

공간 데이터베이스 관리 시스템과 통합된 위상 정보 구축기*

민 경욱* , 이 기준
부산대학교 전자계산학과

Topology Builder on Storage System

Kyoung-Wook Min* and Ki-Joune Li

Department of Computer Science, Pusan National University

e-mail : {kwmin, lik}@quantos.cs.pusan.ac.kr

요약

위상 정보는 공간 정보의 한가지 종류로써, 지리 정보 시스템에서 사용되는 매우 중요한 정보의 하나이다. 지리 정보 시스템에서 기하적인 연산뿐만 아니라, 위상적 연산의 수행도 또한 많이 요구 되어진다. 그러한 위상 연산을 기하 연산을 이용하여 수행하고자 할 때에는 많은 위상 정보를 추출하기에 많은 시간이 요구되어 저서 심각한 성능 저하를 초래한다. 지리 정보 시스템에서 성능 향상을 위해서는 위상 정보가 공간 데이터베이스 관리 시스템에서 지원되어야 하며, 바뀐 위상 정보의 변경도 또한 효율적으로 지원되어야 하며, 효율적인 위상 연산이 지원 되어야 한다. 따라서, 지리 정보 시스템의 정보를 관리하는 공간 데이터베이스 관리 시스템에서 위상 정보에 대한 효율적인 저장과, 관리는 중요한 기능적, 성능적 요구 사항이다. 그럼에도 불구하고, 지금까지의 지리 정보 시스템이나, 공간 데이터 베이스 관리 시스템에서는 위상 정보에 대한 저장과 관리가 거의 지원되지 못했다. 본 논문에서는 지리 정보 시스템의 성능 향상을 위하여 공간 데이터베이스 관리 시스템에서의 위상 정보 구축에 대한 전반적인 것에 대하여 살펴 볼 것이다. 우선 위상 데이터 모델을 제시하며, 전체 시스템을 설계하고, 효율적인 위상 연산자를 정의 한다.

1. 서론

공간 객체를 기하학적인 표현(좌표에 의한 표현)이 아니라 객체들 간의 상대적인 관계로 표현한 지도를 위상 지도라 한다. 기하학적인 정보만을 가진 객체의 자료 구조에 위상적인 정보를 추가하거나 또는 위상적인 정보만으로 이러한 지도를 만드는 작업을 위상 정보 구축 작업이라 하며, 이러한 기능을 제공하는 것을 위상 정보 구축기라 한다.

위상 정보는 공간 정보의 한가지 종류로써, 지리 정보 시스템에서 사용되는 매우 중요한 정보의 하나이다[1,4]. 위상 정보는 공간 객체 입력 후 기하학적인 연산에 의해서 추출되어 질 수 있다. 그러나, 그러한 기하학적인 연산으로 위상 정보를 추출하기에는 성능의 저하를 초래하게 되고[2,3], 그리고, 추출된 위상 정보를 저장하지 않는다면, 매번 위상 정보를 추출하기 위해서 많은 시간을 소비하여, 심각한 시스템 성능 저하를 초래하게 된다. 지리 정보 시스템에서 성능 향상을 위해서는 위상 정보가 공간 데이터베이스 관리 시스템에서

지원되어야 하며, 바뀐 위상 정보의 변경도 또한 효율적으로 지원되어야 한다. 따라서, 지리 정보 시스템의 정보를 관리하는 공간 데이터베이스 관리 시스템에서 위상 정보에 대한 효율적인 저장과 관리는 중요한 기능적, 성능적 요구 사항이다. 그럼에도 불구하고, 지금까지의 지리 정보 시스템이나, 공간 데이터베이스 관리 시스템에서는 위상 정보에 대한 저장과 관리가 거의 지원되지 못한다. 즉, 이 기능은 공간 데이터베이스 관리 시스템이 제공하는 기능이기보다는 공간 데이터베이스 관리 시스템 상부에 위치한 지리 정보 시스템 자체가 관리 되어져 왔다. 그러나, 위상 정보 저장과 관리 기능이 공간 데이터베이스 관리 시스템에서 지원되지 못할 경우, 공간 위상 연산과 위상 정보 추출, 위상 정보 변경에 효율적인 공간 색인 기능의 지원이 불가능하기 때문에 성능의 저하는 매우 심각하다. 이 때문에 지금까지 개발되어 상용화된 지리 정보 시스템에서 위상적인 정보의 처리 성능은 다른 기능의 성능에 비하여 매우 낮아 문제점으로 지적되어 왔다.

본 논문에서는 이러한 위상 정보 저장과 관리를 위하여 공간 데이터 베이스 관리 시스템과 통합된 위상 정보 구축기를 설계한다. 2장에서는 위상 강도와, 위상 정보 구축을 위한 데이터 모델을 제시하고, 3장에서는 공간 데이터베이스 관리 시스템에서의 위상 정보 구축과, 시스템의 전체 구조에 대해서 설명하고, 4장에서는 여러 가지 위상 연산자를 정의하고, 끝으로 5장에서는 결론 및 향후 연구 방향을 제시 한다.

* 본 연구는 과학기술처의 국가 지리 정보 시스템 구축 과제 DB Tool 과제, 공간 객체 저장 시스템 개발 세부 과제의 위탁 과제로 수행하였음.

2. 위상 데이터 모델링

위상 정보를 구축하기에 앞서, 위상 강도를 정의 하고 각 위상 강도를 표현 할 수 있는 데이터 모델링을 제시한다.

2-1. 위상 강도

위상 정보를 구축하는 위상 강도는 0,1,2,3 으로 나눈다. 본 논문에서 사용하는 위상 강도는 표 1 과 같은 DIGEST (Digital Geographic Information Exchange Standards)의 VPF(Vector Product Format)[6]에서 정의하는 위상 강도를 이용한다. 표 1 에서처럼 위상 강도는 포함되어지는 위상 정보의 양에 따라 0,1,2,3 로 나누어 진다. 위상 정보가 전혀 없는 위상 강도 0, 공간 객체 중 선과 그 선의 끝점에 다른 선들과의 위상 관계를 포함하고 있는 점을 생성하는 위상 강도 1, 선이 교차 되는 점 부분에서 각 선의 위상 관계를 포함하는 점들이 생성되는 위상 강도 2, 하나의 영역이 생성되는 부분과, 그 영역을 둘러 싸고 있는 선들 과의 위상 관계를 포함하고 있는 위상 강도 3 으로 정의 된다. 위상 강도가 높은 위상 정보는 그 보다 낮은 위상 정보를 반드시 포함하게 된다.

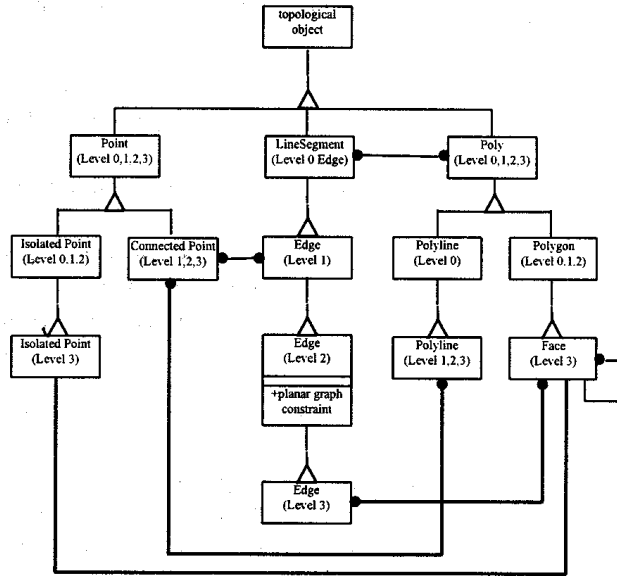


그림 1. 위상 데이터를 위한 모델링

| 강도 | 이름 | 구성 객체 | 설명 | 예 |
|----|------------------|---|--|---|
| 3 | Full topology | Connected nodes, entity nodes, edges, and faces | 선으로 둘러 쌓여 영역을 이루는 곳에는 반드시 face 가 생성된다. | |
| 2 | Planar graph | Entity nodes, connected nodes and edges | 선들이 교차하는 부분에는 반드시 점이 생성된다. | |
| 1 | Non-planar graph | Entity nodes, connected nodes, and edges | 선이 끝나는 부분에는 반드시 점이 생성된다. | |
| 0 | spaghetti | Entity nodes and edges | 점과 선으로 구성되며 선에는 좌표값만 있다. | |

표 1. VPF에서의 위상 강도

2-2. 데이터 모델링

위의 VPF에서 사용되는 객체들은 Entity node, Connected node, Edge, Face 이다. 본 논문에서 제시하는 위상 정보를 위한 객체들은 그림 1 의 모델링에서 제시하는 바와 같다. 각 위상 강도마다 생성되는 객체들은 다음과 같다.

- 위상 강도 1 : Isolated Point, Edge, Polyline, Polygon
- 위상 강도 2 : Isolated Point, Connected Point, Edge, Polyline, Polygon
- 위상 강도 3 : Isolated Point, Connected Point, Edge, Polyline, Polygon
- 위상 강도 4 : Isolated Point, Connected Point, Edge, Polyline, Face

각 객체들은 입력된 위상 강도에 맞는 객체들이 생성되며, 그 강도에 맞는 위상 정보를 포함하게 된다. 그림 1 의 모델링에서 제공되는 위상 객체들간의 기본적인 위상 정보는 그림 2,3,4,5 과 같다. 그림 2 에서는 Connected Point 와 Edge 사이의 위상 관계를 나타내고 있다. Connected Point 객체에는 연결된 Edge 정보를 가지고 있으며, Edge 객체에는 첫 점과, 끝점에 Connected Point 정보를 가지고 있다. 그림 3 에서는 Isolated Point 와 Face 사이의 위상 관계를 나타내고 있다. Isolated Point 에는 자신을 포함하는 Face 의 정보를 가지고 있다. 그림 4 에서는 Face 와 Edge 사이의 위상 관계를 나타내고 있다. Edge 는 자신의 왼쪽/오른쪽에 위치한 Face 의 정보를 가지고 있고, Face 는 자신을 구성하는 Edge 에 대한 정보를 가지고 있다. 그림 5 에서는 Face 와 Face 사이의 위상 관계를 나타내고 있다. Face 는 자신 내부에 포함하고 있는 Face 에 대한 정보를 유지하고 있다. 그림 2 에서 나타내는 위상 정보는 위상 강도 2 에 해당하고, 그림 3,4,5 에서 나타내는 위상 정보는 위상 강도 3 에 해당한다. 그림 2,3,4,5 는 데이터 모델을 중심으로 한 원시적인 위상 관계이다. 이 원시적 위상 관계를 이용하여 더 진보된 위상 관계 연산자를 만들 수 있다.

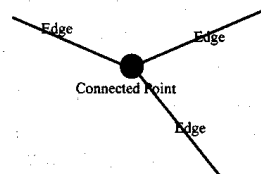


그림 2. Connected point 와 Edge 와의 위상 관계

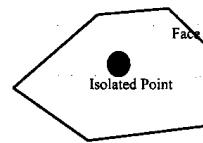


그림 3. Isolated point 와 Face 와의 위상 관계

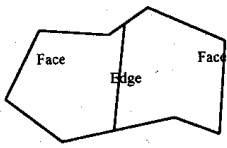


그림 4. Edge 와 Face 와의 위상 관계

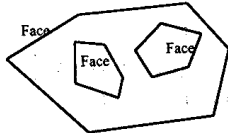


그림 5. Face 와 Face 와의 위상 관계

3. 위상 정보 구축기

위상 정보는 공간 데이터베이스 관리 시스템에서 여러 응용 분야의 필수적인 정보이며, 위상 정보를 표현함으로써 보다 많은 공간 정보를 표현할 수 있다. 위상 정보를 구축하는 이유는 공간 연산 중 위상 연산을 위해서 필요한 위상 정보를 미리 구축하여 공간 연산 시간을 단축하자는 것이다. 본 논문에서 제시하는 위상 정보 구축 방법은 기존의 방법과 같이 공간 데이터베이스 저장 시스템에 독립적으로 구현하는 것이 아니라, 공간 연산의 향상을 위하여 공간 데이터베이스 저장 시스템의 일부 기능으로 제공하자는 것이다. 기존의 방법은 공간 데이터베이스 저장 시스템과 독립적인 기능으로 제공하기 때문에, 위상 연산을 제공하기 때문에 그 성능은 저하된다. 그리고, 위상 정보의 변경 시, 기존의 방법은 전체 위상 정보를 변경하거나, 또는 위상 정보 구축을 처음부터 다시 하여야 한다. 본 논문에서 제시하는 방법은 공간 데이터베이스 저장 시스템의 일부분으로 공간 색인을 이용하여 구축하는 방법이다. 공간 색인을 이용하여 위상 정보를 좀더 빠르게 구축할 수 있고, 좀더 빠른 위상 연산을 제공한다. 그리고, 위상 정보 변경 시에는 전체 위상 정보를 바꾸거나, 새로 구축할 필요 없이 최소한의 위상 정보를 변경하는 방법으로 위상 정보를 변경할 수 있다. 본 논문에서 제시하는 위상 정보를 구축하는 과정에서 사용되는 공간 연산들은 공간 색인을 이용하여 좀더 빠르게 구축될 수 있다. 위상 강도 2,3에 해당하는 위상 정보들을 구축하기 위해서 필요한 공간 연산은 Spatial Join, Intersect, Contain, Contained 등이다. 이러한 연산들이 공간 색인의 지원 없이 수행 된다면, 위상 정보 구축에 소요되는 시간으로 인해 그 성능이 저하 된다.

3-1. 위상 정보 구축 과정

위상 정보 구축기는 그 구축 과정에 따라 크게 두 부분으로 나뉜다. 위상 정보가 전혀 없는 지도 데이터로부터 위상 정보를 일괄 구축하는 일괄 구축 작업과, 위상 정보가 구축된 후 사용자의 요구에 의한 위상 정보의 변경 작업이 있다.

3-1-1. 위상 정보 일괄 구축(Batch Building)

위상 정보 일괄 구축 작업은 위상 정보가 없는 지도로부터 일괄 삽입에 의하여 위상 정보를 구축하는 작업이다. 지도가 위상 정보 구축기에 입력될 때에는 위상 강도도 같이 결정되어야 한다. 위상 강도는 응용에 따라 사용자가 선택한다. 위상

강도 1,2는 네트워크 구조를 갖는 시설물 데이터에 적합하며, 위상 강도 3은 지적도와 같은 영역이 의미를 갖는 데이터에 적합하다[6]. 그 흐름은 그림 6과 같다.

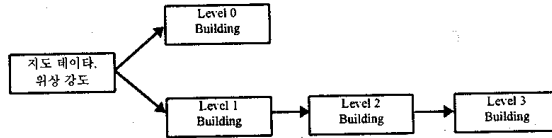


그림 6. 위상 정보 일괄 구축 흐름도

위상 정보 구축 시 위상 강도 0 과 1은 입력 되는 지도 데이터로부터 직접 구축된다. 위상 강도 1,2,3은 의존적으로 구축된다. 즉, 입력 지도 데이터로부터 위상 강도 1이 구축되며, 위상 강도 2/3은 위상 강도 1/2 구축을 거쳐야 한다. 위상 강도 1 구축 시에는 입력되는 지도 데이터의 순수 정보 손실을 없애기 위해서 입력 데이터로부터 바로 위상 정보가 구축된다. 위상 강도 3 구축 시에는 평면 지도(planar map)로부터 face 객체를 찾아 나가기 때문에 위상 강도 2 구축을 거쳐야 한다.

3-1-2. 부분 위상 정보 변경(Incremental Update)

부분 위상 정보 변경 작업은 위상 정보 일괄 구축 작업 후 사용자로부터 위상 정보 변경의 요구에 의해 부분적으로 위상 정보를 변경하는 작업이다. 사용자는 기본적으로 공간 객체 삽입/삭제 명령을 내림으로써 구축된 위상 정보를 변경시킨다. 부분 위상 정보 변경 시에 변경 되어야 하는 공간 영역은 전체 공간 영역이 아닌, 가장 최소한의 영역을 찾아서 위상 정보를 변경한다. 이 과정에서도 공간 색인에 의해 공간 연산을 이용하여 좀더 빨리 부분 위상 정보를 변경하게 된다.

3-2. 시스템 구조

위상 정보 구축기가 포함된 전체 저장 시스템의 구조는 그림 7과 같다.

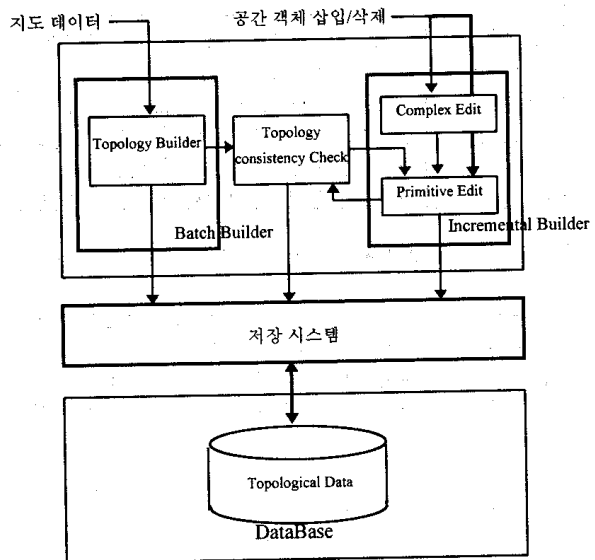


그림 7. 시스템 구조

입력될 지도 데이터는 위상 정보 일괄 구축기를 거쳐서 생성된 위상 정보를 데이터베이스에 저장한다. 저장된 위상 정보는 일관성 검사에 의하여 올바른지를 검사 하게 된다. 사용자로부터 입력된 공간 객체 삽입/삭제 명령은 부분 위상 정보 변경 처리기를 거쳐서 데이터베이스에 저장/변경된다. 이때 도 마찬가지로 변경된 위상 정보가 올바른지를 검사하게 된다.

4. 구축된 위상 정보를 이용한 위상 연산

공간 분석을 위한 위상 연산에 대한 많은 연구가 이루어져 왔다. 본 논문에서 데이터 모델을 중심으로 원시적인 연산을 제시하며, freeman 이 제시한 위상 연산 중 left_of, right_of, freuchtwanger 이 제시한 위상 연산 중 adjacent[5], 상용 지리 정보 시스템 고덕에서 제시하는 위상 연산 중 contain, contained 들을 포함하고 있다[7]. 그림 2 모델링에서 위상 관계에 있는 객체들을 뽑아 보면 그림 8 과 같다.

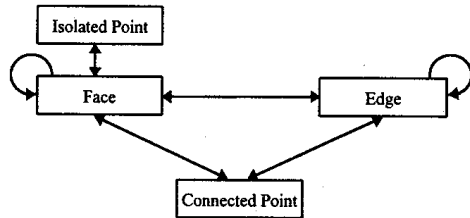


그림 8. 위상 관계에 있는 객체들

화살표는 두 객체 사이에 위상 관계가 존재한다는 의미를 나타낸다. 각 객체들 사이에서 존재하는 기본 위상 연산은 다음 표 2 와 같다.

| 위상 연산 | | 위상 관계에 있는 객체 |
|-------------|-----------|-------------------------------------|
| 참, 거짓 반환 | 객체 반환 | |
| IsAdjacent | Adjacent | Face - Face |
| IsDisjoint | | Face - Face |
| IsBoundary | Boundary | Face - Edge, Face - Connected Point |
| IsLeft | Left | Edge - Face |
| IsRight | Right | Edge - Face |
| IsContain | Contain | Face - Face, Face - Isolated Point |
| IsContaine | Containe | Face - Face, Face - Isolated Point |
| IsConnected | Contained | Edge - Edge, Edge - Connected Point |

표 2. 객체들간의 위상 연산

각각의 위상 연산들은 참과 거짓을 반환하는 연산과 위상 관계에 해당하는 객체를 반환하는 연산으로 이루어진다. 본 논문에서 제시한 위의 연산자는 원시 연산자이며, 더 복잡한 공간 위상 연산자들은 위의 원시 연산자를 이용하여 확장할 수가 있다.

5. 결론

본 논문에서는 지리 정보 시스템에서 위상 정보의 중요성을 살펴 보았고, 시스템의 성능 향상을 위하여 위상 정보가 구축되어 있어야 하며, 공간 데이터베이스 저장 시스템의 한 부분

으로서 위상 정보 구축기가 구축되어야 함을 강조했다. 위상 데이터 모델링과 위상 정보 구축기를 포함한 공간 데이터 베이스 저장 시스템의 전체 구조와, 위상 정보가 구축되는 과정과, 본 논문에서 제시하는 원시적 위상 연산자들을 보았다. 이처럼 위상 정보는 지리 정보 시스템에서 아주 중요한 역할을 하며, 위상 정보가 공간 데이터 베이스 저장 시스템 강도에서 구축되었을 때 공간 연산을 수행하는데 성능 향상을 보인다. 앞으로 본 논문에서 정의한 기본적인 위상 연산을 이용하여 좀더 시스템의 성능 향상을 보일 수 있는 위상 연산을 개발해야 하며, map overlay에서의 위상 정보 구축에 대한 연구가 추후 연구 과제가 될 것이다.

6. 참고문헌

- [1] R. H. Gutting, "An Introduction to Spatial Database Systems," The VLDB Journal, Vol, No.3, 1994
- [2] H. P. Kriegel and T. Brinkhoff and R. Schneider, "The Combination of Spatial Access Methods and Computational Geometry in Geographic Database System", Proc. Of 2nd Symposium SSD'91, Springer - Verlag, Pp5-21, 1991
- [3] R. Laurini and D. Thompson, "Fundamentals of Spatial Information System", Acamic Press, 1992.
- [4] M. J. Egenhofer and A. U. Frank and J. P. Jackson, "A Topological Data Model for Spatial Databases." Design and Implementation of Large Spatial Database. Lecture Notes in Computer Science, Vol. 409, pp271 - 286, Springer-Verlag, New York, NY, June 1989.
- [5] M. F. Worboy, "A Generic Model for Planar Geographical Objects," Int. J. of Geographic Information Systems, Vol. 8, No.2, pp129 - 142, 1993
- [6] DGIWG DIGEST - digital geographic information - exchange standards - edition 1.1 technical report, defence Mapping Agency, USA, Digital Information Working Group, October, 1991
- [7] 쌍용 정보 통신, Writing and Developing Application Using GOTHIC ADE, 쌍용정보통신주식회사 1996.