

**객체지향 지리 정보 시스템을 위한
공간 객체간의 위상 관계
(Topological relationships between spatial objects
for object-oriented Geographic Information Systems)**

김 양 희 김 명 선 권 석 형 정 창 성
(Yang Hee Kim) (Myeong Sun Kim) (Seog Hyoung Kwon) (Chang-Sung Jeong)

고려대학교 전자공학과
Dept. of Electronic Engineering, Korea University

1 서론

지리 정보 시스템(Geographical Information System)은 대용량의 복잡한 비공간 데이터와 공간 데이터를 효율적으로 저장, 검색, 조작 및 분석하여 그결과를 지도의 형태로 표현하는 시스템이다. 공간 객체간의 위상 관계는 지리 정보 시스템뿐만 아니라, CAD/CAM, VLSI설계, 이미지 데이터베이스(image database), 원격감지(remote sensing)와 같은 공간 데이터베이스 시스템(spatial database systems)에서 공간 질의어의 정의 및 처리시 매우 중요하다.

객체지향 지리 정보 시스템에 사용되는 공간 객체들은 그들의 특성에 따라 클래스(class)로 구분 되어지며, 이러한 클래스에 속하는 공간 객체들은 기본적인 공간 객체 타입인 점(point), 선(line), 영역(region)과 체적(volume)을 갖는다.

본 논문에서는 점과 집합 위상(point-set topology) 이론을 근거로, 객체지향 지리 정보 시스템에 사용되는 공간 객체간에 발생할 수 있는 모든 위상 관계를 정의하고 분류하였다. 점과 집합 위상 이론은 두 집합의 경계(boundary)와 내부(interior)의 교집합(intersection)이 공집합(empty set) 혹은 비공집합(non-empty set)의 관계를 이용하여 위상 관계를 정의한다.

2 공간 객체간의 위상관계

객체지향 지리 정보 시스템에 사용되는 공간 객체들은 그들의 특성에 따라 클래스로 구분 되어 지며, 이러한 클래스에 속하는 공간 객체들은 기본적인 공간 객체 타입인 점, 선, 영역과 체적을 갖는다. 점 데이터 타입은 교차로, 주유소, 전주 등과 같이 지도상에서 하나의 점으로 표시되는 데이터를 위하여 사용되며, 선 데이터 타입은 도로, 강, 상수도, 전화선 등과 같이 연속된 선으로 표시되는 데이터를 위하여 사용되며, 영역 데이터 타입은 행정구역과 같이 다각형의 구조를 갖는 데이터를 위해 사용되며, 체적 데이터 타입은 자동차 공해 유발이나 공해 물질의 이동 형태를 표현하는데 사용된다.

객체지향 공간 질의어는 객체지향 지리 정보 시스템에 저장된 데이터의 검색 및 조작을 효과적으로 처리하기 위한 질의어로 대부분의 경우 복잡하고 다양한 공간 분석이 필요하다. 이러한 형태의 질의를 수행하기 위해서는 다양한 공간 연산이 정의 되어야 하며, 특히 두 공간 객체간의 위치와 관계가 있는 위상 연산은 복잡한 공간 분석이 필요한 질의에 많이 사용된다. 이러한 위상 관계 연산들을 정의하기 위해서는 공간 객체간에 발생하는 위상 관계의 정의가 매우 중요하다.

위상 관계의 명확한 정의는 점과 집합 위상(point-set topology)의 이론에 근거하고 있다[4]. 임의의 공간 객체 A를 위상 공간(topological space) X내의 폐집합(closed point set)으로 간주한 후 A를 경계(boundary set ∂A)와 내부(interior set A°)로 구분하며

$$\partial A \cap A^\circ = \emptyset \text{ 이고 } \partial A \cup A^\circ = A$$

로 간주한다. 이때 \emptyset 는 공집합(empty set)이다. 만일 \overline{A} 와 $\overline{X-A}$ 를 A와 X-A의 closure라면 $\partial A = \overline{A} \cap \overline{X-A}$ 가 된다.

Egenhofer[4]는 두 공간 객체 A와 B가 이차원 이상이며 codimension이 0일때 표 1과 같이 경계와 내부로 구성된 4가지 교집합 $\langle \partial A \cap \partial B, A^\circ \cap B^\circ, \partial A \cap B^\circ, A^\circ \cap \partial B \rangle$ 으로 유도되는 16가지의 교집합 결과 중 8가지 경우만이 발생함을 증명하였다. 이때 $\neg \emptyset$ 는 비공집합(non-empty set)을 의미한다.

표 1 이차원 이상의 두 공간 객체 간의 위상 관계

$\partial A \cap \partial B$	$A^\circ \cap B^\circ$	$\partial A \cap B^\circ$	$A^\circ \cap \partial B$	위상 관계
\emptyset	\emptyset	\emptyset	\emptyset	A DISJOINT B
$\neg \emptyset$	\emptyset	\emptyset	\emptyset	A MEETS B
$\neg \emptyset$	$\neg \emptyset$	\emptyset	\emptyset	A EQUALS B
\emptyset	$\neg \emptyset$	$\neg \emptyset$	\emptyset	A INSIDE B
\emptyset	$\neg \emptyset$	\emptyset	$\neg \emptyset$	A OUTSIDE B
$\neg \emptyset$	$\neg \emptyset$	$\neg \emptyset$	\emptyset	A COVEREDBY B
$\neg \emptyset$	$\neg \emptyset$	\emptyset	$\neg \emptyset$	A COVERS B
$\neg \emptyset$	$\neg \emptyset$	$\neg \emptyset$	$\neg \emptyset$	A INTERSECTS B

Huang[8]은 두 공간 객체 A와 B가 점이나 선일때 적용할 수 있는 관계 16가지중 표 2 와 같이 5가지 경우만 발생 함을 입증하였다. 이때 A^c 는 A의 여집합, B^c 는 B의 여집합을 의미한다.

표 2 점이나 선인 두 공간 객체 간의 위상관계

$A \cap B$	$A \cap B^c$	$A^c \cap B$	$A^c \cap B^c$	관 계
$\neg \emptyset$	\emptyset	\emptyset	$\neg \emptyset$	rel 1
$\neg \emptyset$	$\neg \emptyset$	\emptyset	$\neg \emptyset$	rel 2
$\neg \emptyset$	\emptyset	$\neg \emptyset$	$\neg \emptyset$	rel 3
\emptyset	$\neg \emptyset$	$\neg \emptyset$	$\neg \emptyset$	rel 4
$\neg \emptyset$	$\neg \emptyset$	$\neg \emptyset$	$\neg \emptyset$	rel 5

A와 B가 모두 점일때는 rel 1과 rel 4의 경우가 발생하며, rel 1일때는 A EQUALS B의 관계를 나타내며, rel 4일때는 A DISJOINT B를 나타낸다. A는 점이고 B는 선일때 rel 3과 rel 4가 발생되며 rel 3일때는 A COVEREDBY B, rel 4일 때는 A DISJOINT B의 관계가 된다. A가 선이고 B가 점일때는 rel 3과 rel 4의 경우가 가능하며 rel 3일때는 A COVERS B, rel 4일때는 A DISJOINT B가 된다. 마지막으로 A와 B가 모두 선일 경우에는 위의 모든 경우가 발생하며 rel 1이면 A EQUALS B, rel 2이면 A COVERS B, rel 3이면 A COVEREDBY B, rel 4이면 A

DISJOINT B이고 rel 5이면 A INTERSECTS B의 관계가 된다.

또한 A가 영역이나 체적이고 B가 점이나 선일때는 $A^c \cap B^c = \neg \emptyset$ 와 $A^\circ \cap B^c = \neg \emptyset$ 가 항상 성립하므로, 표 3과 같이 6가지 교집합인 $\langle \partial A \cap B \ A^\circ \cap B \ A^c \cap B \ \partial A \cap B^c \ A^\circ \cap B^c \ A^c \cap B^c \rangle$ 으로 유도되는 16가지 경우중 7가지가 발생함을 알 수 있다.

표 3 영역/체적이거나 점/선인 두 공간 객체 간의 위상 관계

$\partial A \cap B$	$A^\circ \cap B$	$A^c \cap B$	$\partial A \cap B^c$	관 계
$\neg \emptyset$	\emptyset	\emptyset	\emptyset	rel 1
\emptyset	\emptyset	$\neg \emptyset$	$\neg \emptyset$	rel 2
\emptyset	$\neg \emptyset$	\emptyset	$\neg \emptyset$	rel 3
$\neg \emptyset$	\emptyset	\emptyset	$\neg \emptyset$	rel 4
$\neg \emptyset$	\emptyset	$\neg \emptyset$	\emptyset	rel 5
$\neg \emptyset$	$\neg \emptyset$	\emptyset	$\neg \emptyset$	rel 6
$\neg \emptyset$	$\neg \emptyset$	$\neg \emptyset$	$\neg \emptyset$	rel 7

A가 영역이고 B가 선일때는 7가지 경우가 모두 발생하며, rel 1일때는 ∂A EQUALS B, rel 2는 A DISJOINT B, rel 3은 A OUTSIDE B, rel 4는 ∂A COVERS B, rel 5는 A MEETS B, rel 6은 A COVERS B, rel 7은 A INTERSECTS B의 관계이다. A가 영역이나 체적이고 B가 점일때는 rel 2, rel 3, rel 4의 3가지 경우가 발생하며, rel 2일때는 A DISJOINT B, rel 3는 A OUTSIDE B, rel 4는 A COVERS B가 된다. A가 체적이고 B가 선일 때는 rel 1을 제외한 모든 경우가 발생한다.

표 4 공간 객체간의 대칭 위상 관계

위상 관계	공간 객체들의 데이터 타입									
	P-P	P-L	P-R	P-V	L-L	L-R	L-V	R-R	R-V	V-V
DISJOINT	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
MEETS	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○
EQUALS	○	×	×	×	○	×	×	○	×	○
INTERSECTS	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○

P : point, L : line, R : region, V : volume

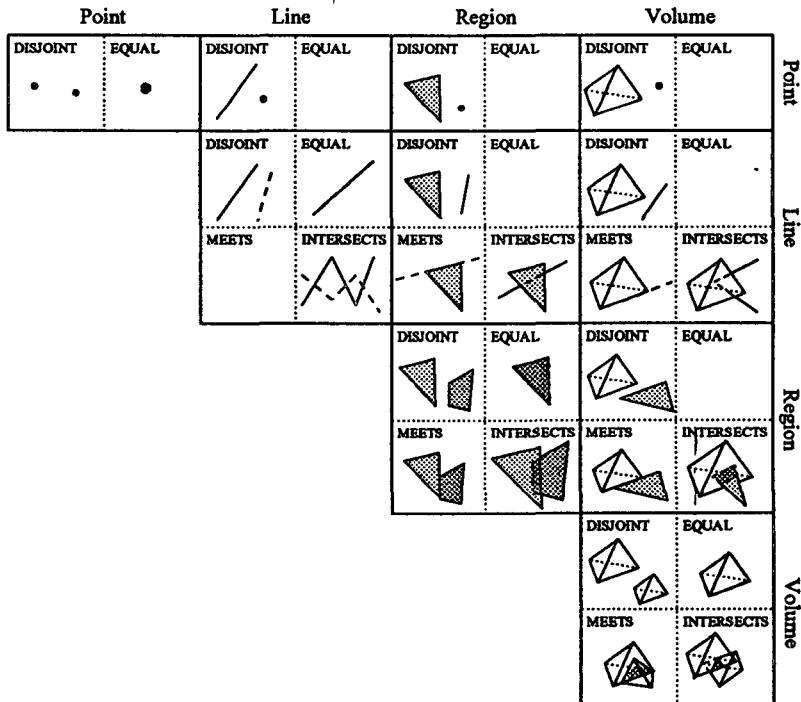


그림 1. 공간 객체간의 대칭 위상 관계

표 5 공간 객체간의 비대칭 위상 관계

위상 관계	공간 객체들의 데이터 타입															
	P-P	P-L	P-R	P-V	L-P	L-L	L-R	L-V	R-P	R-L	R-R	R-V	V-P	V-L	V-R	V-V
COVERS	×	×	×	×	○	○	×	×	○	○	○	×	○	○	○	○
COVEREDBY	×	○	○	○	×	○	○	○	×	×	○	○	×	×	×	○
INSIDE	×	×	○	○	×	×	○	○	×	×	○	○	×	×	×	○
OUTSIDE	×	×	×	×	×	×	×	×	○	○	○	×	○	○	○	○

P : point, L : line, R : region, V : volume

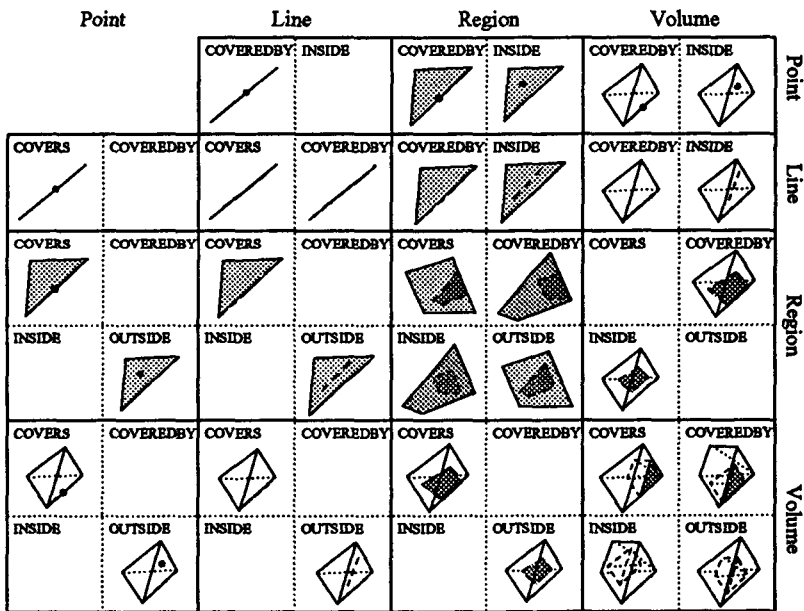


그림 2. 공간 객체간의 비대칭 위상 관계

이항 공간 연산자 T는 xTy (x와 y는 피연산자) 형태를 취하며, 만일 모

든 (x,y) 에 대하여 $xTy = yTx$ 가 성립하면 연산자 T 는 대칭(symmetric)이라 부르고 그렇지 않으면 비대칭(anti-symmetric)이라 부른다. 앞에서 정의된 8가지 위상 관계 중에서 DISJOINT, MEETS, EQUALS, INTERSECTS는 대칭이며 나머지는 비대칭이다. 표 4와 표 5는 대칭 및 비대칭인 위상 관계와 공간 객체간에 발생할 수 있는 관계를 분류한 것으로, 'O'은 위상 관계가 존재하는 것을 의미하며, 'X'는 위상 관계가 정의되지 않음을 의미한다.

표 4와 표 5에서 분류된 공간 객체간의 위상관계의 가시적 표현은 그림 1과 그림 2와 같다.

본 장에서는 객체지향 지리 정보 시스템에서 사용되는 점, 선, 영역과 체적 공간 객체 타입상에서 발생할 수 있는 모든 위상 관계를 정의하고 분류하였으며, 이러한 관계를 이용하여 공간 분석이 필요한 질의를 수행하기 위한 다양한 공간 연산을 정의할 수 있다.

3 결론

객체지향 지리 정보 시스템에서 공간 질의를 효과적으로 정의하고 처리하려면 점, 선, 영역과 체적을 공간 객체 타입으로 갖는 공간 객체간의 확고하고(sound) 형식을 갖춘(formal) 위상 관계의 조사는 매우 중요하다.

본 논문에서 제시한 점과 집합 위상 이론은 두 집합간의 경계와 내부의 4가지 교집합의 관계를 이용하여, 객체지향 지리 정보 시스템에서 사용되는 공간 객체간에 발생할 수 있는 모든 위상 관계를 정의하고 분류하였다.

본 논문에서 정의한 위상 연산외 기하 연산(geometric operator), 가시 연산(visual operator) 및 객체 생성 연산(object construction operator)을 이용한 객체지향 공간 질의어인 OQL/Geo의 구현이 현재 진행중이며 향후 객체지향 지리 정보 시스템 구축에 대한 연구와 구현이 이루어져야 할 것이다.

4 참고문헌

- [1] R. F. Abler, "The national science foundation national center for geographic information and analysis", *Int. J. GIS*, 1987, pp.303-326.
- [2] E. Clementini, P. D. Felice and P. Oosterom, "A Small Set of Formal Topological Relationships Suitable for End-User Interaction", in *Proc. 3rd Int. Sym. SDD '93*, 1993, pp.277-295.
- [3] M. Egenhofer and A. Frank, "Towards a spatial query language: User interface considerations", in *Proc. 14th Int. Conf. VLDB*, Long Beach, CA, 1988, pp.124-133.
- [4] M. Egenhofer and R. Franzosa, "Point-set topological spatial relations", *Int. J. Geographical Inform. systems*, vol. 5, no. 2, pp. 161-174, 1991.
- [5] M. Egenhofer, "Why not SQL!", *Int. J. GIS*, 1992, Vol.6, No.2, pp.71-85.
- [6] M. Egenhofer, "Spatial SQL: A Query and Presentation Language", *IEEE Transaction On Knowledge and Data Engineering*, Vol.6, No.1, 1994, pp.86-95.
- [7] R. Guting, "Geo-relational algebra: a model and query language for geometric database systems", in *Proc. Int. Conf. Extending Database Technology*, Venice, Italy, 1988, LNCS vol. 303. New York: Springer-Verlag, pp. 506-527.
- [8] Z. Huang, "Design of GeoSAL : A database language for spatial data analysis", Ph. D Thesis, Royal Institute of Technology, Sweden, 1993.
- [9] N. Roussopoulos, C. Faloutsos and T. Sellis, "An efficient pictorial database system for PSQL", *IEEE Trans. on Software Eng.*, Vol.14, No.5, pp.630-638, May 1988.
- [10] J. Wu, T. Chen and L. Yang, "QPF A versatile query language for a knowledge-based geographical information system", *Int. J. GIS*, Vol.3, No.1, 1989, pp. 51-57.