

인접 공간 객체의 무결성 지원을 위한 능동적인 공간 연산 트리거의 제안

°안준순*, 박동선*, 이영걸*, 배해영*

* 인하대학교 전자계산공학과

A Proposal of Active Spatial Operation Trigger for supporting the Integrity of Neighboring Spatial Objects

°Jun-Soon Ahn*, Dong-Seon Park*, Young-Geol Lee* and Hae-Young Bae*

* Dept. of Computer Science and Engineering, Inha University

요 약

공간 데이터베이스 시스템에서 객체간의 인접성을 유지해야 하는 공간 객체의 갱신 연산 수행시, 이와 인접한 공간 객체들은 의미적 무결성을 상실하게 된다. 이러한 의미적 무결성을 만족하기 위해서는 수작업으로 무결성을 유지하는 수동적 무결성 유지 방법보다 사용자 편의성을 위해 자동 보정 연산의 지원이 필요하다.

본 논문에서는 공간 객체의 갱신 연산 수행시 인접한 공간 객체간의 의미적 무결성을 지원하기 위한 능동적인 공간 연산 트리거를 제안한다. 제안한 기법은 무결성 제약조건 검증 단계에서 인접한 공간 객체에 대한 자동 보정 연산을 수행하여 객체간의 의미적 무결성을 유지한다. 제안한 기법의 지원을 위해 무결성 제약조건은 레이어, 공간 객체의 순서로 기술하며, 무결성 검증 단계는 공간 객체, 레이어 순으로 제약조건 검사를 수행한다. 능동적 공간 연산 트리거는 레이어 제약조건 검증 단계에서 갱신연산에 대해 공간 위상·추출연산을 포함한 확장된 SQL 을 사용하여 무결성을 유지하도록 한다.

능동적 공간 연산 트리거는 레이어 제약조건 검사와 공간 객체에 대한 자동 보정 연산의 수행을 통하여 인접성을 유지해야 하는 공간 객체들의 의미적 무결성과 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 시스템에서 공간 객체의 갱신 연산 수행은 갱신된 공간 객체와 인접한 공간 객체들 중 교차·포함 관련성을 가지는 공간 객체가 발생시 의미적 무결성을 상실하게 된다. 예를 들어, 구경계와 같은 공간 객체는 항상 객체간의 인접성을 유지해야 한다. 객체의 갱신 시 구경계간의 교차 및 포함 관련성을 가질 수 있으므로, 이는 의미적 무결성을 위배하게 된다. 이러한 의미적 무결성을 만족하기 위해서는 수작업으로 무결성을 유지하는 수동적 무결성 유지 방법이 있다. 이러한 방법은 장비 자체의 오류와 작업자의 숙련도에 따른 오류가 발생할 수 있으므로 데이터의 정확한 일관성과 사용자 편의성을 위해 자동 보정 연산의 지원이 필요하다.

본 논문에서는 공간 객체의 갱신 연산 수행시 인접한 공간 객체간의 의미적 무결성을 만족하기 위하여 자동 보정을 지원하는 능동적인 공간 연산 트리거를 제안한다. 제안한 기법은 무결성 제약조건 및 능동적 공간 연산 트리거를 기술하는 과정과 무결성 제약조건에 대한 검증 과정 및 트리거의 수행과정으로 이루어진다. 능동적 공간 연산 트리거를 지원하기 위해서 무결성 제약조건은 레이어, 공간 객체의 순서로 제약조건을 기술하며, 무결성 제약조건에 대한 검증 과정은 공간 객체, 레이어 순으로 제약조건 검사를 수행한다. 능동적 공간 연산 트리거는 레이어 제약조건

검증 단계에서 갱신연산에 대해 의미적 무결성을 상실하는 공간 객체에 대하여 공간 위상·추출 연산을 포함한 확장된 SQL 을 사용하여 의미적 무결성을 유지하도록 한다.

능동적 공간 연산 트리거는 레이어 제약조건 검사와 공간 객체에 대한 자동 보정 연산의 수행을 통하여 인접성을 유지해야 하는 공간 객체들의 의미적 무결성과 사용자 편의성을 제공한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 공간 연산자의 종류와 공간 데이터의 의미적 무결성과 공간 연산 제약조건에 대해 알아보고, 3 장에서는 능동적 공간 연산 트리거를 설계하며, 4 장에서는 능동적 공간 연산 트리거의 수행 방법을 제안한다. 마지막으로 5 장에서 본 논문의 결론과 추후 연구에 대하여 논한다.

2. 관련연구

2.1 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 기능뿐만 아니라 기존의 공간 객체를 통해 객체를 생성하는 기능과 다양한 출력 연산을 지원하는 기능을 가지고 있다.

공간 데이터베이스 시스템에서 정의되는 공간 연산자는 다음의 5 가지 형식의 연산자로 구분할 수 있다[3].

(1) 기하 연산자 : 공간 데이터의 기하학적 연산 결과로 스칼라 값을 반환하는 연산자

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

- (2) 위상 연산자: 공간 데이터간의 위상 관계를 논리값으로 반환하는 연산자
 - (3) 추출 연산자: 기존의 공간 데이터에 대해 집합 연산자인 합(union), 교차(intersection), 차(difference)를 구하여 새로운 공간 데이터를 반환하는 연산자
 - (4) 변환 연산자: 공간 데이터의 위치나 크기, 방향 등을 변환하며 결과 값으로 동일한 타입의 공간 데이터를 반환하는 연산자
 - (5) 생성 연산자: 기존의 공간 데이터로부터 새로운 공간 데이터를 구성하며 새로운 타입의 공간 데이터를 반환하는 연산자
- 본 논문에서는 다양한 공간 연산 중 트리거의 자동 보정을 위해 공간 위상 연산과 공간 추출 연산을 사용한다.

2.2 공간 데이터의 의미적 무결성

의미적 무결성 제약 조건은 데이터베이스 시스템의 사용자인 데이터베이스 설계자가 응용분야에 종속적으로 외부 스키마를 정의할 때 데이터베이스로 하여금 실제계를 정확히 반영하도록 데이터베이스의 의미(semantic)에 관한 정보를 규정할 수 있는 제약 조건이다[4].

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 연산 무결성 제약조건

무결성 제약조건은 무결성을 보장하기 위해 데이터베이스에 적용하는 규칙을 말하며, 데이터베이스의 유효성을 보장하는 필수적인 성질이다[5].

공간 연산에서의 무결성 제약조건은 사용자로 하여금 공간 객체의 기본 속성, 유도 속성 그리고 공간 객체간의 공간 관련성을 이용하여 다양한 공간 현상을 제약 조건으로 정의할 수 있어 데이터베이스 상태에 대해 의미적 일관성을 유지할 수 있게 해준다. 무결성 제약조건의 분류는 하위 단계의 개념적 공간 객체에 대한 공간 함수의 특성을 통해 분류 할 수 있다. 무결성 제약 조건은 공간 무결성 제약 조건과 비공간 무결성 제약 조건으로 구분된다. 공간 무결성 제약 조건은 공간 데이터에 대해 기하 함수로 유도된 도메인의 범위를 제약하는 기하 무결성 제약조건, 두 공간 데이터 간의 위상 관계를 제약하는 위상 무결성 제약조건, 공간 데이터에 기하 함수의 결과를 집산화 하여 제약하는 집산화 기하 제약 조건으로 구분된다[6].

3. 능동적 공간 연산 트리거의 설계

3.1 공간 객체 및 레이어에 대한 무결성 제약조건 기술과 검증

능동적 공간 연산 트리거는 무결성 제약조건과 능동적 공간 연산 트리거를 기술하는 과정과 무결성 제약조건에 대한 검증 과정 및 트리거의 수행과정으로 이루어진다. 무결성 제약조건을 기술하는 과정은 공간 객체와 레이어에 대한 무결성 제약조건을 기술하고, 인접한 공간 객체의 자동 보정 연산을 위해서 SQL 을 확장한 능동적 공간 연산 트리거를 기술한다. 무결성 제약조건을 검증하는 과정은 공간 객체에 대한 무결성 제약조건 검증, 레이어에 대한 무결성 제약조건 검증 순으로 이루어지며,

레이어에 대한 의미적 무결성 제약조건이 위배한 경우 능동적 공간 연산을 수행한다. 공간 객체 및 레이어에 대한 무결성 제약조건 검증은 공간 객체에 대한 비공간 무결성 제약조건, 지역 기하 무결성 제약 조건, 광역 기하 무결성 제약 조건, 위상 무결성 제약 조건 그리고 집산화 무결성 제약조건에 위배하는지 검증하는 단계이다. 공간 객체에 대한 무결성 제약조건 검증은 단일 공간 객체의 길이, 넓이 등을 계산하는 함수인 공간 기하 연산의 결과 값으로 스칼라 값을 반환하고, 무결성 제약조건을 위배한 경우 트랜잭션을 취소하게 되며, 무결성 제약조건을 만족하면 레이어에 대한 무결성 제약조건 검증 단계를 수행한다. 레이어에 대한 무결성 제약조건 검증은 공간 객체들의 거리와 방향 등을 계산하는 함수인 공간 기하 연산과 두 공간 객체간의 관련성을 참과 거짓의 논리값으로 반환하는 위상 관계 연산에 대하여 검증하는 단계이며, 트랜잭션의 완료, 트랜잭션의 취소 또는 인접한 공간 객체에 대한 의미적 무결성을 만족시키기 위해 능동적 공간 연산 트리거를 수행하는 과정이다.

능동적 공간 연산 트리거는 인접한 공간 객체를 갖는 동일 레이어에 대한 무결성 제약조건을 위배할 때, 자동 보정을 위하여 능동적 공간 연산 트리거를 수행한다.

3.2 능동적 공간 연산 트리거의 제약조건

능동적 공간 연산 트리거는 외부 단계 사용자에 의해 정의되고 공간 객체의 생성 및 갱신할 때 동일 레이어상에서의 인접한 객체간의 의미적 무결성을 만족하기 위해서 시스템에 의해 자동적으로 실행되는 문장이다. 능동적 공간 연산 트리거는 다음의 제약조건을 가진다.

- 인접한 공간 객체를 가진 동일한 레이어(Layer)야 한다.
- 갱신연산은 Insert 연산과 영역이 확장되는 Update 연산에서만 트리거를 수행한다.

이런 능동적 공간 연산 트리거를 설계하기 위해서는 다음의 두 요구사항을 만족해야 한다.

- 능동적 공간 연산 트리거가 실행될 조건을 명시하여야 한다.
- 능동적 공간 연산 트리거를 실행할 때 취해야 할 행위를 명시하여야 한다.

능동적 공간 연산 트리거가 실행될 조건은 갱신 연산이 발생한 공간 객체에 대하여 교차· 포함관계를 갖는 존재하는 경우이며, 트리거가 취해야 할 행위는 인접한 공간 객체라는 제약조건을 만족하도록 자동 보정 하는 것이다.

3.3 SQL 을 확장한 트리거의 표현

능동적 공간 연산 트리거는 기본 문법 구조는 표준 질의어로 사용되는 SQL 의 기본 구조를 적용하며, 제약조건은 공간 함수를 이용하여 술어함수를 정의한다. 트리거 정의어는 사용자에게 학습의 부담을 줄여주기 때문에 데이터 베이스 사용자에겐 편의성을 제공한다.

제시한 트리거 표현의 기본 문법은 [그림 1]과 같다

```

DEFINE TRIGGER trigger-name
ON ( insert
    | update ) OF relation-name
( IF ( 1 = ( intersect-function
    | contain-function ) )
THEN ( update difference-function ) );
    
```

[그림 1] SQL 을 확장한 트리거의 표현

(1) 적용 연산 및 객체구문 (ON Clause)

본 트리거의 제약조건은 릴레이션에 대해 정의되며, 갱신 연산을 정의한다.

(2) 조건 구문 (IF Clause)

트리거의 제약조건을 명시할 조건구문은 공간 객체에 적용될 공간 함수를 통해 기술된다.

(3) 행위 구문 (THEN Clause)

트리거의 제약조건을 명시할 행위구문은 조건구문이 만족될 경우 실행되는 공간 함수이다.

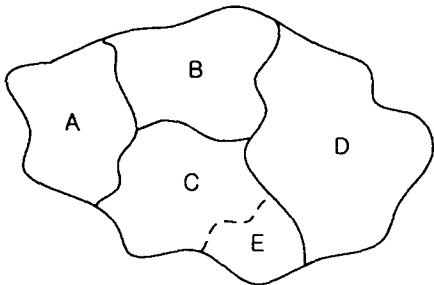
4. 능동적 공간 연산 트리거의 수행 방법

능동적 공간 연산 트리거는 공간 객체의 갱신 연산이 발생할 경우, 동일한 레이어에서의 인접한 객체간의 의미적 무결성을 유지하기 위해서 시스템에 의해 자동적으로 실행된다. 트리거가 수행되면 갱신된 공간 객체와 교차·포함관계가 있는 공간 객체들을 찾고, 조건 구문에 만족하는 공간 객체에 대하여 행위구문에서 공간 연산을 이용하여 인접하다는 의미적 무결성을 만족하도록 수정을 한다. 능동적 공간 연산 트리거는 insert 또는 update 연산에서 의미적 무결성을 위배한 경우 실행하게 되며, insert 와 update 연산 시 트리거의 수행방법에 대해 논한다.

4.1 인접 공간 객체에서의 insert 연산

인접한 공간 객체들로 이루어진 동일한 레이어에서 공간 객체의 insert 연산 시 새로 추가되어야 할 공간 객체가 인접한 공간 객체와 포함·교차관계가 이루어질 때, 능동적 공간 연산 트리거를 지원함으로써 공간 객체간의 무결성을 유지한다.

아래의 예는 구경계 레이어에서 공간 객체를 insert 하는 경우를 보여준다.



[그림 2] 구경계 레이어에서 새로운 공간 객체 E를 insert 연산 시

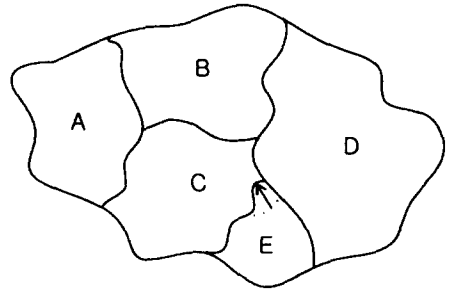
다음과 같은 인접한 객체들을 보여주는 [그림 2]와 같은 예가 있다고 하자. 구경계 레이어에서 공간 객체 C에 새로운 공간 객체 E가 추가되었을 때, 능동적 공간 연산 트리거에 의해 다음과 같이 자동 보정 과정이 수행된다.

공간 객체 E를 포함하는 인접한 공간 객체들과 intersect·contain 공간 연산을 이용하여 교차·포함하는 공간 객체를 검증한다. 검증한 결과가 True 인 공간 객체 C를 찾아서 E와 공간 객체 생성 연산자인 Difference 연산으로 앞에서 주어진 두 데이터간의 차집합 영역을 얻어서 공간 객체 C를 수정한다.

4.2 인접 공간 객체에서의 update 연산

인접한 공간 객체들로 이루어진 동일한 레이어에서 공간 객체의 update 연산 시 새로 갱신되어야 할 공간 객체가 인접한 공간 객체와 교차관계가 이루어질 때, 능동적 공간 연산 트리거를 지원함으로써 공간 객체간의 무결성을 유지한다.

아래의 예는 구경계 레이어에서 공간 객체를 update 하는 경우를 보여준다



[그림 3] 구경계 레이어에서 공간 객체 E를 영역확장 Update 연산 시

다음과 같은 인접한 객체들을 보여주는 [그림 3]과 같은 예가 있다고 하자. 구경계 레이어에서 공간 객체 E를 인접한 객체 C로 넓히는 갱신을 할 때, 능동적 공간 연산 트리거에 의해 다음과 같이 자동 보정 작업이 수행된다.

공간 객체 E를 포함하는 인접한 공간 객체들과 intersect·contain 공간 연산을 이용하여 교차·포함하는 공간 객체를 검증한다. 검증한 결과가 True 인 공간 객체 C를 찾아서 E와 공간 객체 생성 연산자인 Difference 연산자를 적용하여 두 객체간의 차집합 영역을 얻어서 공간 객체 C를 수정한다.

5. 결론

본 논문에서는 공간 데이터베이스 시스템에서 객체간의 인접성을 유지해야 하는 공간 객체의 갱신 연산 과정에서 인접한 공간 객체들이 의미적 무결성을 상실하게 된다. 이러한 의미적 무결성을 만족하기 위해서는 수작업으로 무결성을 유지하는 수동적 무결성 유지 방법보다 사용자 편의성을 위해 자동 보정 연산의 지원되는 능동적 공간 연산 트리거를 제안하였다. 제안한 방법은 인접한 공간 객체간의 갱신 연산 과정에서 의미적 무결성을 만족하기 위해 공간 객체를 자동 보정하며, 사용자의 편의성을 제공한다.

제안한 방법은 교차 및 포함 공간 연산의 대상 객체의 수에 대한 최소화에 대한 향후 연구가 필요하다.

[참고 문헌]

[1] W.G. Aref and H. Samet, "Extending a DBMS with Spatial Operations", Proc. 2nd Symp. On Spatial Databases SSD '91, pp. 299-318, 1991.
 [2] B.C. Ooi, R. Sacks-Davis and K.J. McDonell, "Extending A DBMS for Geographic Applications," Proc. 5th int. Conf. Data Engineering, pp.590-597, 1989.
 [3] Z. Huang, "Design of GeoSAL, A Database Language for Spatial Data Analysis," Phd Dissertation, Royal Institute of Technology, 1993.
 [4] Y. G. Lee et al., "Spatial Data Integrity in Spatial Information Systems," Proc. Intl. Conf. On Applied Modelling and Simulation, pp. 267-271, 1998.
 [5] R. Güting, "An Introduction to Spatial Database Systems," VLDB Journal, Vol.3, pp.357-399, 1994.
 [6] 이영걸, "공간 데이터베이스에서 의미적 무결성 관리의 설계 및 구현", 인하대학원 박사학위논문, 1999.