

# 레벨별 상세화 데이터를 지원하는 공간 인덱싱에 대한 연구

권준희<sup>0</sup> 윤용익<sup>0</sup>  
숙명여자대학교 컴퓨터 과학과  
kwonjh@sicc.co.kr, yiyoon@sookmyung.ac.kr

## A study on spatial indexing for level of detail data

Joon-Hee Kwon<sup>0</sup> Yong-Ik Yoon<sup>0</sup>  
Dept. of Computer Science, Sookmyung Women's University

### 요 약

최근 웹 기반 혹은 모바일 기반의 지리정보시스템과, 높은 품질의 공간데이터에 대한 요구가 증대하고 있다. 이를 해결하기 위해서는 레벨별 상세화를 지원하는 데이터가 제공되어야 하며, 이러한 데이터를 효율적으로 처리하는 공간 인덱싱이 필요하다.

그러나, 레벨별 상세화 데이터를 지원하는 공간 인덱싱 기법에 대한 기존 연구는 일부 일반화 연산자만을 지원하고 레벨별 데이터간 일관성을 고려하지 않는다는 문제점을 가진다. 본 연구에서는 이러한 문제를 극복하고자 일관성이 보장되는 맵 일반화 연산자를 모두 지원하는 공간 인덱싱 기법을 제안한다. 이를 통해 레벨별 상세화를 지원하는 데이터가 보다 효과적으로 다루어질 수 있다는 의의를 가진다.

### 1. 서론

현대의 정보시스템은 다른 축적의 각 공간데이터들을 보여주는 것을 가능하게 해준다. 그러나, 사용자가 객체를 확대할 때 객체를 단순히 크게 보여주는 것만으로는 높은 품질의 지도를 기대할 수 없다. 즉, 각 객체가 확대될 때 각 객체는 보다 상세하게 보여져야 하고, 중요도가 떨어지는 객체가 보여져야만 한다[6]. 지도제작에 있어 이러한 문제는 오랫동안 논의되어 왔으며 지도 일반화(map generalization)문제로 알려져 왔다. 이에 대한 기존 연구는 대부분 일반화를 자동화하는데 중점이 되어 왔으며 이에 대한 다양한 자동화 기법이 알려져 왔다. 그러나, 완전히 자동화된 지도 일반화는 현재까지 불가능한 것으로 알려져 있다[7]. 또한, 지리정보시스템에 대한 웹 기반 혹은 모바일 기반의 요구가 점점 증가하면서 대용량 데이터에 대한 처리가 가장 큰 문제로 대두하고 있다. 웹 기반 혹은 모바일 기반의 시스템에 있어 특징적인 것은 원격의 데이터를 통신을 통해 가지고 와야 한다는 것이다. 이러한 과정은 특히 데이터가 큰 경우 매우 심각한 결과를 초래한다. 이러한 문제는 지리정보시스템과 같은 대용량 데이터를 가지고 있는 경우 더욱 문제가 된다. 이에 대해 상세화 레벨에 따른 데이터 전송방법은 좋은 해결책이 될 수 있다.

공간 데이터베이스의 검색은 일반적으로 공간 인덱싱을 이용해 이루어지게 되는데, 상세화 레벨에 따른 데이터를 검색하고자 할 때 기존의 공간 인덱싱을 사용하는 경우 문제가 발생하게 된다. 즉, 여러가지 스케일을 가진 데이터를 공간 인덱싱 구조에 통합해서 저장하는 것은 스케일 개념이 없는 데이터베이스 설계에 있어 병목현상을 초래한다[3]. 이에 대한 접근방법으로는 각각의 인덱싱 구조로 저장하거나, 혹은 한가지 인덱싱 구조에 저장한 후 이를 뷰 관점에서 다르게 가져와 사용하는 방법이 있다. 그러나 이는 모두 데이터베이스에 중복(redundancy) 문제와, 수정 오퍼레이션을 통해 일관성 문제를 초래한다[5].

레벨별로 상세화된 데이터를 지원하는 공간 인덱싱에 대

한 기존 연구는 활발히 이루어져오지 못했으며, 지도 일반화 연산자 중 몇가지만을 제공하고 있어 다양한 일반화 연산자를 사용하는 현실을 고려했을 때 적합하지 않다. 이를 위해 본 연구에서는 다양한 일반화 연산자를 제공하는 공간 인덱싱을 제안하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구를 살펴보고, 3장에서는 레벨별 상세화 데이터를 지원하는 공간 인덱싱에 대한 연구를 살펴봄, 4장에서는 결론 및 향후 연구과제를 제시하고자 한다.

### 2. 관련연구

#### 2.1 레벨별 상세화

지리정보시스템은 지도를 기반으로 하는 정보시스템으로 지도의 중요한 개념 중 하나인 축적을 지원해야 한다. 이를 위해, 소축적(small scale)에서 나타나는 지도가 대축적(large scale)에서 나타나는 지도와 상세화된 내용에 있어 달라져야 하며 이러한 개념을 레벨별 상세화(Level Of Detail)라 부른다. 예를 들어 1:50,000 축적의 지도에서 시경계가 나타난다고 하면, 1:600 축적의 지도에서는 각 시경계 내의 건물까지 모두 나타나야 한다. 레벨별 상세화(Level Of Detail)의 개념은 지리정보시스템의 기능 중 확대 연산시에 나타날 수 있으며, 이는 지능화된 확대(intelligent zoom)기법으로 알려져 있다[7]. 지능화된 확대 연산은 확대시 데이터의 크기만을 확대하는 것이 아니라 데이터 자체를 보다 상세화하는 것이다.

레벨별 상세화를 하위 레벨로부터 상위 레벨 관점에서 바라보면 맵 일반화(map generalization) 문제로 알려진다. 맵 일반화는 다음과 같은 연산자를 통해 이루어진다[2].

- 선택(selection) : 중요성에 기반해서 레벨별로 필요한 맵 피처를 추출한다.
- 단순화(simplification) : 선이나 면을 구성하는 점의 개수를 감소하거나 굵적이 많은 라인을 보다 매끄럽게 표현한다. 예를 들면, 해안선 표현을 늘 수 있다.

- 심볼화(symbolization) : 면이 선으로, 선이 점으로 변하는 자원의 변화를 의미한다.
- 통합(aggregation) : 인접해 있는 여러 개의 객체가 하나의 객체로 표현된다.

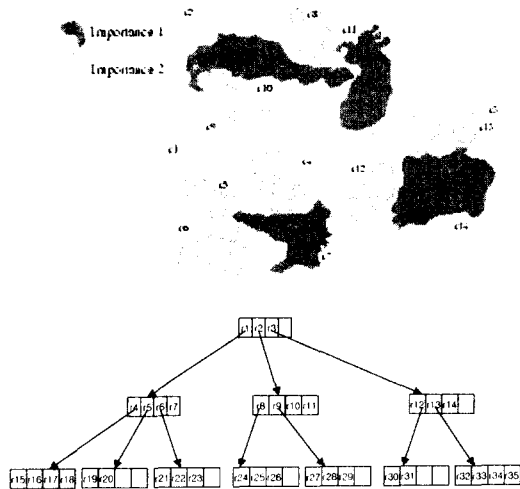
그 외에 확장(exaggeration), 분류(classification), 대표화(typification), 형태변형(anamorphose) 등이 있다.

2.2 레벨별 상세화 데이터를 지원하는 공간데이터 구조

공간 데이터를 위한 공간인덱싱 방법으로는 트리기반 방법과 해싱 기반 방법으로 크게 나뉘어진다. 트리기반 방법으로는 MBR(Minimum Bounding Rectangle)에 기반한 R트리와, 영역 분할에 기반한 Quad트리가 대표적이며, 해싱 기반 방법으로는 그리드 파일이 대표적이다.

레벨별 상세화 데이터를 지원하는 공간데이터 구조로는, 자동화된 일반화를 지원하기 위한 데이터 구조들이 많이 알려져 있으며, 대표적으로 Strip트리, Arc 트리, MultiScale 라인 트리, BLG트리, Voronoi 다이어그램 등을 들 수 있다[2]. 이들은 대부분 맵 일반화 연산자 중 단순화 연산자를 제공한다.

이러한 단순 데이터 구조에서 벗어나 인덱싱 구조로서 알려진 기법으로는 Field트리[1], Priority Rectangle파일[4], Reactive트리[6]가 있다. 이들은 모두 맵 일반화 연산자 중 선택 연산자 혹은 단순화 연산자를 제공한다. 이 중, Field 트리와 Priority Rectangle 파일은 그리드 파일에 기반한 방법이며, Reactive 트리는 R트리에 기반한 방법이다. 본 연구에서는 이 중, 레벨의 개념을 자연스럽게 표현할 수 있으며 현재 가장 널리 쓰이는 R트리에 기반하고 있다는 측면에서 Reactive트리를 살펴보고자 한다.



<그림 1> Reactive 트리

Reactive 트리는 R트리에 기반하고 있으나 다음과 같은 몇가지 차이점이 있다.

- 실객체가 리프(leaf) 노드 뿐 아니라, 중간 노드에도 나타난다.
- R트리의 노드 형태에 중요도 값이 추가된다. 그 형태는 다음과 같다.

(MBR, imp-value, object-id)

Reactive트리의 중요한 개념은 객체당 중요도를 부여

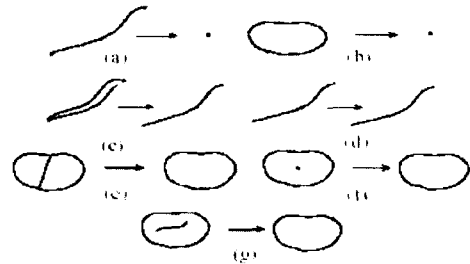
하고, 이렇게 부여된 값에 따라 중요도가 높은 객체가 상위 레벨에 위치하여 중요도가 높은 객체는 보다 빠른 검색이 가능하다는데 있다. 그러나, Reactive 트리는 몇가지 문제점을 가진다. 즉, 선택 연산자만을 제공한다는 점과 서로 다른 레벨의 객체들간 겹침이 없어야 한다는 점을 들 수 있다.

3. 레벨별 상세화 데이터를 지원하는 공간인덱싱

3.1 특징

3.1.1 일관성 있는 지도 변환을 보장하는 일반화 연산자  
 맵 일반화의 문제에 있어 레벨별 상세화를 지원하는 벡터 데이터의 경우에 있어 중요한 문제는 각 레벨별 데이터간 일관성(consistency)을 보장하는 것이다[3]. 의미 있는 레벨별 데이터를 형성하기 위해서는 이러한 일관성이 보장되어야 하며 따라서, 일관성 있는 지도 변환을 보장하는 일반화 연산자를 지원하는 공간 인덱싱이 필요하다. 기존 연구에 있어서의 문제점은 일관성 있는 벡터 데이터 유지에 대해서는 고려하지 않으며 한가지 종류의 일반화 연산자만을 제공한다는 데 있다.

일관성이 보장되는 일반화 연산에 대한 연구는 [3]에서 이루어졌으며, 이는 <그림 2>와 같다. 여기서는 위상관계에 있어 일관성이 보장되는 일반화 연산을 정의하고 이를 증명하였다. 본 연구에서는 이러한 일관성이 보장되는 일반화 연산자와 기존 연구에서 사용된 선택 연산자를 사용하여 일관성 문제를 해결한다.



<그림 2> 일관성이 보장되는 일반화 연산자

- (a) 선 축소(line contraction) : 선이 점으로 차원 변경
- (b) 영역 축소(region contraction) : 영역이 점으로 차원 변경
- (c) 영역 감소(region thinning) : 영역(경계선)이 선으로 감소
- (d) 선 합병(line merge) : 2개의 선이 1개의 선으로 합병
- (e) 영역 합병(region merge) : 2개의 영역이 1개의 영역으로 경계선 합병
- (f) 점 추상화(point abstraction) : 점의 영역 내 제거
- (g) 선 추상화(line abstraction) : 선의 영역 내 제거

3.1.2 R트리 기반의 2단계 공간 인덱싱

본 연구에서는 R트리 기반의 공간 인덱싱을 사용한다. 이는 레벨별 상세화의 계층화 개념을 해싱 기반 구조에 비해 트리 기반 구조가 보다 자연스럽게 표현할 수 있으며, R트리 구조가 현재까지 가장 널리 사용되는 공간 인덱싱 구조이기 때문이다.

제한하는 공간 인덱싱 구조는 기존의 R트리 구조를 1단

계로 하고 이 단계 아래에 레벨화된 트리를 둔 2단계 공간 인덱싱 구조이다. 따라서 기존의 R트리 인덱싱의 장점을 그대로 취할 수 있다는 장점을 가진다.

3.1.3 축척에 기반한 레벨의 결정

레벨별 상세화를 결정하는 데 있어 문제가 될 수 있는 부분 중 하나는 레벨 결정 요소이다. 기존 연구에서는 중요도라는 요소에 기반하여 레벨을 결정한다. 그러나, 각 객체별로 중요도를 부여하여 이를 기반으로 레벨을 결정하는 것은 지도 제작에 있어 일반적인 방법으로 보기 어렵다. 이러한 방법보다는 지도에 존재하는 축척에 기반해서 레벨을 결정하는 것이 보다 현실적이다.

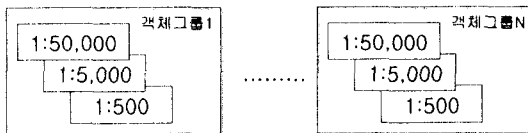
여러 장의 축척별 종이 지도가 존재하고, 이를 하나의 수치 지도로 변화시킨 후에도 축척의 개념을 그대로 사용하기 위해서는 화면 영역의 크기에 의한 레벨별 상세화가 좋은 해결방법이 된다. 즉, 가장 초기 화면의 축척은 제작된 수치 지도의 최대 소축척이 되고, 이를 기준으로 해서 선택된 영역이 좁아짐에 따라 대축척의 좀 더 자세한 부분이 나타남으로써 여러장의 종이 지도를 하나의 수치 지도를 통해 볼 수 있게 된다.

3.2 레벨별 상세화 데이터를 지원하는 공간 인덱싱

3.2.1 입력 데이터

입력 데이터의 레벨은 지도 제작자가 축척에 기반해 결정한다. 이는 각 객체에 대한 레벨은 축척 요소 이외에도 렌더링, 각 응용 도메인 등의 복합적인 요소에 따라 결정되는 문제로 자동화가 어려운 분야로 이미 알려져 있기 때문이며 따라서 본 연구에서는 제외하는 것으로 한다.

입력 데이터는 <그림 3>과 같이 입력된다. 이 때, 레벨별로 다르게 나타나는 데이터는 하나의 그룹으로 입력되어야 한다. 이는 레벨별 데이터간 추적성과 일관성을 위해 요구된다.



<그림 3> 입력 데이터

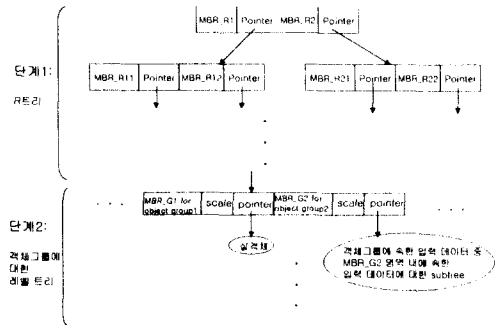
3.2.2 공간 인덱싱의 구조

공간 인덱싱은 크게 2단계로 이루어진다. 즉, 1단계는 한 객체그룹에서 가장 큰 MBR에 기반해서 R트리로 구성되고, 2단계로 각 객체그룹에 대한 계층별 데이터가 연결된다. 계층별 트리는 높이균형이 이루어지지 않으며 객체당 레벨에 따라 트리가 구성된다. 따라서, 1단계까지는 높이 균형 트리 속성을 가지고, 2단계는 레벨에 따라 높이가 결정되는 높이 불균형 트리 형태를 가지게 된다.

제안된 공간 인덱싱의 구조는 <그림 4>와 같으며 다음과 같은 속성을 가진다.

- 1단계는 R트리의 속성과 동일하다.
- 2단계는 다음과 같은 속성을 가진다.
  - 리프 노드 뿐 아니라 중간 노드에서도 실 객체가 나타날 수 있다.

- 현재 노드는 늘 조상노드의 MBR 내에 위치한다.
- 현재 노드의 축척값은 조상노드의 축척값보다 작거나 같은 값을 가진다.



<그림 4> 레벨별 상세화 공간 인덱싱의 구조

3.2.3 레벨별 상세화 공간 인덱싱의 의의

- 일관성이 보장되는 모든 일반화 연산자에 대한 공간 인덱싱 기법을 제공한다.
- 레벨별로 데이터를 검색하는 경우 해당 레벨에 필요한 데이터만을 검색하게 되므로 속도가 향상된다.
- 레벨별 인덱싱 구조를 가지고 있으므로 점진적인 인덱싱 전송이 가능하다.

4. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 일관성이 보장되는 모든 일반화 연산자를 지원하는 레벨별 상세화 데이터에 대한 공간 인덱싱 기법을 제안하였다. 본 연구를 통해, 레벨별 상세화 데이터에 대한 효율적인 검색이 가능해졌으며 이에 따라 대용량 공간데이터의 점진적 전송이 가능해진다는 장점도 가진다.

향후 연구로는 제안된 기법에 따른 삽입, 삭제 알고리즘을 개발하고 이에 대한 구현 및 성능 평가가 필요하다.

5. 참고문헌

[1] Andrew U.Frank and Renato Barrera, "The Field-tree: A data structure for geographic Information System", In Symposium on the Design and Implementation of Large Spatial Databases, 1989  
 [2] "Automatic generalization on geographic data", project report, VBB Viak, 1997  
 [3] Bertolotto, M. "Geometric Modeling of Spatial Entities at Multiple Levels of Resolution", Ph.D. Thesis. University of Genova, Italy, 1998  
 [4] Bruno becker and Peter Widmayer, "Spatial priority search: An access technique for scaleless maps", Technical report, Institute for Informatik, University Freiburg, 1990  
 [5] Clodoveu A.Davis Jr., Alberto H.F.Laender, "Multiple Representations in GIS", Proceedings of the 7th international symposium on advances in GIS, 1999  
 [6] Peter van Oosterom, "The Reactive-tree: A Storage structure for a seamless, scaleless Geographic Database", in Auto-Carto 10, 1991  
 [7] Sabine Timpf, "Cartographic objects in a multi-scale data structure", in geographic information research, 1997