

지도 일반화를 위한 위상적 일관성 유지

최신영*, 이성희*, 이기준*

부산대학교 GIS 학과*, 전자 계산학과*

Topological Consistency in Map Generalization

Shin-Young Choi*, Sung-Hee Lee*, Ki-Joune Li*

*Dept. of GIS, Pusan National University

*Dept. of Computer Science, Pusan National University

e-mail : {sychoi*, shlee*, lik*}@quantos.cs.pusan.ac.kr

요약

지도 제작에 있어서, 기존의 구축된 대축척의 원천 데이터로부터 소축척의 목적 데이터를 추출해 넣으로 데이터 구축을 중복되지 않고 효율적으로 할 수 있게 하는 것을 지도 일반화라고 한다. 초기의 선을 단순화하는 알고리즘 개발과 향상에 대한 연구로부터, 최근에는 자동화를 위한 지식 기반 일반화 및 데이터 품질에 대한 많은 관심과 연구가 진행되고 있다. 최근에 지리 정보 시스템의 발전으로 다양한 공간 분석이 필요하고, 그 성능 향상을 위하여 위상 정보를 구축하게 된다. 그러므로, 본 논문에서는 위상 정보를 가진 원천 데이터 베이스에서, 일반화 연산자가 적용됨으로 발생하게 되는 위상 데이터의 손실과 불일치를 해결하기 위하여 일반화 연산자들이 위상 정보에 미치는 영향과 이를 해결하기 위한 규칙들을 제시한다. 그리고, 지도 일반화 과정에서 위상 정보의 일관성을 유지한 목적 데이터 베이스를 구축하는 시스템을 구현하는 것이 본 논문의 목적이다.

1. 서론

지리 정보를 제공하기 위한 여러 가지 응용시스템을 개발하는데 있어서, 데이터 구축은 - 실세계로부터 공간 데이터와 속성 데이터로 구성된 공간 데이터베이스의 구축까지 - 많은 비용과 시간을 요구하는 작업이다. 따라서, 이러한 데이터 구축을 좀더 효율적으로 중복되지 않게 구축하기 위한 여러 가지 방법에 대한 연구가 있어왔다.

그 중에서 기존의 구축된 데이터 - 원천 데이터(Source Data)라고 하며, 대축척의 데이터 - 로부터 여러 축척에 따라, 혹은 개발자의 관점에 따라 데이터를 일반화하여 원하는 데이터 - 목적 데이터(Target Data)라고 하며, 소축척의 데이터 - 를 추출해 내는 과정을 지도 일반화(Map Generalization)라고 일컫는다.

지도 일반화에 대한 연구는, 1960년대와 70년대에는 선을 단순화 시키는 알고리즘, 1980년대 초반에는 이 알고리즘에 대한 평가와 향상, 그리고 후반에는 일반화 과정을 자동화 시키기 위한 모델과 규칙 기반 일반화(Rule-Based Generalization)에 대한 관심이 고조되었었다[2]. 이어서, 1990년대에는 전 세계적으로 몇 개의 국제 단체들이 - ICA (International Cartographic Association), OEEPE (Organization Européenne des Etudes en Photogrammétrie Experimentale) 등 - 만들어졌는데, 이 연구 분야의 이론과 실재를 잘 파악하여, 그것을 정형화시키자는데 그 목적이 있었다.

지도 일반화는 개념적으로 크게 두 가지로 나누어 볼 수 있다. 모델 지향적인 일반화(Model-Oriented Generalization)와 표현 지향적인 일반화(Cartographic Generalization)가 그것이다. 표현 지향적인 일반화는 전통적으로 지도 제작자가 그래픽 표현의 관점에서 수행하던 일련의 변환 작업을 말한다. 이에 반하여, 모델 지향적인 일반화는 그래픽 표현에만 국한시키지 않고, 공간 데이터와 속성 데이터 그리고 공간 객체들 간의 관계, 즉 위상 정보를 포함하는 원천 데이터를 일반화하는 것인데, 무엇보다 중요한 것이 추상화의 정도가 증가함에 따라 내부적인 데이터의 일관성이 유지되어야 한다는 것이다[2][7].

즉, 일반화 과정에서 수행되어야 하는 중요한 과제가 바로, 데이터의 품질 관리이다. 데이터 품질 측정 기준은 좌표 위치의 정확도, 속성 정보의 정확성, 같은 지역을 나타내는 서로 다른 지도간의 일관성, 그리고 전체적인 완성도이다.

본 논문에서는 위상 정보를 가진 원천 데이터 베이스에서 지도 일반화를 할 때, 일반화 연산자에 의하여 발생할 수 있는, 위상 정보의 손실과 불일치를 해결하기 위한 규칙들을 제시하고, 지도 일반화 과정에서 위상 정보의 일관성을 유지한 목적 데이터 베이스를 구축하는 시스템을 구현하는 것이 본 논문의 목적이다

2. 관련 연구

일반화 연산이 위상 적인 관계와 데이터 베이스의 스키마(Schema)상에 미치는 영향을 알아보기 위하여 일반화 연산자들의 종류를 살펴보고자 한다. 그리고, 지도 일반화 과정과 이에 따른 데이터 품질에 대하여 연구한 바를 설명하고자 한다.

2-1. 일반화 연산자

지도 일반화를 위한 연산자는 상용 지리 정보 시스템의 종류에 따라 그리고 이와 관련된 논문에 따라 다소의 차이는 있지만, 본 논문에서는 ESRI White Paper[12]에서 정의하고 있는 10 가지 일반화 연산자 - Preselection & Elimination, Simplification, Aggregation, Collapse, Typification, Exaggeration, Classification and Symbolization, Conflict Resolution (Displacement), Refinement - 를 사용한다. 앞에서 언급했듯이, 이 일반화 연산자는 [표 1]과 같이 모델 지향적 일반화와 표현 지향적 일반화 연산자로 나누어 볼 수 있다. 본 논문에서는 위상 정보를 가진 데이터 모델과 데이터 베이스 구축과 관련된 모델 지향적 일반화 연산자를 사용한다. 그러면, 이 연산자들이 공간 객체에 미치는 영향에 대하여 설명한다.

모델 지향적 연산자	표현 지향적 연산자
Preselection & Elimination, Simplification, Aggregation, Collapse	Typification, Exaggeration, Refinement, Displacement, Classification and Symbolization.

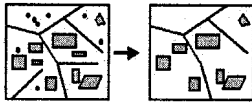
[표 1] 일반화 연산자의 종류

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

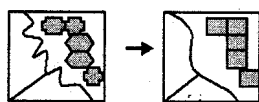
2-1-1. Preselection 과 Elimination 연산자

Preselection 은 기존의 데이터로부터 축척이나 개발자의 관점에 따라 목적 데이터에 포함시키고자 하는 레이어나 Feature 클래스들을 선택하는 연산자이고, Elimination 은 선택된 Feature 클래스들 중에서 너무 작거나 중요하지 않은 공간 객체들을 제거하는 연산자이다. 예를 들면, 아래 [그림 1]에서 나타난 바와 같이 도로와 건물 그리고 시설물 레이어 중에서 개발자는 도로와 건물 레이어만 선택했으며, 도로와 건물 중에서 너무 작거나, 중요하지 않은 것들은 제거 시켰다.

이 연산자는 공간 객체의 원래 형태는 변함이 없고, 기존의 데이터에서 선택되지 못함으로, 혹은 제거됨으로써 객체가 삭제되는 행태로 나타난다.



[그림 1] Preselection & Elimination



[그림 2] Simplification

2-1-2. Simplification 연산자

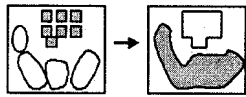
불필요하게 자세히 표현되어 있는 구부러짐이나 파동과 같은 지그재그 모양을, 원형을 크게 손상하지 않는 범위 내에서 제거하는 연산자이다. 아래 [그림 2]에서 나타난 바와 같이 건물 모양을 단순화 시킨다든지, 지형선의 심한 굴곡을 단순화 시키고 있다. 이 연산자에서는 특히 선의 단순화에 의하여 위상적인 관계가 깨어지지 않도록 해야 한다.

2-1-3. Aggregation 연산자

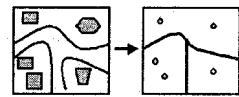
서로 인접되어 있거나, 가까운 거리 내에 있는 Feature 들을 모아서 새로운 다각형을 만드는 연산자이다. [그림 3]에 나타난 바와 같이 조그만 아파트 건물들이 아파트 단지를 형성하고, 조그만 공원과 호수가 모여서 유원지를 형성하고 있다.

2-1-4. Collapse 연산자

Feature 의 차원이나 그 공간적 범위를 줄이는 연산자로서, 다각형은 선이나 점으로, 그리고 선은 점으로 변형시켜 주는 연산자이다. [그림 4]에 나타난 바와 같이, 이중 선으로 되어 있던 도로가 도로 중심선으로, 그리고 주변의 건물들이 점으로 변형되었다.



[그림 3] Aggregation



[그림 4] Collapse

2-2. 지도 일반화의 자동화와 데이터 품질

지도 일반화 과정은 일괄(Batch) 처리와 상호 작용(Interactive) 처리로 크게 구분할 수 있다. 일괄 처리는 가장 간단한 방법으로, 각 연산자별로 하나의 알고리즘을 모든 종류의 공간 객체에 동일하게 적용하는 것이다. 예를 들어, 선을 단순화시키는 알고리즘의 경우, 이렇게 일괄적으로 처리를 하게 되면, 선분이나 다각선 뿐만 아니라, 단순한 다각형이나 중첩되는 다각형에도 동일하게 적용함으로써, 그리고 선의 의미적 특성 -지형선, 도로, 행정 경계선등-에 관계없이 적용함으로써 원하는 결과를 제대로 얻어낼 수 없다는 것이다.

이러한 일괄 처리 방법의 단점을 개선하기 위하여 상호 작용 처리 방법에 대한 많은 연구가 진행되고 있는데, 이 방법은 일반화 연산자 알고리즘을 적용할 공간 객체 종류를 선택하거나, 특정한 처리 과정이나 조건을 부여하거나, 사람이 직접 제어하거나 처리하는 것을 병행하는 것이다. 최근에는 이 방법을 규칙 기반 혹은 지식 기반 지도 일반화라는 용어으로써 표현하고 있는데, 여기에서의 규칙이나 지식이라는 것은 국가 지도 제작 부서에서 정해 놓은 규칙, 제작되어 있는 지도들, 지도 제작 전문가들로부터 얻은 정보들을 기반으로 하여 설정하게 된다.

또한, 일반화 과정은 대축척의 자세하게 표현되어 있는 기존의 데이터들을 삭제, 변형 또는 합치는 여러 가지 연산작용을 하게 되므로, 그 데이터의 품질을 측정하고 유지시키는 것이 중요한 문제로 대두되었고,

데이터 품질을 어떤 기준과 방법으로 평가할 것인가에 대한 여러 가지 의견들이 제시되고 있다[13]. 일반적으로 공간 데이터의 품질은 좌표 위치의 정확도, 속성 정보의 정확성, 같은 지역을 나타내는 서로 다른 지도간의 일관성, 그리고 전체적인 완성도로 평가하고 있다.

최근에 지리 정보 시스템의 발전으로 다양한 공간 정보에 대한 수요가 많아지고, 이를 처리하기 위하여 공간 분석을 수행하게 되는데, 이를 효과적으로 수행하기 위하여 위상 정보를 구축하게 된다.

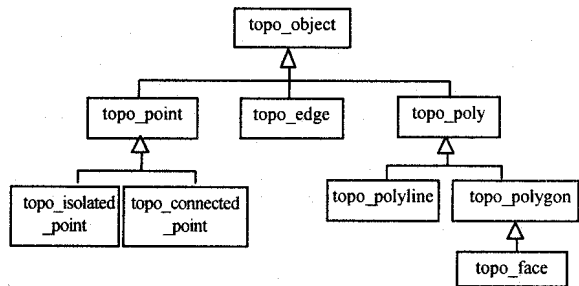
위상 정보를 가진 데이터를 일반화할 때, 그 위상적 일관성이 유지되지 않을 경우, 정확한 공간 정보를 보장하지 못한다. 예를 들어, 선의 단순화과정에서 위상적 관계인 연결성을 유지시켜 주지 못할 경우, 최단 거리 찾기와 같은 질의에 대한 정확한 정보를 보장할 수 없기 때문이다. 그러므로, 일반화 과정에서 위상적 일관성을 유지시켜 주는 것이 필요하고, 데이터 품질의 한 중요한 척도가 된다.

3. 일반화 연산자와 위상 정보와의 관계

본 논문에서, 지도 일반화로 인한 같은 지역을 나타내는 서로 다른 지도상의 객체들간의 위상적인 일관성을 유지시켜 주기 위하여, 각 일반화 연산자가 위상 정보에 미치는 영향과 이를 해결하기 위한 규칙들을 제시하고자 한다. 이를 위하여 위상 정보를 가진 데이터 모델과 실제적인 데이터가 필요하므로, 우리나라 국가 지리 정보 시스템(NGIS) 연구과제의 하나인 GeoStore/Shore 저장 시스템을 위한 위상 정보 구축기의 데이터 모델을 사용하고자 한다.

3-1. Geostore/Shore 의 위상 데이터 모델

데이터 모델의 클래스 구조를 OMT 기법[8]으로 표현한 것과 각 공간 객체가 가지고 있는 위상 정보에 대한 항목은 아래와 같다.



[그림 5] 데이터 모델

종류	포함하고 있는 위상 정보 항목
Isolated Point (IP)	Contained FC OID
Connected Point(CP)	Set of EGOID
Edge(EG)	Start and End CP OID, Right and Left FC OID, Set of topo_poly OID
Polyline(PL)	Start and End CP OID, Set of topo_poly OID
Polygon(PG)	Set of topo_poly OID
Face(FC)	Containing IP OID, Set of inner FC OID, Set of topo_poly OID

[표 2] 위상 정보 항목

3-2. 일반화 연산자 와 위상 정보와의 관계

위상 정보가 구축되어 있는 지도 데이터에 대한 일반화는 그렇지 않은 경우 즉, 기하학적인 데이터만 가지고 있는 경우에 비하여 훨씬 복잡하다. 왜냐하면, 각 공간 객체들이 서로 연관되어 있으므로 각각의 연관성을 다 고려해 주어야 한다. 예를 들어, 기하적인 데이터만을 가지고 있을 경우에는, 다각형을 삭제할 때, 단순히 삭제해 주는데 그치지만

일반화 연산자	연산자 처리 과정	위상 정보 처리 과정
Preselection & Elimination	1. IP의 삭제 2. EG의 삭제 3. PL의 삭제 4. PG와 FC의 삭제	- 삭제되는 IP를 포함하고 있는 FC의 containing IP OID를 삭제한다. - 삭제되는 EG와 이 EG의 시작과 끝 CP가 삭제되는데, 삭제하고자 하는 공간 객체가 아닌 다른 공간 객체와 연결되어 있을 경우에는 삭제하지 않는다 - PL은 삭제하고, 이 PL을 구성하고 있는 EG나 CP도 함께 삭제 하는데, 앞에서 설명한 바와 같이 다른 객체와 연결되어 있을 경우에는 삭제하지 않는다. - PG와 FC는 삭제하고, 그 구성하고 있는 EG와 CP는 앞의 경우와 같이 처리한다.
Simplification	PL, PG, FC의 구성 요소의 삭제	- 단순화되는 과정에서, CP와 EG가 삭제되는데, 다른 공간 객체와 연결되어 있는 경우에는 삭제하지 않는다. 그리고 EG의 변화된 시작과 끝 CP를 조정해 준다. 또한 IP의 포함관계가 그대로 유지되고 있는지를 확인한다.
Aggregation	합쳐지는 IP, PG, FC가 삭제되고, 새로운 PG, FC가 생성된다.	- 삭제의 경우는, 앞에서 설명한 바와 같고, 새로 생성되는 PG와 FC의 경우에는 [표 2]에서 설명하고 있는 위상 정보 항목을 생성하고, 그 구성 요소인 EG와 CP에 대해서도 같은 방법으로 처리한다.
Collapse	1. EG, PL, PG, FC가 IP로 2. PG, FC가 EG로	- 생성되는 IP의 위상 정보 항목을 생성해 준다. - 생성되는 EG와 이 EG의 시작과 끝 CP에 대한 위상 정보 항목을 생성해 준다.

[표 3] 일반화 연산과 위상 정보 처리 과정

위상정보를 가지고 있는 경우에는 이 다각형을 구성하는 Edge와 Connected Point를 모두 고려하여 삭제해 주어야 하고, 위상 정보의 핵심인 연결성이 일관되게 유지되도록 해야 하기 때문이다.

따라서, 각 공간 객체의 종류에 따라 일반화 연산자가 적용 되었을 때 일어나는 변화와 위상 정보의 일관성을 유지시켜 주기 위하여 처리하는 과정은 표[3]과 같다.

4. 시스템의 환경과 전체적인 구조

본 연구에서 구현하고자 하는, 지도 일반화에 따른 위상 정보의 일관성을 유지한 데이터 베이스 구축기는 Windows 95, Visual C++ 5.0, ObjectStore의 PSE(Persistent Storage Engine) Pro 2.2를 사용하여 개발하고 있다. 전체적인 구조는 일반화 연산자를 위한 규칙 편집기 및 처리기, 위상 정보 처리기 그리고 데이터 디스플레이로 구성되어 있다. 규칙 편집기는 앞에서 언급한 지도 일반화를 자동화하기 위하여 데이터의 특성과 응용 시스템 개발자의 관점에 따라 규칙을 달리 부여할 수 있게 하는 편집기를 말한다. 이 편집기에서 정한 규칙에 따라 일반화 연산자를 처리하면서, 위상 정보에 대한 처리도 병행하게 된다. 그리고, 처리후 디스플레이로 그 결과를 시각적으로 확인할 수 있게 구성되어 있다. 그래서, 최종적으로는 사용자가 원하는 목적 데이터베이스를 구축할 수 있게 한다. 예를 들어 설명하면, 먼저 일반화하고자 하는 DXF 데이터를 GeoStore/Shore(UNIX)의 위상 정보 구축기로 불러 파일을 만든다. PC의 Windows 환경에서 사용하기 위하여 위상 데이터를 추출하는 API를 사용하여 불러 화일을 텍스트 파일로 만든다. 파일에 저장되어 있는 데이터를 객체 지향 데이터 베이스 관리시스템인 ObjectStore의 PSE(Persistent Storage Engine) Pro에 저장한다. 저장된 데이터는 데이터 디스플레이를 통하여 시각적으로 볼 수 있다. 저장된 데이터에 일반화 연산자 규칙 편집기[그림 6,7]를 통하여 일반화 연산을 수행하게 되며 위상 정보 처리도 병행하여 수행한다.

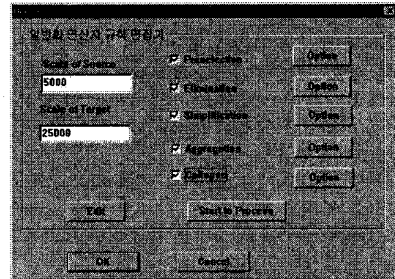
5. 결론 및 향후 연구 방향

위상 정보를 가진 원천 데이터의 데이터 베이스로부터 지도 일반화 연산자를 적용함으로써 발생할 수 있는 위상 정보의 손실이나 불일치를 해결하여 그 일관성을 유지시키기 위한 규칙을 제시하였다. 그리고 지도 일반화의, 위상 정보의 일관성을 고려한 데이터 베이스 구축 시스템의 전체적인 구조를 제시하였다. 현재 이 시스템을 구현 중에 있다.

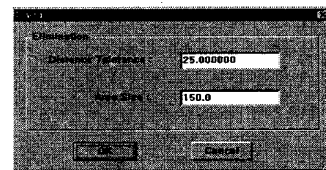
앞으로 속성 정보를 포함하는 위상 데이터를 위한 연구와 다용도의 데이터에 대한 연구를 계속해 나갈 것이다.

6. 참고 문헌

[1] Michael F. Worboys, Hilary M. Hearnshaw and David J. Maguire, "Object-oriented data modelling for spatial databases," INT. J. GIS, Vol. 4, No. 4, 1990, pp369-383.
 [2] J.C. Muller, R. Weibel, J.P. Lagrange and F. Salge, "Generalization: state of the art and issues," GIS AND GENERALIZATION: Methodology and Practice, Taylor & Francis pp3-17,1995.



[그림 6] 일반화 연산자 규칙 편집기



[그림 7] Elimination 연산자에 대한 규칙 편집기

[3] T. Kilpelainen and T. Sarjakoski, "Incremental generalization for multiple representations of geographical objects," GIS AND GENERALIZATION: Methodology and Practice, Taylor & Francis pp209-218.
 [4] A. Ruas and J.P. Lagrange, "Data and knowledge modeling for generalization," GIS AND GENERALIZATION: Methodology and Practice, Taylor & Francis pp73-90, 1994.
 [5] W. Peng and K. Tempfli, "An Object-Oriented Design For Automated Database Generalization," Advances in GIS Research II SDH '96 Taylor & Francis pp199-213.
 [6] Anne Ruas and Corinne Plazanet, "Strategies for automated generalization," 7th INT. Symposium on SDH, Vol. 1, 1996.
 [7] Giuliana Dettori and Enrico Puppo, "How generalization interacts with the topological and metric structure of maps," Advances in GIS Research II SDH '96 Taylor & Francis pp559-570.
 [8] James Rumbaugh, Michael Blaha and et al., "Object-Oriented Modeling and Design," Prentice-Hall International, 1991.
 [9] R. Laurini and D. Thompson, "Fundamentals of Spatial Information System," Academic Press, 1992.
 [10] Michael F. Worboys, "GIS: A Computing Perspective," Taylor & Francis, 1995.
 [11] ISO/TC211, CEN/TC287, Geographic information - Data description - Geometry, 1997.
 [12] ESRI White Paper Series "Automation of Map Generalization," May 1996
 [13] Mackaness, W A, Weibel R, Buttenfield B P, "1997 Report of the 1997 ICA Workshop on Map Generalization. Gavle, Sweden," 19-21 June 1997. Publication of the ICA Working Group on Map Generalization, <http://www.geo.unizh.ch/ICA/>