixUnion()
Input : 9IntersectionMatrix =
        {in_in,   in_bnd,   in_ext,
         bnd_in,  bnd_bnd,  bnd_ext,
         ext_in,  ext_bnd,  ext_ext};
Output : 3IntersectionMatrix = {inBnd_in,  inBnd_bnd,  inBnd_ext}
Process :
  if (in_in == empty && bnd_in == empty) inBnd_in := empty;
  else inBnd_in := not_empty;
  if (in_bnd == empty && bnd_bnd == empty) inBnd_bnd := empty;
  else inBnd_bnd := not_empty;
  if (in_ext == empty && bnd_ext == empty) inBnd_ext := empty;
  else inBnd_ext := not_empty;
end Process;

```

---

```

Function TCA_Hybrid()
// 3-교차매트릭스가 같은 위상관계들을 일관성있다고 판단함.
// 또,유도된 위상관계들이 모두 일관성이 있을 때, 이 위상관계들을
// 위상거리로 정렬한 후 최소위상거리에 있는 위상관계를 가장 일관성이
// 높은 것으로 판단함.
Input : set_derivedRelations, set_PLrelations;
Output : consistentPL_drv, inconsistentPL_drv
Variable : set_derivedRelations
           = {{id, set_PLrelation_drv, obj1_id, obj2_id, PPrelation_src},...}
           set_PLrelations = {R1, R2, R3, R4,..., R19}
Process :
  while(set_derivedRelations) do
    isConsistent      := FALSE;
    obj               := getElement(set_derivedRelations);

```

---

```

PPrelation_src := obj. PPrelation_src;
set_PLrelation_drv := obj. set_PLrelation_drv;
//1. PPrelation과 일관성있는 set_PLrelations의subset 추출,
// 3-교차매트릭스가 같으면 일관성 있음.
while(set_PLrelations) do
    PLrelation := getElement(set_PLrelations);
    3matrix_PLrelation := matrixUnion(PLrelation);
    if(3matrix_PLrelation equals to 3matrix_PPrelation_src )
        consistentSet := addElement(3matrix_PLrelation);
end while;
//2. 유도된 위상관계가 1의 결과에 있으면 consistent한 위상관계,
// 없으면 inconsistent한 위상관계임.
while(consistentSet) do
    relation := getElement(consistentSet);
    if(relation equals to 3matrix_PLrelation_drv)
        isConsistent := TRUE;
        consistentPL_drv := addElement(obj)
    end if
end while;
if(isConsistent == FALSE)
    inconsistentPL_drv := addElement(obj)
//3. 일관성있게 유도된 위상관계들이 여러 개인 경우,
// 위상거리 값이 최소인 것을 선택
bestRelation :=
    minTopologyDistance(PPrelation_src, consistentPL_drv) ;
end while;
end Process;

```



### 강혜경

e-mail : hkang@pnu.edu  
 1995년 창원대학교 행정학과(학사)  
 1998년 부산대학교 대학원 GIS학과  
 (공학석사)  
 1999년~현재 부산대학교 대학원 GIS학과  
 박사학위 후보자

2002년~2003년 Environment System Research Institute(ESRI,  
 미국 Redlands)  
 관심분야 : 다중축척 공간 DB, GIS



### 이기준

e-mail : lik@pnu.edu  
 1984년 서울대학교 계산통계학과(학사)  
 1986년 서울대학교 대학원 계산통계학과  
 (석사)  
 1992년 프랑스 국립 응용 과학원(INSA)  
 전자계산학과(박사)

1990년~1991년 프랑스 Logicim사 선임 엔지니어  
 1993년~현재 부산대학교 정보컴퓨터공학부 교수  
 관심분야 : 시공간 데이터베이스, 텔레메틱스, 유비쿼터스 컴퓨팅