

# 의미적 무결성을 지원하는 공간 데이터 모델의 설계

○  
임정옥\*, 이영걸\*, 배해영\*  
\* 인하대학교 전자계산공학과

## Design of Spatial Data Model Supporting Semantic Integrity Constraint

○  
Jung-Ouk Lim\*, Young-Geol Lee\*, Hae-Young Bae\*  
\* Dept. of Computer Science & Engineering, Inha University

### 요 약

본 논문은 공간데이터와 비공간데이터를 통합 처리하는 공간 데이터베이스 시스템에서 데이터의 의미적 무결성을 보장하는 확장된 공간 데이터 모델을 설계한다. 공간 데이터베이스 시스템에서 다루는 데이터는 단순 객체가 아닌 추상화된 복합 객체로 다양한 유도 데이터에 대한 의미적 무결성을 데이터베이스 시스템 내부에서 효율적으로 유지해야 하며, 공간 데이터의 의미적 무결성 제약 조건을 사용자에게 의해 정의할 수 있어야 한다. 본 논문에서는 공간 데이터베이스에서 사용하는 공간 데이터에 대한 무결성 정보를 술어 논리 형태로 표현하고 유지할 수 있는 무결성 공간 데이터 모델(ISRDM: Integrity supported Spatial-Relational Data Model)을 제안한다. 제안된 공간 데이터 모델은 하부 단계 저장 구조, 개념적 데이터 표현 단계, 무결성 표현 단계가 독립적으로 구성되는 다단계 구조로 기존의 공간 데이터베이스 시스템을 용이하게 확장하고 다양한 응용 요구에 대해 유연하게 대처할 수 있도록 설계한다.

### 1. 서론

최근 데이터베이스 시스템은 기존의 문자, 숫자와 같은 정형 데이터의 처리뿐만 아니라 실제계에 다양하게 존재하는 공간 데이터를 단일 시스템에서 저장, 검색 및 갱신하고 분석, 추론, 트리거 기능을 지원하는 데이터베이스 시스템으로의 연구가 활발하게 진행되고 있다[1,2]. 공간 데이터베이스 시스템은 그래픽, 이미지 등 다양한 멀티미디어 데이터를 처리하는 시스템으로 공간 객체의 검색, 저장 및 분석하는 기능과 지도 형태의 데이터를 출력하는 기능을 갖는 데이터베이스 시스템이다[3].

공간 데이터베이스 시스템에서 운영되는 공간 데이터는 실제 비공간 데이터와 순수 공간 데이터 그리고 순수 공간 데이터로부터 유도된 위상 데이터로 구성되는 복합 객체이다. 특히, 위상 데이터는 데이터간에 정의되는 특이적인 관련성으로 실제계의 복잡한 공간 객체를 기하학적인 위상 관계로 표현한다. 이러한 위상 관계는 여러 응용 분야에서 매우 다양하게 정의되고, 그 수도 매우 많아 복잡한 공간 객체에 대한 일관성을 사용자나 응용 프로그램에 의해 수동으로 유지하기가 매우 어렵고, 데이터베이스에 대한 불일치성의 검출 역시 매우 어렵다. 그러므로 공간 데이터베이스 시스템은 시스템 내부에서 사용자의 데이터 조작에 대해 효과적으로 의미적 무결성을 제약 조건의 형식으로 정의, 유지할 수 있는 확장된 공간 데이터 모델을 지원하는 것이 필요하다[4,5].

따라서 본 논문에서는 공간 데이터베이스 시스템에서 공간 객체의 의미적 무결성을 효과적으로 유지하기 위한 확장된 공간 데이터 모델인 ISRDM을 제안한다. 제안된 공간 데이터 모델은 공간 데이터 표현 모델과 무결성 표현 모델이 계층적으로 구성된다. 공간 데이터 표현 모델은 내부적으로 또한 계층적으로 순수 공간 데이터와 비공간 데이터가 별도의 하위 단계 저장 관리자로 관리하며 상위 단계로 관계형 표현 방법을 제공하는 공간 관계형 데이터 모델(SRDM: Spatial Relational Data Model)[5,12]에 효과적으로 공간적 위상 관계를 표현할 수 있도록 확장하여 구현한다. 무결성 표현 모델은 확장된 SRDM과 독립적인 계층 구조로 공간 데이터베이스 설계 단계에서 사용자의 무결성 요구 사항을 효과적으로 정의하는 개념 단계 데이터 모델이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장은 관련 연구로서 공간 데이터의 의미적 무결성의 특성과 구현 방안을 고찰한다. 3 장에서는 제안하는 공간 데이터 모델에서 정의 가능한 의미적 무결성 제약 조건을 분류하고, 4 장에서는 공간 데이터 모델의 개념적 구조와 구성 요소 그리고 필요한 연산에 대해 기술한다. 끝으로 5 장에서 결론을 맺는다.

### 2. 관련연구

#### 2.1 공간 데이터의 의미적 무결성

공간 데이터베이스의 무결성은 데이터베이스에 저장되어 있는 데이터에 대해 유효성과 정확성을 보장하는 성질로 사용자의 정당한 연산이 데이터베이스의 일관성을 저해하지 않도록 데이터베이스를 보호하는 것이다[5,6,7]. 이러한 무결성은 데이터베이스 시스템이 갖는 필수적인 기능으로 데이터 모델 내부의 자료 구조나 연산자에 적용되는 물리적 무결성(physical integrity)과 응용 분야에서 정의되어 유지되는 의미적 무결성(semantic integrity)으로 구분한다[8]. 본 논문에서는 공간 데이터베이스 시스템의 사용자가 응용 분야에 따라 개

념적으로 정의되는 의미적 데이터 무결성의 정의, 유지할 수 있는 공간 데이터에 관해 기술한다. 공간 데이터의 경우 기존의 비공간 데이터에 비해 실제계의 복잡한 공간 현상을 모델링하므로 추가적으로 요구되는 무결성 제약 조건이 발생한다. 이러한 공간 데이터의 의미적 무결성은 공간 데이터의 기하적이고 위상적인 특성에 대해 정의된다[4,9,10]. 이러한 공간 데이터의 의미적 무결성은 공간 데이터의 무결성 유지를 위한 가장 중요한 분야로 인식되고 있다.

#### 2.2 무결성 공간 데이터 모델의 접근방법

무결성 공간 데이터 모델의 구성은 그림 1에서 도시한 바와 같이 다단계 방식(layered approach), 통합 방식(integrated approach) 그리고 컴파일 방식(compiled approach)의 세가지 방법이 존재한다[8].

다단계 방식은 무결성 제약 조건으로 표현되는 무결성 데이터와 공간 데이터가 별도의 단계로 구성되는 인터페이스로 무결성 관리 모듈과 공간 데이터베이스 시스템이 분리되어 있기 때문에 약-결합 접근 방식(loosely-coupled approach)이라고도 한다. 다단계 방식은 기존의 안정된 시스템의 기반으로 높은 안정성과 적은 비용으로 공간 데이터의 의미적 무결성을 지원할 수 있으며 기존의 공간 데이터베이스 시스템이 제공하는 인터페이스를 무결성 관리 모듈이 직접 사용할 수 있어 논리적인 독립성을 유지할 수 있다. 반면 다단계 방식의 단점은 무결성 관리 모듈과 기존의 공간 데이터베이스 시스템간에 통신의 과도한 부하는 시스템의 성능 저하를 유발할 수 있다. 그러에도 불구하고 다단계 방식을 통한 구현 방안은 시스템 구현이 용이하며 기존의 인터페이스 간의 독립성 확보할 수 있어 가장 널리 사용되는 방식이다. 본 논문에서는 기존의 안정된 공간 데이터베이스의 외부 단계를 확장하는 다단계 방식을 사용한다.

통합 방식은 무결성 데이터와 공간 데이터가 통합되어 그 둘 자신의 추상화된 데이터 타입(Abstract Data Type)으로 관리되는 방식으로 무결성 관리 모듈이 기존의 공간 데이터베이스 시스템의 질의 처리기에 통합되어 구현되기 때문에 강-결합 접근 방식(tightly-coupled approach)이라고도 한다. 통합 방식은 무결성 사건의 감시, 제약 조건의 검증, 위배 행동이 질의 처리기 내부에서 직접 발생하므로 이들의 효율적인 수행이 가능하며 통합된 데이터베이스의 연산에 대해 효과적으로 일관성을 유지할 수 있는 방식으로 가장 이상적인 접근 방식이다. 하지만 통합 방식은 기존의 속성 정보, 공간 정보, 그리고 무결성 정보를 포함한 새로운 데이터 모델링이 요구되며, 또한 개별적인 연구 진행과 함께 구현상의 어려움이 따르고 이미 존재하는 코드의 수정이 불가피한 경우가 발생한다.

컴파일 방식은 무결성 정보가 응용 프로그램이나 데이터베이스 연산들이 컴파일 되는 시점에서 함께 정의되는 구조이다. 이 접근 방법은 질의 감시와 무결성 검증이 필요치 않고 작업 수행의 복잡도가 감소되어 시스템 성능을 향상시키는 장점을 갖고 있다. 그러나 컴파일 구조는 제약 조건의 표현 범위가 한정되고 유연성이 떨어지므로 제한된 분야에서만 적용되고 있다.

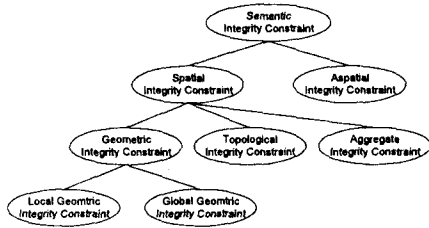
#### 3. 무결성 제약 조건

무결성 제약 조건은 외부 단계 사용자에게 의해 정의되고 공간 데이터의 생성, 삭제 또는 변경할 때 데이터의 무결성을 위해 반드시 만족되어야 할 제약 조건으로 실제계에 존재하는 다양한 공간 관련성의 제약을 통해 정의한다.

##### 3.1 무결성 제약 조건의 분류

공간 데이터의 무결성 제약 조건은 사용자 하여금 공간 객체의 기본 속성, 유도 속성 그리고 공간 데이터 간의 공간 관련성을 이용하여 다양한 공간 현상을 제약 조건으로 정의할 수 있어 데이터베이스 상태에 대해 의미적 일관성을 유지할 수 있게 해준다. 무결성 제약 조건의 분류는 하위 단계의 개념적 공간 객체에 대한 공간 함수의 특성을 통해 분류할 수 있다. 무결성 제약 조건은 공간 무결성 제약 조건과 비공간 무결성 제약 조건으로 구분된다. 다음 [그림 1]은 무결성 제약 조건의 분류를 나타낸다.

공간 무결성 제약 조건은 공간 데이터에 대해 기하 함수로 유도된 도메인의 범위를 제약하는 기하 무결성 제약 조건(geometric integrity constraint), 두 공간 데이터 간의 위상 관계를 제약하는 위상 무결성 제약 조건(topological integrity constraint), 공간 데이터에 대해 기하 함수의 결과를 집단화하여 제약하는 집단화 기하 제약 조건(aggregate integrity constraint)으로 구분된다.



[그림 1] 무결성 제약 조건의 분류

기하 무결성 제약 조건은 다시 단일 공간 데이터 집합에 대해 기하 함수로부터 유도된 도메인의 범위를 제약하는 지역 기하 무결성 제약 조건(local geometric integrity constraint)과 서로 다른 공간 데이터 집합에 대해 이진 기하 함수로부터 유도된 도메인의 범위를 제약하는 광역 기하 무결성 제약 조건(global geometric integrity constraint)으로 구분된다. 비공간 무결성 제약 조건(aspatial integrity constraint)은 공간 객체의 속성 데이터에 대해 적용되는 무결성 제약 조건으로 비공간 데이터의 속성 도메인을 한정하기 위해 사용된다.

(1) 비공간 무결성 제약 조건

개념적으로 추상화된 공간 객체의 공간 도메인과 비공간 도메인의 범위를 제약하는 제약 조건이다. 공간 도메인은 공간 데이터 모델에서 지원하는 색상, 선형, 스타일 등의 범주로 분류되며, 사용자에 의해 정의된 공간 도메인은 데이터베이스 연산에 대해 일관성이 유지되어야 한다. 비공간 도메인은 숫자나 문자로 유도된 도메인 무결성 제약 조건에 의해 도메인의 범위가 제한되며, 데이터베이스 연산의 결과에 대해 제한된 범위의 값만 존재해야 한다. 예를 들면 "4차선 국도의 색상은 청색이다", "상수도의 이력은 10년이 넘을 수 없다" 등이다.

(2) 지역 기하 무결성 제약 조건

단일 공간 레이어의 공간 객체에 대해 기하 함수를 통해 유도된 결과값을 제약하는 제약 조건이다. 기하 함수는 공간 데이터의 특성을 표현하는 함수로 정의하였으며, 지역 기하 무결성 제약 조건은 공간 데이터의 특성인 길이, 둘레 등의 기하 특성을 제한한다. 예를 들면 "주먹을 지적의 면적은 200평을 초과할 수 없다", "2차선 도로용 교량은 40미터를 초과할 수 없다" 등이다.

(3) 광역 기하 무결성 제약 조건

두 공간 레이어의 공간 객체들에 대해 이진 기하 함수를 통해 유도된 결과값을 제약하는 제약 조건이다. 이진 기하 함수는 두 공간 데이터간의 특성을 표현하는 함수로 정의하였으며, 광역 기하 무결성 제약 조건은 두 공간 데이터간의 특성인 거리, 방향 등의 기하 특성을 제한한다. 예를 들면 "서로 다른 주요 소간의 거리는 5km 이상이어야 한다", "수용 시설과 학교간의 거리는 10km 이상이어야 한다" 등이다.

(4) 위상 무결성 제약 조건

두 공간 레이어의 공간 객체들에 대해 이진 위상 함수를 통해 유도된 결과값을 제약하는 제약 조건이다. 이진 위상 함수는 두 공간 데이터간의 특성을 표현하는 논리 함수로 정의하였으며 이진 기하 무결성 제약 조건은 두 공간 데이터간의 특성인 근접성, 포함성, 교차성 등의 위상 관련성을 제한한다. 예를 들면 "개별 제한 구역 안에는 상용 구조물이 존재할 수 없다", "시계는 서로 겹치지 않는다" 등이다.

(5) 집단화 무결성 제약 조건

집단화 무결성 제약 조건은 공간 레이어에 적용되는 제약 조건이다. 공간 레이어의 모든 객체에 대해 기하 함수를 적용하고, 결과값을 다시 집단화 함수를 통해 제한하는 제약 조건이다. 예를 들면 "자연 녹지의 면적의 합은 1,000km2 보다 커야 한다" 등이다.

4. ISRDM의 구조

ISRDM에 대한 고려 사항은 우선 사용자 관점에서 공간 객체에 대한 무결성 표현의 용이성과 다양성을 제공하여야 한다는 것과 구현 단계에서 모델링에 대한 효율적인 처리 및 표현이 가능하여야 한다는 것이다. ISRDM의 특징은 다음과 같다.

- 공간 데이터베이스의 의미적 무결성 요구를 명세할 수 있도록 공간 객체 표현 단계의 외부 단계로 구현된다.
- 공간 객체 표현 단계에서 지원되는 위치 요소로부터 유도되는 기하 특성(geometric property)을 명세할 수 있다.
- 공간 객체 표현 단계는 공간 객체간에 유도되는 위상 특성을 공간 관련성(spatial relationship)으로 명세할 수 있다.
- 공간 관련성과 기하 특성을 분류하여 모델의 표현 범위를 한정하고, 이를 지원하는 추상화 기법을 제공한다.
- 공간 객체 표현 단계에서 지원되는 질의 설비를 이용하므로 무결성 유지를 위한 추가의 노력이 필요없다.

본 논문에서 제안하는 무결성 공간 데이터 모델인 ISRDM은 다단계 구조 모델(layered architecture model)로 구성되며 무결성 표현 단계와 공간 객체 표현 단계로 구분된다. 무결성 표현 단계는 사용자 단계로 개체-관련성 표현 및 일차술어 표현을 이용하여 공간 객체의 무결성 정보를 추상화 된 계층 구조로 구성하여 통합 관리하는 단계이다. 공간 객체 표현 단계는 SRDM을 기반으로 다시 개념 단계와 내부 단계로 구분된다. 개념 단계는 통합된 공간 객체의 논리적인 구조에 대한 표현 단계이고, 내부 단계는 실제로 물리적인 저장 공간에 표현되는 단계이다. 이러한 다단계 구조는 공간 객체간의 다단계 추상화 과정을 통하여 각 단계별 데이터와 접근 방식에 대해 독립성을 유지하므로 기존의 공간 데이터베이스 시스템 자원을 그대로 사용할 수 있으며 구현 단계에서 무결성 지원을 위한 추가적인 설비를 구현하기가 용이하다.

4.1 무결성 표현 단계

무결성 표현 단계는 공간 객체의 무결성 표현 및 무결성 검증을 사용자 관점에서 논리적인 단위로 제공하기 위한 것으로, 공간 객체의 무결성을 효율적으로 관리하기 위하여 공간 데이터베이스의 스키마에 대한 무결성 제약 조건을 확장된 개체-관련성(E-R: Entity-Relationship) 모델을 이용하여 정의한다.

무결성 표현 단계는 개념적인 관계형 모델 단계인 공간 객체 표현 단계에 대한 상위 단계로 공간 객체 표현 단계의 개념 단계에서 정의된 공간 객체와 공간 객체간의 관련성을 이용하여 무결성 제약 조건을 정의한다. 무결성 제약 조건은 ISRDM의 개념적인 구조(conceptual structure)이며 외부 단계에서 사용자에 의해 확장된 E-R 모델을 이용하여 정의된다.

무결성 표현 단계는 데이터베이스의 실제 인스턴스가 저장되는 데이터 모델이 아니라 응용 분야의 무결성 정보를 스키마에 관한 관계로 표현하는 데이터 모델이다. 무결성 표현 단계 추상화 모델에서 무결성 공간 데이터베이스는 개체(entity), 특성(property), 관련성(relationship)의 모음으로 표현된다. 즉, 개체의 특성과 관련성을 제약 조건으로 표현하여 실제의 무결성 규칙을 정의 할 수 있다. 한편에서는 제약 조건의 용이한 표현과 하부 단계의 관계 모델을 위해 하지 않기 위해 개체와 특성에 대한 상속성은 지원하지 않으며 공간 특성에서 발생하는 최소한의 상속성은 데이터 사전을 통해 관리한다.

개체는 실제에서 유일하게 구분되는 객체로 개념 단계의 릴레이션이 갖는 추상화된 객체를 의미한다. 특성은 개체를 나타내는 속성으로 공간 속성, 비공간 속성과 같은 기본(base) 속성과 공간 속성의 기하 함수를 통해 유도되는 유도(derived) 속성으로 구분된다. 각 속성은 타입에 종속적인 도메인의 집합을 갖고 있다. 관련성은 개체간의 관계를 의미하며 무결성 표현 단계 추상화 모델에서는 관련성의 범위를 제한하기 위해 별도로 공간 관련성(spatial relationship)으로 표현한다. 공간 관련성은 3절에서 분류하였으며 공간 속성과 유도 속성에 대한 기하 연산과 위상 연산을 통해 정의되는 관련성을 의미한다.

4.2 공간 객체 표현 단계

공간 객체 표현 단계는 관계 표현 및 객체 표현을 이용하여 공간 객체를 추상화 단계인 상위 단계에서 계층 구조로 구성하여 공간 데이터와 비공간 데이터를 통합 관리할 수 있는 다단계 데이터 추상화 모델이다. ISRDM은 공간 객체 표현 단계에서 추상화된 공간 객체를 변수와 공간 객체의 공간 데이터 타입에 대해 정의된 공간 연산을 통해 공간 객체의 의미적 무결성을 정의할 수 있도록 공간 객체 표현 단계의 상위 단계 추상화 모델로 구현된다.

공간 객체 표현 단계는 공간 객체에 대한 다양한 표현 및 사용자 관점에서의 논리적인 단위를 제공하기 위한 개념 단계 추상화 모델과 하위 단계에서 실제로 저장 공간에 표현되며 공간 객체에 대한 효율적인 처리가 가능한 구현 단계 추상화 모델로 나누어 구성한다. 개념 단계 추상화 모델은 상위 단계에서 사용자 관점에서 다루어지는 공간 객체의 집합으로 표현되고, 하위 단계에서는 개개의 공간 객체에 대한 타입별로 표현된다. 구현 단계 추상화 모델은 공간 객체에 대한 실제 저장 표현을 나타내며 공간 객체에 대한 효율적인 공간 연산을 처리할 수 있도록 구성한다.

(1) 개념 단계 추상화

개념 단계 추상화는 공간 객체에 대한 다양한 표현, 검색, 정의 방식을 사용자 관점에서의 논리적인 단위로 제공하기 위한 것으로 공간 객체의 관리틀

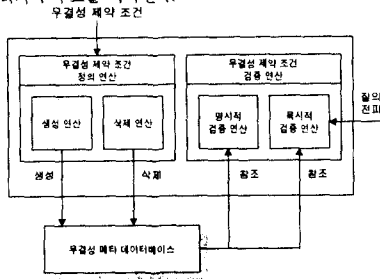
위해 공간 데이터의 논리적 집합을 공간 뷰(Spatial View), 공간 레이어(spatial layer)와 개체 테이블(entity table)의 계층 구조로 정의한다. 공간 뷰는 사용자에게 제공되는 공간 데이터 그룹의 가장 큰 단위로 공간 객체를 논리적으로 완전히 통합시킨 개념이다. 이러한 공간 뷰는 여러개의 공간 레이어로 구성되는데, 공간 레이어는 실제세계의 지형 요소를 구분하는 기본 단위의 집합이다. 즉, 도로, 지하 시설물, 등고선, 경계, 심복 등 각각이 하나의 공간 레이어로 분리된다. 공간 레이어는 각 레이어별로는 분리되었지만 여러 개체 테이블을 논리적으로 통합시킨 구조이다. 개체 테이블이란 각 공간 객체를 물리적인 묶음으로 표현한 것으로 공간 데이터 및 비공간 데이터에 대한 저장 및 관리의 기본 단위이다. 이러한 공간 객체의 논리적인 표현으로 공간 뷰 부분과 각 계층별로 분리되었지만 여러 개체를 논리적으로 통합한 공간 레이어 부분, 그리고 각 공간 객체를 물리적인 묶음으로 표현한 개체 테이블의 다단계로 구성된 계층적인 구조를 나타낸다.

(2) 구현 단계 추상화

구현 단계 추상화는 저장 공간에 실제로 저장되는 표현 방법과 공간 객체에 대한 효율적인 처리가 가능하도록 나타내는 단계로 개념 단계 추상화의 하위 계층에서 관리된다. 구현 단계 추상화는 공간 데이터와 비공간 데이터를 통합 관리하기 위한 단계로 공간 데이터와 비공간 데이터의 연관성을 부여하기 위한 연결 방법은 전진 연결 방법과 후진 연결 방법이 있으며, 이를 혼합한 양방향 연결 방법도 있다. ISRDM에서는 공간 객체를 공간 릴레이션 테이블(spatial relation table), 공간 테이블(spatial table) 그리고 비공간 테이블(aspacial table)의 다단계의 계층으로 구성하는 양방향 연결 방법을 사용한다.

5. ISRDM의 연산

공간 데이터의 무결성을 지원하기 위해 ISRDM에서 지원하는 연산은 경의 연산과 검증 연산으로 구분된다. 경의 연산은 사용자가 기술한 무결성 제약 조건을 분석하여 무결성 메타 데이터베이스에 저장하거나 이미 기술된 무결성 제약 조건을 메타 데이터베이스로부터 삭제하는 연산이다. 검증 연산은 스키마의 형태로 정의된 무결성 제약 조건을 실제 데이터베이스의 인스턴스를 통해 무결성 제약 조건의 위반 여부를 검증하는 연산이다. 검증 연산은 사용자에 의해 명시적으로 호출되어 수행되는 명시적 검증 연산과 갱신 질의에 의해 전과 호출되는 묵시적 검증 연산으로 구분된다. 다음 [그림 2]는 ISRDM의 연산을 지원하는 무결성 처리기의 구조를 나타낸다.



[그림 2] 무결성 처리기의 구조

검증 연산은 무결성 제약 조건을 검증하는 연산으로 사용자에 의해 명시적으로 수행되거나 갱신 질의에 의해 묵시적으로 호출되어 수행된다. 무결성 제약 조건의 검증 연산의 피연산자의 유형에 따라 전진 방식(forward-chaining)과 후진 방식(backward-chaining)으로 구분된다. 전진 방식은 무결성 제약 조건을 피연산자로 검증 연산을 수행하는 방식이고 후진 방식은 데이터베이스의 스키마를 피연산자로 검증 연산을 수행하는 방식이다. 명시적 검증 연산은 사용자의 요구나 시간 주기에 의해 호출되며 전진 방식과 후진 방식을 통해 데이터베이스의 무결성을 검증한다. 묵시적 검증 연산은 갱신 질의의 완료 시점에 호출되어 전진 데이터베이스의 무결성을 검증하는 경우로 후진 방식을 통해 데이터베이스의 무결성을 검증한다.

5.1 공간 무결성 명세 언어(SISL: Spatial Integrity Specification Language)

SISL은 다양한 공간 관계를 무결성으로 표현할 수 있도록 하기 위해 별도의 규칙 언어를 사용하며 기본 문법의 구조는 표준 질의어로 사용되는 SQL의 기본 구조를 적용하며 무결성 제약 조건은 공간 함수를 이용하여 술어 함수를 통해 정의한다. SQL 구조와 유사한 무결성 명세 언어는 사용자에게 학습 수준의 부담을 줄여주며 질의어와 유사하여 데이터베이스 사용자에게 편의성을 제공하여 대부분의 무결성 명세어 절기에 채택된다[7,8,11].

SISL은 개념 단계 사용자 인터페이스인 공간 질의어와 함께 공간 데이터베이스의 응용 요구에 대해 효과적으로 무결성을 지원하는 사용자 인터페이스이다. SISL은 무결성 제약 조건을 정의하는 무결성 정의어(ISA: Integrity Specification Language)와 무결성 제약 조건을 검증하는 무결성 검증어(IVL: Integrity Validation Language)로 구성된다.

무결성 정의어는 데이터베이스의 스키마에 대한 무결성 제약 조건을 정의하는 수단을 제공한다. 기존의 관계형 모델의 경우 릴레이션간의 의미를 정의하

기 위한 유일한 방법으로 각 각의 기 값을 별도의 관계 릴레이션으로 구성하여 관계를 명시적으로 표현하는 방법을 제공하였으나 공간 객체의 경우 공간 관련성을 관계 릴레이션으로 관리할 경우 많은 저장 비용과 갱신 비용을 초래한다. ISL은 E-R 모델을 확장하여 사용하므로 무결성 제약 조건과 같은 의미적 관계를 단순히 개체 변수에 대한 술어로 정의할 수 있으므로 별도로 관계 릴레이션을 관리하는 비용을 추가하지 않아도 된다. [그림 3]은 무결성 정의어의 예이다.

```
CREATE CONSTRAINT education-rule- ON school AND commercial
AT INSERT, UPDATE
WHERE DISTANCE(school.Region,commercial.Region) <= 100
AND STRCMP(commercial.usage,merry-making) = 0
DO ABORT
END;
```

[그림 3] 무결성 정의어의 예

무결성 검증어는 사용자로 하여금 데이터베이스의 상태를 직접 검증하거나 다른 갱신 질의에 대해 이로 인해 변경되는 데이터베이스의 상태를 간접적으로 검증하는 수단을 제공한다. IVL은 데이터베이스의 스키마나 무결성 제약 조건을 통해 데이터베이스의 상태에 대한 무결성을 검증하며 무결성 제약 조건에 해당하는 각 공간 술어는 공간 질의의 처리기의 공간 연산자를 통해 수행되고 그 결과가 검증된다. IVL은 크게 검증 방식에 따라 명시적 검증 방식과 묵시적 검증 방식으로 분류된다. 명시적 검증 방식은 무결성 제약 조건의 정의 단계에서 관련된 데이터베이스의 무결성을 검증하거나, 이러한 무결성 제약 조건을 재정의하여 무결성 검증을 요구하는 방식이다. 묵시적 검증 방식은 별도의 주문으로 제공되지 않고 시간 사건(time event)이나 갱신 질의의 사건(update query event)에 의해 자동으로 전파되어 무결성 제약 조건을 검증하는 방식이다. 시간 사건에 의한 검증 방식은 특정한 시간이나 시간 주기에 의해 정의된 무결성 제약 조건을 관련된 데이터베이스에 대해 검증하며, 갱신 질의의 사건에 의한 검증 방식은 무결성 제약 조건에 명시된 갱신 질의 유형과 데이터베이스에 대해 해당 데이터베이스의 해당 질의가 발생할 경우 무결성 제약 조건을 검증하는 방식이다.

5. 결론

본 논문에서는 공간 데이터베이스 시스템의 무결성 기능을 지원하기 위해 특정 저장 시스템 단계에 독립적인 공간 데이터 모델 ISRDM을 제안한다. ISRDM은 공간 객체 표현 단계와 공간 객체의 무결성 표현 단계가 다단계 구조로 구성된다. 각 단계의 인터페이스를 효과적으로 정의하기 위해 공간 함수, 공간 술어, 무결성 제약 조건을 정의하고 최상위 단계 인터페이스인 무결성 제약 조건을 함수의 특성에 따라 분류하였다. 또한 사용자에게 제공되는 인터페이스로 무결성 제약 조건을 SQL의 데이터 정의어와 유사하게 명세할 수 있는 언어인 SISL을 구현하였다.

ISRDM은 공간 데이터베이스 시스템의 사용자가 선언적으로 무결성 요구 사항을 정의하고 시스템 단계에서 유지 관리할 수 있는 공간 데이터 모델이다. 다단계 구조로 구현되므로 기존의 공간 데이터 저장 시스템에 별도의 상위 단계 인터페이스를 설정함으로써 쉽게 구현할 수 있으며 기타 다양한 단계의 외부 응용 요구사항에 대해서도 효과적으로 인터페이스를 제공할 수 있도록 향후 연구 관제는 공간 객체에 대하여 다양한 의미를 내포할 수 있도록 공간 위상 관계에 대한 확장과 제약 조건의 상충 및 동시성 제어를 고려한 모델로 확장해야 하며 그래픽 도구를 이용하여 제약 조건을 정의할 수 있는 사용자 인터페이스에 대한 연구가 이루어져야 한다.

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] P. A. Burrough, "Principles of Geographic Information System for Land Resources Assessment," *Cirendon*, 1986.
- [4] T. Ubeda & M. J. Egenhofer, "Topological Error Correcting in GIS," *Proc. 5th Symp. On Spatial Databases*, pp. 282-297, 1997.
- [5] S. Cockcroft, "Towards the Automatic Enforcement of Integrity Rules in Spatial Database Systems," *In Proc. Of Spatial Information Center's 8th Colloquium*, pp. 33-42, 1989.
- [6] C. J. Date, "Referential Integrity," *Proc. 7th VLDB*, pp. 2-12, 1981
- [7] A. Pizano, "Specification of Spatial Integrity Constraints in Pictorial Databases," *Computer, IEEE*, pp. 59-71, 1989.
- [8] J. Widom & S. Ceri, "Active Database Systems: Triggers and Rules for Advanced Database Processing," *Morgan Kaufman*, 1996.
- [9] M. J. Egenhofer, "Reasoning About Binary Topological Relations," *Advances in Spatial Database SSD'91*, LNCS, Vol. 525, Springer Verlag, pp. 143-161, 1991.
- [10] S. Winter, "Topological Relations between Discrete Regions," *Proc. 4th Symp. on Spatial Databases SSD'95*, pp. 310-322, 1995.
- [11] M. Stonebraker et al., "An Analysis of Rule Indexing Implementations in Data Base Systems," *Proc. 1st Conf. on Expert Database System*, pp. 465-476, 1987.
- [12] Z. Huang, "Design of GeoSAL, A Database Language for Spatial Data Analysis," *PhD Dissertation, Royal Institute of Technology*, 1993.