

공간 레이어에서 상접한 공간 객체의 무결성 지원을 위한 능동적인 공간연산 트리거의 설계

안준순*, 김재홍**, 정보홍*, 배해영*

*인하대학교 전자계산학과

**영동대학교 컴퓨터공학과

e-mail : jsahn@cjdream.net

A Design of Active Spatial-Operation-Trigger for supporting the Integrity of Meet-Spatial-Objects in a Spatial Layer

Jun-Soon Ahn, Jae-Hong Kim**, Bo-Heung Jung*, Hae-Young Bae*

*Dept. of Computer Science & Engineering, In-Ha University

**Dept. of Computer Science Young-Dong University

요 약

공간데이터베이스 시스템에서 데이터베이스의 일관성 유지를 위해 의미적 무결성을 지원해야 한다. 예를 들어, 실세계의 구경계 레이어에서 공간 객체인 구는 주위의 구들과 항상 접해 있어야만 하는 상접 (Meet)한 성질과 두개 이상의 다른 구가 동일한 이름을 가질 수 없는 성질을 가진다. 이 성질은 실세계에서 묵시적으로 인지되는 개념이다. 따라서 공간객체의 갱신으로 인해 레이어에 대한 묵시적인 개념이 위배될 경우 무결성 유지가 필요하다. 본 논문에서는 이 레이어에 대한 공간 객체의 무결성을 유지하기 위한 능동적 공간 연산 트리거를 제안한다. 제안한 기법은 레이어에 대한 무결성 제약조건이 위배될 때 수행되며, 동일 레이어에 대한 공간과 비공간 데이터 트리거로 나누어 수행되고, 다른 레이어에 대한 비공간 데이터 트리거를 수행하는 기법이다. 동일한 레이어에 대한 능동적 공간 연산 트리거는 공간객체인 공간· 비공간 데이터에 대한 각각 또는 모두에 대한 갱신인지를 구분하여 공간 데이터에 대한 트리거 수행단계와 비공간 데이터에 대한 트리거의 수행단계로 나누어 수행 전략을 결정하여 수행되고, 마지막으로 다른 레이어에 대한 비공간 데이터에 대한 트리거를 수행한다. 능동적 공간 연산 트리거는 상접성을 유지해야 하는 공간 객체들의 의미적 무결성을 위해 각각의 공간과 비공간 데이터에 대하여 3 단계 수행으로 공간 객체에 대한 의미적 무결성 유지와 자동 보정으로 사용자 편의성을 제공한다.

1. 서론

최근 데이터베이스 시스템은 기존의 문자, 숫자와 같은 정형 데이터의 처리뿐만 아니라, 실세계에 다양하게 존재하는 공간 데이터를 단일 시스템에서 저장, 검색 및 갱신하고 분석, 추론, 트리거 기능을 지원하는 데이터베이스 시스템으로 연구가 활발하게 진행되고 있다[1,2].

공간 데이터베이스 시스템은 공간 데이터와 비공간 데이터로 구성된 공간 객체를 관리하는 시스템이다[3]. 공간 데이터베이스에서 공간객체에 대한 갱신연산 수행 후 레이어에 대한 제약조건이 위배되는 경우가 발생하면, 데이터베이스의 일관성 유지를 위해 의미적 무결성[4]을 지원해야 한다. 예를 들어, 실세계의 구경계 레이어에서 공간 객체인 구는 주위의 구들과 항상 접해 있어야만 하는 상접 (Meet)

한 성질과 두개 이상의 다른 구가 동일한 이름을 가질 수 없다는 성질을 가진다. 이 성질은 실세계에서 묵시적으로 인지되는 개념이다. 이 레이어에서 공간 데이터의 갱신 연산 수행 후 갱신된 공간 객체와 상접한 공간 객체들 중 교차· 포함 관련성을 가지는 공간 객체가 발생하면 비공간 데이터의 갱신 연산 수행 후 동일한 비공간 데이터를 가진 공간객체가 존재하면, 이 레이어에 대한 묵시적인 개념을 위배하게 된다. 따라서 이 공간 객체의 갱신으로 인해 레이어에 대한 묵시적인 개념이 위배될 경우 무결성 유지가 필요하다. 이러한 무결성 지원을 위해 사용된 기존 기법은 사용자의 수작업을 통해서 무결성을 유지하는 방법이다. 그러나, 이러한 수 작업을 통한 무결성 유지 방법은 장비 자체의 오류와 작업자의 숙련도에 따른 오류로 인하여 데이터의 정확한 일관성과 사용자 편의성을 제공하기 힘들다. 따라서 의미적 무결성을 명시적인 제약조건으로 기술하고 갱신연산

* 본 연구는 정보통신부의 대학 S/W 연구 센터 지원사업의 연구 결과임

으로 발생하는 무결성 위배 상황을 자동으로 보정할 수 있는 방법이 필요하다.

본 논문에서는 이런 레이어에 대한 제약조건을 위배하는 공간 객체의 갱신연산 후 공간 객체간의 의미적 무결성을 유지하기 위한 능동적 공간 연산 트리거를 제안한다. 제안한 기법은 레이어에 대한 무결성 제약조건이 위배될 때 수행되며, 동일 레이어에 대한 공간과 비공간 데이터 트리거로 나누어 수행되고, 다른 레이어에 대한 비공간 데이터 트리거를 수행하는 기법이다. 1 단계에서는 공간 데이터의 갱신에 의해 상접성에 위배되는 공간 데이터를 검색하여 교차 및 포함 영역을 뺀 공간 데이터를 갱신하거나 원시공간 데이터의 갱신을 취소함으로써 무결성 제약조건을 위배를 방지한다. 2 단계에서는 비공간 데이터의 갱신에 의해 동일한 비공간 데이터를 검색하여 발견되면, 공간 객체가 상접한지 검사로 참인 공간객체와 병합한 공간 데이터를 갱신하거나 원시 비공간 데이터의 갱신을 취소함으로써 무결성 제약조건을 위배를 방지한다. 마지막 단계에서는 사용자가 공간객체를 갱신한 영역과 위상관계를 갖는 다른 레이어에서 비공간 데이터가 일치해야 하는 공간객체에 대한 비공간 데이터의 갱신을 함으로써 공간객체의 비공간 데이터가 일치하도록 무결성을 유지한다. 능동적 공간 연산 트리거는 상접성을 유지해야 하는 공간 객체들의 의미적 무결성을 위해 각각의 공간과 비공간 데이터에 대하여 3 단계 수행으로 레이어에 대한 공간 객체의 의미적 무결성을 유지하며, 자동 보정으로 사용자 편의성을 제공한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 공간연산자의 종류와 공간 데이터의 의미적 무결성과 공간객체에 대한 상접성에 대해 알아보고, 3 장에서는 능동적 공간 연산 트리거를 설계하며, 4 장에서는 능동적 공간연산 트리거의 수행방법을 제안한다. 마지막으로 5 장에서 본 논문의 결론과 향후 연구에 대하여 논한다.

2. 관련연구

2.1 공간객체 상접성

경계를 표시하는 특정 레이어에서는 공간객체 사이에 점이나 선이 항상 공유하고 있어야만 하는 상접한 성질을 갖는 상접성이 있다. 예를 들면, 구경계 레이어에서 서울시는 중구 주위에 종로구, 동대문구, 성동구, 용산구, 마포구, 서대문구가 항상 경계인 점이나 선을 공유하고 있다. 구경계 레이어에서는 이런 구들 사이의 경계가 항상 상접성을 유지해야만 한다.

2.2 공간 데이터의 의미적 무결성

의미적 무결성 제약 조건은 데이터베이스 시스템의 사용자인 데이터베이스 설계자가 응용분야에 종속적으로 외부스키마를 정의할 때 데이터베이스로 하여금 실제계를 정확히 반영하도록 데이터 베이스의 의미(semantic)에 관한 정보를 규정할 수 있는 제약조건이다[3,5,8].

공간 데이터의 경우 기존의 비공간 데이터에 비해 실제계의 복잡한 공간 현상을 모델링 하므로 추가적으로 요구되는 무결성 제약 조건이 발생한다. 이러한 공간 데이터의 의미적 무결성은 공간 데이터의 기하적이고 위상적인 특성에 대해 정의된다. 이러한 공간 데이터의 의미적 무결성은 공간 데이터의 무결성 유지를 위한 가장 중요한 분야로 인식되고 있다.

2.3 공간 연산자

공간 연산자는 공간 데이터 타입에 대한 연산자로 최소한 한 개 이상의 공간 데이터 타입의 공간 객체를 피연산자로 취하는 함수이다. 이러한 공간 연산자는 공간 객체 및 공간 객체간의 정보를 추출하는 기능 뿐만 아니라 기존의 공간 객체를 통해 객체를 생성하는 기능과 다양한 출력 연산을 지원하는 기능을 가지고 있다[6].

공간 데이터베이스 시스템에서 정의되는 공간 연산자는 기하연산자, 위상연산자, 추출연산자, 변환 연산자, 생성연산자인 5 가지로 구분할 수 있다[7]. 기하 연산자는 공간 데이터의 기하학적 연산 결과로 스칼라 값을 반환하는 연산자이다. 위상 연산자는 공간 데이터간의 위상 관계를 논리값으로 반환하는 연산자이다. 추출 연산자는 기존의 공간 데이터에 대해 집합 연산자인 합(union), 교차(intersection), 차(difference)를 구하여 새로운 공간 데이터를 반환하는 연산자이다. 변환 연산자는 공간 데이터의 위치나 크기, 방향 등을 변환하며 결과 값으로 동일한 타입의 공간 데이터를 변환하는 연산자. 생성 연산자는 기존의 공간 데이터로부터 새로운 공간 데이터를 구성하며 새로운 타입의 공간 데이터를 반환하는 연산자이다.

3. 능동적 공간 연산 트리거의 설계

능동적 공간 연산 트리거는 공간 레이어에서 상접한 공간객체의 무결성 지원을 위해 시스템에 의해 자동적으로 실행되는 문장이다. 본 장에서는 능동적 공간연산 트리거가 수행되는 제약조건과 레이어에 대한 무결성 제약조건 검증 및 레이어에 대한 무결성 제약조건을 위배할 경우 트리거가 3 단계로 수행되는 단계에 대하여 논한다.

3.1 능동적 공간연산 트리거의 제약조건

능동적 공간 연산 트리거는 자동 보정 연산 처리를 하기 위해서 다음의 제약 조건을 가진다.

- 공간 객체에 대한 트리거는 상접한 공간 객체를 가진 동일한 레이어(Layer)야 한다.
- 상접한 공간 객체를 가진 레이어 내에서 공간데이터에 대응하는 비공간 데이터는 중복이 없다.
- 갱신연산은 insert 연산과 영역이 확장되는 Update 연산에서만 트리거로 자동 보정을 수행한다.

3.2 무결성 검증 및 트리거 수행 전략

레이어에 대한 무결성 지원을 위해 무결성 검증과 트리거로 나누어 수행한다. 레이어에 대한 무결성 제약조건 검증은 공간 데이터들의 거리와 방향 등을 계산하는 함수인 공간 기하 연산과 두 공간 객체간의 관련성을 참과 거짓의 논리값으로 반환하는 위상관계연산과 레이어에 대한 비공간 데이터 무결성 제약조건을 위배하는지 검증한다. 이런 레이어에 대한 공간 객체의 갱신연산이 발생하면, 공간객체를 공간 데이터와 비공간 데이터에 대하여 각각 갱신할 수 있기 때문에 동일한 레이어에 대한 무결성 검증을 공간 데이터와 비공간 데이터의 무결성 검증으로 나누어 수행한다. 따라서 동일한 레이어에 대한 능동적 공간 연산 트리거는 공간객체인 공간· 비공간 데이터에 대한 각각 또는 모두에 대한 갱신인지를 구분하여 공간 데이터에 대한 트리거 수행 단계와 비공간 데이터에 대한 트리거의 수행단계로 나누어

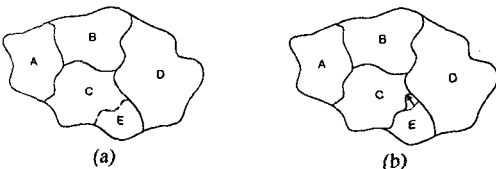
수행 전략을 결정하여 수행되고, 마지막으로 다른 레이어에 대한 비공간 데이터에 대한 트리거를 수행한다. 첫번째 전략은 1 단계로 공간 데이터에 대한 트리거를 수행하며 자동 보정이 완료되면, 2 단계로 비공간 데이터에 대한 트리거를 수행하며 자동 보정이 완료되면, 마지막 단계를 수행하게 된다. 또한 두번째 전략은 이단계와 마지막 단계만 수행한다. 공간 데이터만 갱신된 경우, 공간/비공간 데이터가 갱신된 경우에는 첫번째 전략을 사용하고, 비공간 데이터가 갱신된 경우에는 두번째 전략을 사용하여 트리거를 수행한다.

1 단계에서는 공간 데이터의 갱신에 의해 상접성에 위배되는 공간 데이터를 검색하여 교차 및 포함 영역을 뺀 공간 데이터를 갱신하거나 원시공간 데이터의 갱신을 취소함으로써 무결성 제약조건의 위배를 방지한다. 2 단계에서는 비공간 데이터의 갱신에 의해 동일한 비공간 데이터를 검색하여 발견되면, 공간 객체가 상접한지 검사로 참인 공간객체와 병합한 공간 데이터를 갱신하거나 원시 비공간 데이터의 갱신을 취소함으로써 무결성 제약조건의 위배를 방지한다. 마지막 단계에서는 공간객체의 갱신으로 갱신된 영역과 위상 관계를 갖는 다른 레이어에서 비공간 데이터가 일치해야 하는 공간객체에 대한 비공간 데이터의 갱신을 함으로써 공간객체의 비공간 데이터가 일치하도록 무결성을 유지한다. 능동적 공간 연산 트리거는 상접성을 유지해야 하는 공간 객체들의 의미적 무결성을 위해 각각의 공간과 비공간 데이터에 대하여 3 단계 수행으로 레이어에 대한 공간 객체의 의미적 무결성을 유지한다.

4. 능동적 공간 연산 트리거의 수행방법

능동적 공간 연산 트리거는 공간 객체의 갱신 연산이 발생할 경우, 동일한 레이어에서의 상접한 객체간의 의미적 무결성을 유지하기 위해서 시스템에 의해 자동적으로 실행된다. 트리거가 수행되면 1 단계로 동일한 레이어에 대한 공간 데이터는 상접해야 하는 무결성을 만족하도록 하며, 2 단계로 동일한 레이어에 대한 비공간 데이터의 갱신으로 인한 공간 데이터의 무결성을 만족하도록 수정을 하며, 마지막으로 공간 데이터에 대한 위상관계를 가지는 다른 레이어의 공간 객체에 대한 비공간 데이터의 무결성을 유지하도록 수정을 한다. 능동적 공간 연산 트리거는 insert, update, delete 연산에서 3 단계의 수행으로 무결성을 유지하는 방법에 대해서 논한다.

4.1 동일 레이어에서의 공간 데이터에 대한 트리거의 수행

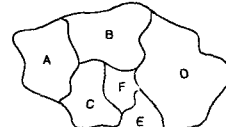


[그림 1] 구경계 레이어에서 새로운 공간 객체 E를 Insert / update 연산 시

상접한 공간 데이터들로 이루어진 동일한 레이어에서 공간 데이터 insert 연산 시 새로 추가되어야 할 공간 데이터가 상접한 공간 데이터와 교차 (intersects), 포함 (contains) 관계가 이루어질 때, 능동적 공간 연산 트리거를 지원함으로써 공간 데이터간의 무결성을 유지한다. 예를 들면, 구경계 레이어에서 공간 데이터를 insert 하는 경우를

보여준다. 다음과 같은 상접한 객체들을 보여주는 [그림 1]의 (a)와 같은 예가 있다고 하자. 구경계 레이어에서 공간 객체 C 에 새로운 공간 객체 E 가 추가되었을 때, 능동적 공간 연산 트리거에 의해 다음과 같이 자동 보정 과정이 수행된다. 공간 객체 E 를 포함하는 상접한 공간 객체들과 intersects, contains 공간 연산을 이용하여 교차, 포함하는 공간 객체를 검증한다. 검증한 결과가 True 인 공간 객체 C 를 찾아서 E 와 공간 객체 생성 연산자인 Difference 연산으로 앞에서 주어진 두 데이터간의 차집합 영역을 얻어서 공간 객체 C 를 수정한다.

상접한 공간 데이터들로 이루어진 동일한 레이어에서 공간 데이터 update 연산 시 새로 갱신되어야 할 공간 데이터가 상접한 공간 데이터와 교차관계가 이루어질 때, 능동적 공간 연산 트리거를 지원함으로써 공간 객체간의 무결성을 유지한다. 예를 들면, 구경계 레이어에서 공간 객체를 update 하는 경우를 보여준다. 다음과 같은 상접한 객체들을 보여주는 [그림 1]과 같은 예가 있다고 하자. 구경계 레이어에서 공간 객체 E 를 상접한 객체 C 로 넓히는 갱신을 할 때, 능동적 공간 연산 트리거에 의해 다음과 같이 자동 보정 작업이 수행된다. 공간 객체 E 를 포함하는 상접한 공간 객체들과 intersects, contains 공간 연산을 이용하여 교차, 포함하는 공간 객체를 검증한다. 검증한 결과가 True 인 공간 객체 C 를 찾아서 E 와 공간 객체 생성 연산자인 Difference 연산자를 적용하여 두 객체간의 차집합 영역을 얻어서 공간 객체 C 를 수정한다.



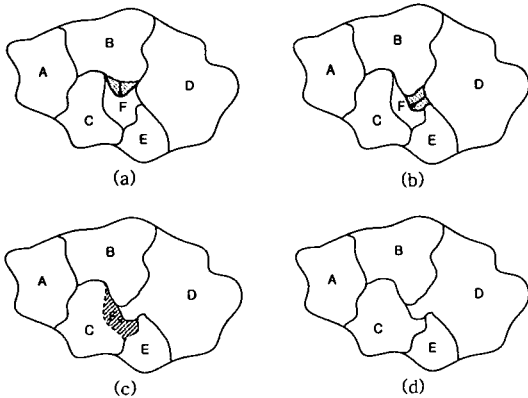
[그림 2] 구경계 레이어에서 공간 객체 F를 Delete 연산 시

상접한 공간 데이터들로 이루어진 동일한 레이어에서 공간 데이터 delete 연산 시 삭제되어야 할 상접하다는 제약조건을 위배하므로 공간 연산 트리거가 수행되어야 하지만, 이때에 [그림 2]와 같이 상접해 있는 공간 데이터를 어떻게 얼마만큼 수정해야 하는지 여부를 알 수 없기 때문에 삭제 연산은 거짓의 논리값을 반환하며 트랜잭션 취소를 수행한다.

공간 데이터의 갱신 연산 수행이 발생할 경우 원시 데이터와 상접한 공간 데이터들 간의 교차, 포함 관련성을 가지는 공간 데이터가 발생하므로 이에 대해 공간 연산 트리거를 이용하여 자동 보정 연산을 하며, 무결성을 유지하고 있습니다. 삭제 연산 시에는 이런 원시 객체와 상접한 공간 데이터간의 교차, 포함 관련성을 가지는 공간 데이터가 발생하지 않으므로 공간 연산 트리거를 이용하여 자동 보정 연산을 수행할 수가 없습니다. 따라서 트랜잭션 취소를 수행하며 다음에 나오는 삭제에 대한 대체방안을 제안한다.

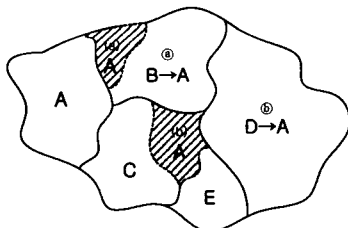
삭제를 수행했을 때 상접해 있는 공간 데이터들이 어떻게 얼마만큼 수정을 해야 하는지 여부를 모르기 때문에, 삭제해야 할 공간 데이터와 상접해 있는 공간 데이터들을 갱신하여 이에 무결성을 위배하는 교차영역을 뺀 공간 데이터들을 갱신하고, 마지막에 포함관계를 가지게 되면 삭제하는 방법으로 모든 공간 데이터들을 상접하도록 무결성을 유지한다. 예를 들면, [그림 3]의 (a)에서와 같이 공간객체 B 를 Update 하게 되면, 공간객체 B 에 공간객체 F 는 교차관계를 가지므로, 앞에서와 같이 Update 연산시 발생하는 트리

거에 의해서 공간 객체 F는 갱신된다. 그리고 (b)에서와 같이 공간객체 D를 Update 하게 되면, 공간객체 D에 공간객체 F는 교차관계를 가지므로, 앞에서와 같이 Update 연산시 발생하는 트리거에 의해서 공간 객체 F는 갱신된다. 마지막으로 (c)에서와 같이 공간 객체 C를 갱신하게 되면 공간객체 C에 공간객체 F는 포함관계를 가지므로 공간객체 F를 삭제하게 되며, (d)와 같은 결과를 갖게 된다. 그러므로 공간객체 F를 삭제 연산하여 이루지는 결과와 동일하게 된다.



[그림 3] 구경계 레이어에서 공간 객체 F를 Delete 하기 위한 Update 연산

4.2 동일 레이어에서의 비공간 데이터에 대한 트리거의 수행



[그림 4] 공간객체 insert 연산과 비공간 데이터 update 연산

공간 객체의 insert 연산시 공간 데이터와 비공간 데이터를 모두 갱신하기 때문에 공간 데이터에 대한 능동적 공간 연산 트리거에 의해서 수행이 완료되었을 때, 비공간 데이터에 대하여 동일한 값을 가진 비공간 데이터를 검색하여 존재할 경우에 수행한다. 예를 들면, [그림 4]에서 (a)와 (b)의 경우처럼 동일한 A 값을 가지는 공간객체가 존재한다고 가정하자. 동일한 비공간 데이터를 가진 공간객체를 검색한다. 공간 객체가 존재하면, 갱신된 공간 객체와 Meets 연산자를 이용하여 상접한지를 검사하며, (a)는 상접하기 때문에 True, (b)는 false 인 논리값을 받는다. True 인 경우에는 두 공간 객체를 Union 연산자를 이용하여 합하여 무결성을 유지하며, (b)의 경우에는 트랜잭션을 취소하여 이전까지 모든 갱신에 대한 연산들을 취소하여 무결성을 유지한다.

비공간 데이터의 update 연산시 비공간 데이터에 대한 상접한 공간 객체로 구성된 레이어에 대한 무결성 제약조건은 공간 객체의 이름이 동일할 수 없음으로 이를 위반한 경우 동일한 이름을 가진 공간 객체를 공간연산자 Meets 로 검색한다. 참인 경우에는 두 공간객체를 공간연산자 Union 을 이용하여 합하고, 거짓인 경우에는 이전단계에서 공간 데이터에 대하여 수행된 일련의 작업인 트랜잭션을 취소하여 무결성을 유지한다. 예를 들면, [그림 4]에서 ㉔와 ㉕

럼 A 로 비공간 데이터를 변경 했을 때 비공간 데이터 값 A 를 가진 공간 데이터를 검색하여, 검색된 공간객체와 공간연산자 Meets 로 상접한 객체인지 논리값을 받게 된다. ㉔는 True 를 받게 되며, ㉕는 false 를 받게 된다. True 일 경우 검색된 A 인 공간 데이터를 ㉔와 Union 연산을 이용하여 합하여 갱신한다. False 일 경우에는 이전단계에서 공간 데이터에 대하여 수행된 일련의 작업인 트랜잭션을 취소하게 된다.

비공간 데이터의 delete 연산은 공간 데이터의 상접성을 위배하게 되므로 공간 데이터에 대한 능동적 공간 연산 트리거에서 수행이 가능하다.

4.3 다른 레이어에서의 비공간데이터에 대한 트리거의 수행

공간 데이터나 비공간 데이터가 변경이 된 경우에 변경된 공간 객체와 위상관계를 갖는 다른 레이어에서의 공간 객체가 변경된 레이어를 참조하는 비공간 데이터가 있는 경우에 비공간 데이터를 일치하도록 수정함으로써 참조 무결성을 지원한다. 예를 들면, 구경계 레이어와 위상관계를 갖는 다른 레이어인 동경계 레이어가 있다고 가정하자. 구경계 레이어에서 서대문구가 상접하고 있는 중구쪽으로 영역을 확장하는 갱신연산이 수행된 후에, 확장한 영역과 위상으로 포함되는 동경계를 검색한다. 검색된 가동은 구이를 중구로 되어 있기 때문에 구이를 서대문구로 수정을 해야만 한다. 이런 일련의 과정에 의해 무결성을 유지한다.

5. 결론 및 향후연구

본 논문에서는 목시적으로 존재하는 레이어에 대한 제약조건이 위배되는 갱신연산 후 무결성을 유지하기 위한 공간 연산 트리거를 제안하였다. 제안한 방법은 상접성을 유지해야 하는 공간 객체들의 의미적 무결성을 위해 각각의 동일한 레이어에서 공간과 비공간 데이터의 트리거와 다른 레이어에서 비공간 데이터의 트리거 순인 3 단계 수행으로 레이어에 대한 공간 객체의 의미적 무결성을 유지한다. 향후연구 방향으로는 intersects· contains· meets 공간 연산의 대상 객체 수의 최소화에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

[1] W.G. Aref and H. Samet, "Extending a DBMS with Spatial Operations", Proc. 2nd Symp. On Spatial Databases SSD'91, 1991
 [2] B.C. Ooi, R. Sacks-Davis and K. J. McDonell, "Extending A DBMS for Geographic Applications," Proc. 5th int. Conf. Data Engineering, 1989
 [3] W. Kim et al., "Spatial Data Management In Database Systems : Research Directions," Proc. 3rd Symp. On Spatial Databases, 1993
 [4] S. Cockcroft, "Towards the Automatic Enforcement of Intery Rules in Spatial Database Systems," In Porc. Of the Spatial Information Research Center's 8th Colloquium, 1996
 [5] Y. G. Lee et al., "Spatial Data Integrity in Spatial Information Systems," Proc. Intl. Conf. On Applied Modelling and Simulation, 1998
 [6] Z. Huang, "Design of GeoSAL, A Database Language for Spatial Data Analysis," Phd Dissertation, Royal Institute of Technology, 1993
 [7] R. Güting, "An Introduction to Spatial Database Systems," VLDB Journal, Vol.3, 1994
 [8] 고평옥, 유상봉, 김기창, 차상근, "공간 객체 무결성 관리 시스템," 한국 정보 과학회 학술 발표 논문집, 25 권, 1 호, 1998
 [9] 이영걸, "공간 데이터베이스에서 의미적 무결성 관리기의 설계 및 구현", 인하대학원 박사학위논문, 1999