

# 무결성 유지 기능을 지원하는 공간 데이터베이스시스템의 설계 및 구현

이 영 겐<sup>†</sup> · 배 해 영<sup>††</sup>

## 요 약

본 논문은 공간데이터와 비공간데이터를 연계 처리하는 공간 데이터베이스 시스템에서 데이터의 의미적 무결성을 보장하는 확장된 공간 질의 처리 시스템의 구현에 대해 기술한다. 다양한 실세계의 지형 및 공간 정보를 모델링해야 하는 지리정보 시스템은 공간 데이터베이스 시스템을 기반으로 구현되고 있다. 이러한 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 특성을 제약 조건의 형태로 표현할 수 있어야 한다. 본 논문에서는 공간 질의 처리기를 확장하기 위해 공간 데이터에 대한 무결성 정보를 술어 논리 형태로 표현할 수 있는 공간 제약 언어를 제안한다. 제안된 공간 제약 언어는 축약된 질의 트리 형태로 메타-데이터베이스에 저장하며 저장된 공간 제약 언어는 사용자의 질의에 대해 공간 데이터베이스의 일치성을 보장하는 정보로 사용된다.

## A Design and Implementation of Spatial Database System Supporting Integrity Maintenance Facility

Young-Geol Lee<sup>†</sup> · Hae-Young Bae<sup>††</sup>

### ABSTRACT

This paper describes the design and implementation of an extended spatial query processing system which provides integrity maintenance in the spatial database system that manages the correlation between spatial data and aspatial data. Geographic information system which models geographic and spatial information in the real world is implemented based on spatial database system. Spatial database system should handle data not as simple object but as abstracted complex object and maintain integrity for various derived data in the database system efficiently and represent the conceptual characteristic of spatial data as the format of the constraint. In this thesis, we propose the spatial constraint language that can represent integrity information for spatial data as the format of the predicate logic in order to extend spatial query processor. The proposed spatial constraint language is stored as the format of reduced query tree in the meta database and is used as the information to guarantee the consistency of spatial database for user's query.

---

<sup>†</sup> 정 회 원 : 인하대학교 전자계산공학과  
<sup>††</sup> 종 신 회 원 : 인하대학교 전자계산공학과  
논문접수 : 1998년 2월 6일, 심사완료 : 1998년 6월 22일

## 1. 서 론

최근 데이터베이스 시스템은 기존의 문자, 숫자와 같은 정형 데이터의 처리뿐만 아니라 실세계에 다양하게 존재하는 그래픽, 이미지, 음성 등과 같은 비정형 데이터의 처리까지도 지원하도록 확장되고 있다. 따라서 이들 정형 데이터와 비정형 데이터를 단일 시스템에서 저장, 검색 및 갱신하고 분석, 추론, 트리거 기능을 지원하는 데이터베이스 시스템으로의 연구가 활발하게 진행되고 있다[1,2]. 이러한 연구의 결과로는 이미지 데이터베이스 시스템(image database system), CAD/CAM 데이터베이스 시스템, 공간 데이터베이스 시스템(spatial database system)과 같은 멀티미디어 데이터베이스 시스템이 있다. 특히 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 시스템의 데이터는 비공간 데이터와 공간 데이터 그리고 공간 데이터로부터 유도된 위상 데이터로 구성되는 복합 객체이다[4]. 특히, 위상 데이터는 데이터간에 정의되는 묵시적인 관련성으로 실세계의 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 사용자-단계에서 유지하기가 매우 어렵고, 데이터베이스에 대한 불일치성의 검출 역시 매우 어렵다. 그러므로 공간 데이터베이스 시스템은 시스템-단계에서 사용자의 데이터 조작에 대해 효과적으로 의미적 무결성을 제약 조건의 형식으로 표현, 저장, 유지할 수 있는 기능이 필요하다[4,5]. 따라서 공간 데이터베이스 시스템은 다양한 공간 객체에 대한 무결성을 제약 조건의 형태로 표현할 수 있는 언어를 지원하고, 제약 조건을 분석하여 저장 관리하며, 질의 처리시 공간 객체간의 유도된 위상 관계를 기존의 데이터베이스 시스템과 효율적으로 통합 관리하여 자동적으로 무결성을 유지해주는 기능이 요구된다[6].

본 논문에서는 공간 데이터베이스 시스템에서 공간 객체의 의미적 무결성을 유지하기 위한 공간 제약 언어(SCL: Spatial Constraint Language)와 확장된 공간 질의 처리기를 제안한다. 제안 시스템에서는 표현된 제약 조건을 메타 데이터베이스에 축약된 질의 트리

형태로 저장하며, 질의 처리시 질의 결과를 제약 언어로 검증할 수 있는 공간 제약 검증기를 포함한 확장된 공간 질의 처리기를 개발하였다. 확장된 공간 질의 처리기는 기존의 질의 처리기와 SCL 처리기로 구성되며 관계형 데이터베이스 시스템의 확장으로 국내에서 개발된 지리 정보 시스템인 GEOBase의 공간 데이터 처리기를 확장하여 구현하였다.

## 2. 관련연구

### 2.1 공간 데이터의 표현

공간 데이터베이스 시스템에서는 각 공간 객체의 식별자와 정확히 정의된 범위 그리고 각 공간 객체간의 지역적인 관계를 표현할 수 있어야 한다[7]. 따라서, 공간 데이터베이스 시스템을 구축하기 위해서는 공간 데이터 모델의 정의와 효과적인 질의를 처리하기 위한 공간데이터 타입을 반드시 제공하여야 한다. 뿐만 아니라 이러한 공간데이터는 실질적인 데이터인 비공간 데이터와 연결 처리되어야 한다[7,8]. 공간데이터 타입은 노드(node), 아크(arc), 폴리곤(polygon)의 타입으로 구분되며 불규칙한 2차원의 가변 길이의 특성을 가지며 위치 정보 뿐만 아니라 서로 다른 공간 데이터간의 위상 정보들을 포함한다[9]. 초기의 공간 객체들은 단순히 그리기, 화면 표현, 기하학적 연산만을 위한 공간데이터 타입만을 지원하였지만, 80년대 말 이후 최단 경로 검색과 같은 네트워크 분석이나 조건에 따른 위치 선정 분석 등과 같은 지리 요소에 기반을 둔 분석 처리가 요구됨에 따라 공간 데이터간의 연결성(connectivity), 인접성(contiguity), 포함성(containment)과 같은 일련의 지형 요소들 간의 공간적 위상관계를 포함하는 공간데이터 타입을 지원하는 연구가 이루어지고 있다[8].

### 2.2 공간 데이터의 연산

공간 데이터의 연산 가운데 가장 중요한 것은 공간 데이터간의 관련성을 표현하는 위상 관계이다. 따라서 공간 객체간의 관련성은 연결성, 인접성 그리고 포함성의 기본요소로 구성된다[10]. 연결성은 두 아크 객체가 노드 객체로 연결되었는가를 의미하며, 인접성은 위상 정보에서 사용되는 두 폴리곤 객체가 서로 같은 아크 객체를 공유하고 있는지를 나타낸다. 포함성은 폴리곤 객체 내에 임의의 공간 객체가 포함되어 있는

지를 나타낸다. 이러한 공간 연산은 공간 분석이나 네트워크 구성, 방향 정보 또는 버퍼 분석 뿐 만 아니라 서로 다른 레이어 간의 정보를 합성하여 그들간의 관련성을 효율적으로 처리할 수 있게 된다[11].

### (1) 연결성

비평면 그래프(nonplanar graph)를 표현하기 위한 구조로 아크 객체에 시작 노드와 끝 노드를 포함시키고, 각 노드 객체는 여기에 연결된 모든 아크 노드에 대한 정보를 갖고 있도록 함으로써 공간 객체간의 연결성을 유지한다. 즉, 선형 공간 객체의 시작점과 끝점을 정의함으로써 방향 정보와 연결 정보를 규정한다. 이는 아크가 어떤 노드에서 시작되고 어떤 노드에서 끝나며, 또한 이들 노드를 통해 어떠한 아크와 연결되는가에 대한 정보를 갖는다.

### (2) 인접성

완전 위상(full topology)을 표현하기 위한 구조로 모든 아크 객체의 오른쪽과 왼쪽 폴리곤에 대한 정보를 함께 관리하여 인접한 폴리곤 객체가 어떤 것인지를 알려줌으로써 공간 객체간의 인접성 위상을 구축한다. 즉, 선형 공간 객체에 인접한 다른 2차원 공간 객체에 대한 공간 정보를 가지며, 선형 공간 객체의 왼쪽과 오른쪽에 존재하는 폴리곤 정보를 참조한다. 이러한 인접성을 표현하기 위한 필요충분 조건은 두 폴리곤에 대한 각각의 아크 객체를 구성하는 두 노드가 완전히 동일한 경우 인접성 관계를 갖게 된다.

### (3) 포함성

공간 객체간의 포함 관계 연산은 한 폴리곤 내부에 다른 공간 객체가 포함된 관계로써, 점, 선 또는 영역 객체등이 폴리곤 객체 내부에 포함되는 것을 판단해 내어 포함 관계 위상을 파악한다. 이는 폐합된 선형 공간 객체들의 집합이 다른 2차원 공간 객체를 어떻게 정의하는지에 대한 정보를 가지며, 영역을 정의하는 참조점으로서 포함성에 대한 정보를 가진다. 포함성을 만족하기 위한 필요충분 조건은 우선 폴리곤에 포함되는 공간 객체에 대한 모든 좌표값이 해당 폴리곤에 반드시 완전하게 포함되어야 한다. 본 논문에서는 포함성에서 파생된 다양한 공간 연산을 기반으로 공간 제약 언어를 정의하고 질의 처리시 무결성을 검증하여 공간 데이터베이스의 일치성을 유지하는데 사용한다.

## 2.3 공간 데이터의 무결성

공간 데이터베이스 시스템이 제공하는 무결성 기능은 사용자로 하여금 릴레이션을 구성하는 각 공간 객체 또는 공간 객체들의 집합에 데이터의 의미적 요구를 나타내는 무결성 규칙을 정의하고, 사용자의 고의 또는 부주의로 인하여 의미적으로 부정확한 데이터가 삽입되거나 변형되는 것을 감시한다. 무결성 규칙은 제약 조건의 형식으로 표현되며 제약 조건은 데이터베이스 인스턴스(instance)에 대한 관련성을 술어 논리(predicate logic)를 사용하여 표현하므로써 데이터베이스의 무결성을 유지한다[6]. 제약 조건은 데이터베이스 스키마 내부에 존재하며, 데이터베이스의 불가능한 상태를 논리적으로 표현한다. 기존의 데이터베이스 시스템에서는 질의 처리 시간이 지연되며, 구현상의 어려움이 있어 데이터베이스 시스템 내부에서 의미적 무결성을 처리하여 주지 않았다[5]. 단지 도메인의 타입이나 도메인의 범위 그리고 타입간 연산가능성을 지원해주었다. 그러나 공간 데이터베이스 시스템에서의 지리 객체는 단순 객체가 아닌 복합 객체이며 다양한 유도 데이터가 발생한다. 그러므로 사용자의 갱신, 추가 등의 질의가 데이터베이스의 오류를 발생시킬 확률이 높으며, 공간 객체의 위상 관계의 제약은 데이터베이스의 묵시적인 지식으로서 지리 객체의 추가적인 의미를 제약 조건의 형태로 표현할 수 있게 하므로 한다. 이러한 특징은 디지털라이저(digitizer)나 마우스(mouse)를 이용한 공간 데이터의 입력과 갱신 시에 사용자에게 일관성 유지에 관한 노력을 줄여주며, 사용자가 특정 객체에 대해 의도적인 오류 데이터 발생을 방지하는 갱신 접근 제어(update access control) 기능을 통한 보안 유지가 가능하며, 공간 객체의 제약 사항을 스키마 내부에 저장하므로 데이터베이스의 무결성 유지 기능 이외에도 객체간의 관계를 상태식으로 정의할 수 있어 객체간의 특성을 지식으로 표현할 수 있는 기능을 사용자에게 제공할 수 있게 된다[12]. 그러므로 제약 조건을 기반으로한 무결성 유지 기능은 공간 데이터베이스 시스템에서는 필수적인 기능이다.

## 3. SCL : 공간 제약 언어

### 3.1 SCL의 개요

공간 데이터베이스 시스템에서 사용되는 데이터들은 그들의 특징에 따라 경계, 대지, 도로, 수계 등과

같은 의미있는 데이터 타입으로 사용자에게 의해 추상화된다[3]. 추상화된 공간 객체의 특성을 사용자는 공간 객체간의 제약 사항인 SCL을 사용하여 표현할 수 있으며, 공간 데이터베이스 시스템은 데이터베이스의 상태가 질의 처리시에 사용자의 의도와 어긋나지 않게 유지 해야한다. SCL로 표현 가능한 공간 객체의 제약 조건을 특별별로 분류하면 <표 1>과 같다.

<표 1> SCL의 제약 조건 분류  
<Table 1> Classification of Constraints in SCL

분 류	특 성	
속성 제약	공간 도메인 제약	공간 데이터에 관련된 속성에 대해 도메인의 타입과 범위를 제약
	비공간 도메인 제약	비공간 데이터에 관련된 속성에 대해 도메인의 타입과 범위를 제약
위상 제약	위상 관계 제약	부울 연산(boolean operation)으로 공간 객체간의 위상 관계를 제약
	기하 연산 제약	공간 객체간의 좌표값을 이용한 기하 연산의 결과값을 제약
	집단화 제약	추상화된 단일 릴레이션의 집단화한 값을 제약

SCL은 릴레이션 무결성 제약을 정의하며 어떤 공간 객체가 릴레이션에 삽입될 수 있는가 또는 다른 릴레이션의 공간 객체간의 관계가 적절한가를 나타낸다. 즉, 릴레이션을 갱신함에 있어서 의미적 관련성(semantic relationship)을 유지하는 기능을 가지고 있다. 문장의 길이는 가변적이며 제약 조건의 갱신 또한 유동적이다. SCL 구문 중에서 속성제약 부분을 나타내는 정규 표현은 SQL의 조건절 구문 규칙을 사용하며 위상 제약 부분을 나타내는 정규 표현은 (그림 1)과 같다.

3.2 속성 제약 언어

공간 객체의 속성 데이터에 대한 도메인 무결성을 유지하기 위해 속성 데이터의 도메인을 제한하며 공간 속성과 비공간 속성에 대해 도메인의 범위, 도메인의 타입 그리고 공간 도메인간의 연산 가능성을 제약한다.

(1) 공간 도메인 제약(spatial domain constraint)

추상화된 공간 객체의 공간 도메인은 점, 선, 영역으로 나타내어지는 차원(dimension)과 그래픽 속성을 나타내는 색상(color), 선형(line type)등의 범주로 분류되며, 사용자는 공간 객체가 각각의 릴레이션에서 제

```

constraint_statement ::= constraint_term
                        | constraint_statement AND constraint_term
constraint_term ::= bbf_header(tuple_var,tuple_var)
                  | comparative(functional_term,constant)
functional_term ::= tuple_var
                  | uof_header(tuple_var)
                  | bof_header(tuple_var,tuple_var)
                  | naf_header(bbf_header(tuple_var,tuple_var))
                  | caf_header(uof_header(tuple_var))
bbf_header ::= INTERSECT | CONTAIN | MEET | EQUAL
            | COVER | OVERLAP | INSIDE
uof_header ::= PERIMETER | EXTENT | LENGTH
bof_header ::= DISTANCE | DIRECTION
naf_header ::= G_COUNT
caf_header ::= G_AVG | G_MAX | G_MIN | G_SUM
comparative ::= > | < | = | >= | <= | <>
    
```

(그림 1) SCL의 BNF 표현  
(Fig. 1) BNF expression of SCL

약된 구조로 데이터베이스에 존재하도록 하며 단항 부울 연산(unary boolean operation)을 통하여 공간 데이터베이스의 공간 객체의 의미적 오류를 방지할 수 있다. 예를들면 “4차선도로는 선분의 집합으로 되어 있다”, “주유소는 점으로 구성되어 있다”, “4차선도로의 색상은 청색이다” 등이다. 또한 도메인 타입간의 연산 수행에 따른 매개 변수의 타입과 반환되는 결과 타입에 대한 제약 조건으로 도메인간의 타입에 따라 연산이 수행되거나 그렇지 않을 수 있다. 따라서 각 공간 연산을 수행하기 전에 각 공간 연산자에 대한 정의된 공간 데이터 타입이 매개 변수로 사용되었는지를 검사한 후 연산을 처리한다.

(2) 비공간 도메인 제약(aspacial domain constraint)

추상화된 공간 객체의 비공간 속성이 갖는 값의 형태, 도메인의 범위, 도메인 단위에 관한 정보를 제약한다. 공간 객체 안의 모든 어트리뷰트는 각각의 도메인 집합 안에 존재하는 값만을 취해야 한다. 예를들면 “상수도의 이력은 10년을 넘을 수 없다”, “제수변의 관경은 0.1미터 이상이고, 회전수는 14회 이상이다” 등이다.

3.3 위상 제약 언어

위상 제약은 공간 객체간의 공간 관련성을 제약한다. 공간 관련성은 공간 객체간의 기하학적 현상을 표현하는 정보로서 공간 객체로부터 유도된 정보이다.

위상 제약은 공간 관련성의 함수적 특성에 따라 위상 관계 제약, 기하 연산 제약, 집단화 제약으로 분류된다. 특히 위상 관계 제약은 공간 객체간의 위치와 관련하여 두 공간 객체간에 존재하는 공간 관련성에 관한 제약으로 실세계의 무수한 경우의 위상 관계가 발생한다. 그러므로 위상 관계 제약은 위상 관계의 논리적인 모호성을 방지하기 위해 위상 관계의 범위와 정의에 대한 형식화가 필요하다.

(1) 위상 관계 제약

위상 관계 제약은 공간 객체간의 관련성을 참(true) 또는 거짓(false)의 논리값으로 반환되는 위상 관계 연산의 결과값을 제약하는 부울 연산이다. 예를 들면, “개발 제한 구역안에는 상용 구조물이 존재할 수 없다”, “강위에 집이 있을 수 없다”, “시경계는 서로 겹치지 않는다” 등이다. 이러한 위상 관계는 공간 객체의 분석시에 데이터간의 관계를 추론하는데 사용되며 위상 관계에 관한 제약을 통하여 공간 데이터베이스의 무결성을 유지하며 응용 시스템의 의미적 지식을 표현하는데 필수적이다. 위상 관계 연산은 모두 부울 연산이며 도메인이 영역 타입인 공간 객체에 대해서는 영역간의 교차 관계의 조합으로 여덟 가지의 위상 관계를 사용한다. <표 2>는 유클리드 기하 평면(Euclidean-plan)상의 영역에 대해 위상 관계의 의미적(semantic) 특성을 나타내는 공리(axiom)들로 본 시스템에서 지원하는 위상 관계를 나타낸다.

<표 2> 영역간 위상 관계에 대한 공리  
<Table 2> Axioms of Areal Topologies

<p><b>INTERSECT(X,Y)</b> : 닫혀있는 영역 엔티티 X,Y에 대해 X,Y가 한점 이상의 공유점을 갖고 있다.</p> <p>1) <math>\forall x \text{ INTERSECT}(x,x)</math>                  2) <math>\forall x,y[\text{INTERSECT}(x,y) \rightarrow \text{INTERSECT}(y,x)]</math>                  3) <math>\text{DISJOINT}(x,y) \equiv \sim \text{INTERSECT}(x,y)</math>                  4) <math>\text{COVER}(x,y) \equiv \forall z[\text{INTERSECT}(z,x) \rightarrow \text{INTERSECT}(z,y)]</math>                  5) <math>\text{INSIDE}(x,y) \equiv \text{COVER}(x,y) \wedge \sim \text{COVER}(y,x)</math>                  6) <math>\text{EQUAL}(x,y) \equiv \text{COVER}(x,y) \wedge \text{COVER}(y,x)</math>                  7) <math>\text{OVERLAP}(x,y) \equiv \exists z[\text{COVER}(z,x) \wedge \text{COVER}(z,y)]</math>                  8) <math>\text{POVERLAP}(x,y) \equiv \text{OVERLAP}(x,y) \wedge \sim \text{COVER}(x,y) \wedge \sim \text{COVER}(y,x)</math>                  9) <math>\text{MEET}(x,y) \equiv \text{COVER}(x,y) \wedge \sim \text{OVERLAP}(x,y)</math></p>
---

(2) 기하 연산 제약

공간 객체간의 좌표값을 이용한 수학적 연산의 결과값이나 결과값의 범위를 제한한다. 예를들면, “서로 다른 주유소간의 거리는 6km 이상이어야 한다”, “유흥시설과 학교간의 거리는 10km 이상이어야 한다” 등이다. 이러한 제약 조건은 단일한 공간 객체나 두 객체간의 좌표값을 이용하여 공간 객체의 길이, 넓이 등을 계산하는 연산의 결과값을 제한함으로써 이루어진다. 단일 객체의 기하 연산 결과값을 제한하는 LENGTH, EXTENT 그리고 PERIMETER가 사용되며 두 객체간의 기하 연산 결과값을 제한하는 DISTANCE와 DIRECTION이 사용된다.

(3) 집단화 제약

추상화된 단일 릴레이션이 가지고 있는 지리 객체에 대해 기하 연산의 결과값을 집단화하여 이 값을 제약한다. 예를들면 “자연녹지의 면적의 합은 100km<sup>2</sup> 보다 커야한다” 등이다. 이러한 제약은 단일 릴레이션의 모든 공간 객체에 대한 기하 연산을 정적으로 수행하여 결과를 집단화 함수를 통하여 계산하며, 이 결과값을 제약한다. 집단화 제약은 G\_AVG, G\_MAX, G\_MIN, G\_SUM, G\_COUNT 등의 다섯 가지로 정의한다.

3.4 공간 제약 언어의 표현

공간 데이터베이스의 제약 조건은 기존 SQL에서 확장된 데이터 정의어(data definition language)와 SCL을 통해 표현된다. 속성 제약에 사용되는 데이터 정의어는 데이터가 가지는 도메인의 타입을 데이터베이스의 스키마 정의시 명시하며, 위상 제약에 사용되는 SCL은 사용자가 도메인의 범위나 데이터간의 위상 관계 등을 구문 형태로 정의하는 기능을 가지고 있다. 데이터베이스의 불가능한 상태를 표현하는 SCL은 데이터베이스 연산에 대해 제약 조건의 추론을 용이하게 하기 위해 일차 술어 논리(first order logic)을 사용하며, 릴레이션의 한정된 공간 객체의 집합을 추론의 도메인 영역으로 사용하므로 논리곱 정규 형태(conjunctive normal form)로 표현된다. 사용되는 모든 변수는 존재 한정변수(existential quantifier)의 범위를 가지고 있다. 그리고 공간 객체간 제약의 표현범위는 공간 데이터베이스 시스템에서 지원되는 공간 연산을 통한 관련성으로 한정된다. 표현된 제약 조건은 모두 메타-데이터베이스에 저장된다. 메타-데이터베이스는 데이터베이스

관리 시스템의 기능 수행을 위하여 필요한 정보를 수록하는 데이터 사전으로 기존의 사전 정보에 추가적으로 SCL로 정의된 무결성 질의 처리를 위한 정보를 포함한다. 다음은 제약 조건의 종류에 따라 SCL을 표현한 예이다.

(1) 위상 관계 제약

① 외부 릴레이션 제약

(inter-relation constraint)

- 강위에 집이 있을 수 없다.

$$\Rightarrow \neg \exists (x \in \text{River}, y \in \text{House}) \mid (\text{COVER}(x, y))$$

② 내부 릴레이션 제약

(inner-relation constraint)

- 시경계는 겹치지 않는다.

$$\Rightarrow \neg \exists (x \in \text{City\_boundary}) \mid (\text{OVERLAP}(x, x))$$

(2) 기하 연산 제약

① 외부 릴레이션 제약

- 학교와 도로의 거리는 100미터 이상이어야 한다.

$$\Rightarrow \neg \exists (x \in \text{School}, y \in \text{Road}) \mid (\text{DISTANCE}(x, y) < 100)$$

② 내부 릴레이션 제약

- 자연녹지의 면적은 300평 보다 커야한다.

$$\Rightarrow \neg \exists (x \in \text{Green\_area}) \mid (\text{EXTENT}(x) < 300)$$

(3) 집단체 제약

- 도시공원의 총면적은 3000평 이상이어야 한다.

$$\Rightarrow \neg \exists (x \in \text{Park}) \mid (G\_SUM(\text{EXTENT}(x)) < 3000)$$

(4) 속성 제약

- 상수도의 이력은 10년이 넘을 수 없다.

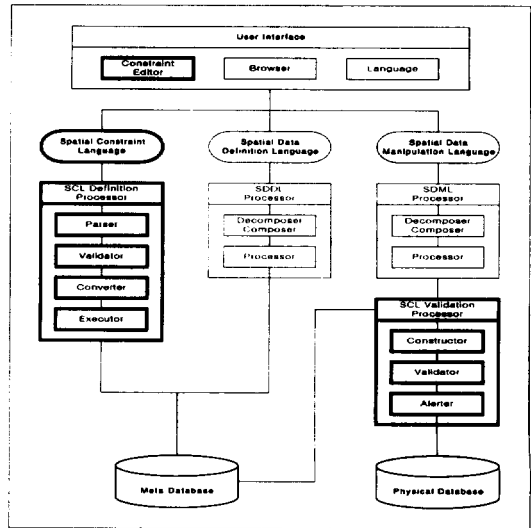
$$\Rightarrow \neg \exists (x \in \text{Run\_pipe}) \mid (x.\text{history} < 10)$$

4. 확장된 공간데이터 처리기의 설계 및 구현

4.1 시스템 구성

본 논문에서 제안한 확장된 공간 데이터 처리기의 전반적인 구조는 (그림 2)와 같다. 기본 시스템의 구조는 공간 데이터와 비공간 데이터를 서로 다른 모델을 사용하여 두 데이터를 구분하여 처리하는 이중 구조를 (Dual Architecture)를 사용하며 공간 데이터와 비공간 데이터를 하나의 공통 식별자를 이용하여 통합하여 구조화된 단일 트랜잭션으로 관리하는 시스템이다[3][13]. 제안 시스템은 통합된 질의 처리기에 SCL 처리기를 트리거의 형태로 추가하여 구현한다. SCL 처리기는 공간

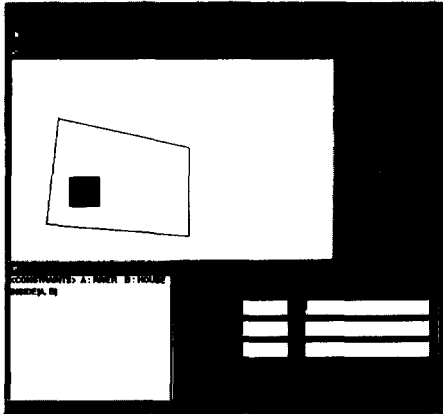
제약 정의어 처리기, 공간 제약 편집기 및 공간 제약 검증 처리기로 구성 된다. 공간 제약 정의어 처리기는 사용자가 정의하는 SCL 언어로 명세된 제약 조건을 분석하여 메타 데이터베이스에 저장한다. 공간 제약 편집기는 사용자가 SCL 언어를 그래픽 사용자 인터페이스를 통해 대화적으로 기술할 수 있게 해준다. 공간 제약 검증 처리기는 질의 처리시 SCL을 검색하여 사용자의 질의 정당한지 검증해 준다.



(그림 2) 확장된 공간데이터 처리기의 구조 (Fig. 2) Architecture of extended spatial query processor

4.2 공간 제약 편집기

공간 제약 편집기는 사용자와 대화방식으로 제약을 기술할 수 있게 해주는 모듈이다. 사용자는 지리 정보 시스템의 공간 벡터 데이터 입력기와 동일한 방식으로 공간 객체, 공간 식별자, 그리고 공간 객체간의 관련성을 입력할 수 있으며 기술된 제약 언어를 분석하여 사용자에게 변형된 논리 구문으로 표시해줌으로 나타내고 있다. 입력방식은 사용자가 그림의 형태로 구문을 표현하는 방법으로 화면상에 공간 객체를 입력하여 주고 객체 간의 제약 관계를 아이콘 형식으로 정의해줌으로써 제약 조건을 기술하는 방법이다. 이는 사용자가 공간 제약 언어에 대한 학습이 없이 기존의 지리 정보 시스템의 다른 입력 시스템의 사용 방법과 동일하게 함으로써 사용자의 부담을 덜어 줄 수 있고 공간 객체간의 관계를 효율적으로 표현할 수 있다.



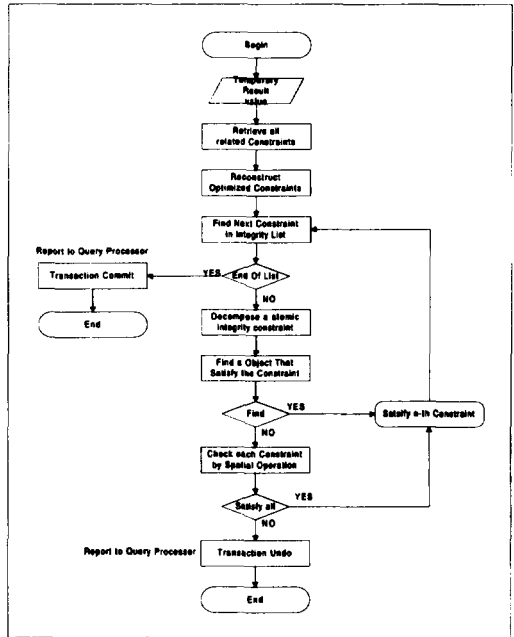
(그림 3) 공간 제약 편집기의 실행 예  
(Fig. 3) Example of Spatial Constraint Editor

4.3 공간 제약 정의어 처리기

공간 제약 저장기는 사용자가 정의한 공간 제약을 구문 검사와 정당성 검사의 분석 과정을 거쳐 내부적 표현 방법으로 변환하여 주는 역할을 한다. 분석 과정은 사용자가 화면상에 작성한 도형 정보와 위상 관계 정보를 분석한다. 위상 관계 정보는 명시적 위상 관계 정보와 묵시적 위상 관계 정보로 구분되며 명시적 위상 관계 정보는 사용자가 공간 객체의 관련성을 명시적으로 아이콘을 이용하여 정의하며 묵시적 위상 관계 정보는 지리 객체의 위상 관계 자체만으로 자동적으로 정의한다. 명시적 위상 관계 정보는 해당하는 임시 정보 테이블에 저장하고 묵시적 위상 관계 정보는 지리 객체들간의 위상 관계를 관계 연산을 통하여 정보를 분석하는 과정을 거쳐 해당하는 임시 정보 테이블에 저장한다. 도형 정보와 각각의 임시 정보 테이블은 정당성 검사 과정을 거쳐 논리합으로 이루어진 논리곱의 축약된 형태로 저장한다. SCL은 공간 데이터베이스의 상태를 대수적인 명제 논리로 표현할 수 있다. 표현식에 의해 얻어지는 구문은 데이터베이스에서 허용할 수 없는 상태로 표현하며, 일차 술어 논리에서  $\neg\exists$  (There not exist)와 범위 정량자(bound quantifier)를 제거한 형태와 동치이다. 예를 들어 "강위에 집이 있을 수 없고 집의 크기는 20m'보다 작거나 같다."라는 제약을 술어 논리로 기술해 보면  $\neg\exists (x \in Rivers, y \in House) | (COVER(x,y) \wedge (EXTENT(y) > 20))$ 이며 이는 "COVER(River,House) AND  $> (EXTENT(House), 20)$ "와 같이 술어 논리의 부정 형태로 데이터베이스에 저장된다.

4.4 공간 제약 검증 처리기

공간 제약 검증 처리기는 기존의 공간 질의 처리 과정에 추가되는 부분으로 사용자의 갱신 질의가 정당한지를 공간 제약 조건을 통해 분석하는 기능을 가지고 있다. 갱신 질의로부터 발생한 변경된 데이터베이스의 인스턴스를 입력으로 사용하며 제약 재구성기(constructor), 제약 검증기(validator), 보고기(alerter) 단계를 통해 사용자의 질의를 검증한다. 제약 재구성 단계는 변경된 공간 객체와 관련된 제약 사항을 검색하여 해당 SCL의 논리 연산 부분(and)을 단일 조건절의 형태로 분해한다. 분해된 각 조건절은 술어 트리(predicate tree)로 구성되며, 조건절을 비교하여 내부 노드(internal node)는 논리 연산자인 and-노드로 구성하고, 외부 노드(external)는 참조하는 릴레이션에 따라 속성 노드와 위상 노드로 구분하여 구성된다. 구성된 전략 트리(strategy tree)는 제약 검증기로 보내진다. 제약 검증기는 전략 트리에 대해 반복적으로 공간 연산의 결과를 검사하는 단계로 검색 시간을 줄여 주는 공간 색인 기법, 제한된 조인 테이블을 사용하는 부분 조인 기법 및 기하 연산 제약 조건 검증시 테이블의 일부 검색만으로 진의를 구분하는 부분 검색 기법을



(그림 4) 공간 제약 검증 처리기의 처리 과정  
(Fig. 4) Functional description of SCL validation processor

통해 제약 질의 시간을 최적화 한다. 보고기는 제약 검증기에서 반환된 결과에 따라 역연산과 질의종료 여부를 사용자에게 보고하는 기능을 가지고 있다. 공간 제약 검증 처리기의 처리 과정은 다음과 같다.

### 5. 결 론

본 논문에서는 공간 데이터베이스 시스템의 무결성 기능을 지원하기 위해 제약 조건의 종류와 표현 방법을 제안하며 표현된 제약 조건을 효율적으로 기술, 저장, 관리할 수 있는 SCL처리기를 구현하였다.

공간 데이터베이스 시스템의 공간 데이터와 위상 데이터는 여러 응용분야에서 매우 다양하게 정의되고, 사용자의 조작에 대해 화면상의 제약을 받으며, 그 수도 매우 많아 복잡한 지리 객체에 대한 일관성을 사용자 단계에서 유지하기가 매우 어렵다. 따라서 공간 데이터베이스 시스템을 구현할 경우 공간 객체의 무결성 유지 기능을 고려해야 한다.

본 시스템은 공간 객체의 속성에 무결성 규칙을 추가하며 질의 처리시 무결성 규칙에 대한 공간 데이터와 비공간 데이터를 연계 처리하여 데이터베이스의 무결성을 유지한다. 또한 공간 객체간의 복잡하고 다양한 공간 위상 관계를 정의하여 다양한 제약 조건의 표현이 가능하며 제약 조건의 표현 방법에 있어 구문 형식이 아닌 아이콘과 그림을 사용하므로 공간 위상 관계에 관한 자연스러운 제약이 가능하게 하였으며 공간 객체의 입력시 사용자로 하여금 지리 객체의 무결성 보장에 대한 부담을 덜어준다.

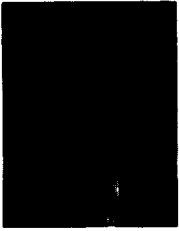
향후 연구 관제는 공간 객체에 대하여 다양한 의미를 내포할 수 있도록 공간 위상 관계에 대한 제약 표현을 SDTS(Spatial Data Transfer Standard)의 완전 위상 단계로 확장해야 하며, 질의 성능 개선을 위한 최적화에 대한 연구가 이루어져야 한다.

### 참 고 문 헌

[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] J. F. Savage, "What is a data model, any-way?," URISA Proceedings, pp.434-444, 1995.  
 [3] B. C. Ooi, R. Sacks-Davis and K. J. McDonnell,

"Extending A DBMS for Geographic Applications," Proc. 5th int. Conf. Data Engineering, pp. 590-597, 1989.  
 [4] S. Tanaka and H. Ikeda, "An Integrated Data Model for Statistical and Geographical Data Management," Proc. of World Conf. on Info. Processing and Comm., pp.453-465, 1989.  
 [5] A. Motro, "Using Integrity Constraints to Provide Intensional Answer to Relational Queries," Proc. 15th VLDB Conf., pp.237-246, 1989.  
 [6] A. Pizano, "Specification of Spatial Integrity Constraints in Pictorial Database," Computer, IEEE, pp.59-71, 1989.  
 [7] R. H. Güting, "An Introduction to Spatial Database Systems," The VLDB Journal Vol.3, No.3, pp.357-399, 1994  
 [8] R. H. Güting and M. Schneider, "A Foundation for Data Types in Database Systems," Lecture notes in Computer Science 692, pp.14-35, 1993.  
 [9] G. Grardarin and P. Valduriez, "Relational Database and Knowledge Bases," Addison-Wesley Publishing Company, pp.379-412, 1989.  
 [10] S. Winter, "Topological Relations between Discrete Regions," Proc. 4th Symp. on Spatial Databases SSD'95, pp.310-327, 1995.  
 [11] E. Clementini, P. D. Felice and P. V. Oosterom, "A Small Set of Formal Topological Relationships Suitable for End-User Interaction," Proc. 3rd Symp. on Spatial Databases SSD'93, pp.277-295, 1993.  
 [12] M. J. Egenhofer, "Reasoning About Binary Topological Relations," Advances in Spatial Database SSD'91, LNCS, Vol.525, Springer Verlag, pp.143-161, 1991.  
 [13] P. J. M. Oosterom, "Reactive Data Structures for Geographic Information Systems," Oxford University Press, 1993.





### 이 영 길

1993년 인하대학교 전자계산공학과  
(공학사)

1995년 인하대학교 대학원 전자계  
산공학과(공학석사)

1997년~현재 인하대학교 전자계  
산공학과 박사과정

관심분야 : 데이터베이스, 멀티미디어 시스템, 지리 정  
보 시스템



### 배 해 영

1974년 인하대학교 응용물리학과  
(공학사)

1978년 연세대학교 대학원 전자계  
산학과(공학석사)

1989년 숭실대학교 대학원 전자계  
산학과(공학박사)

1985년 Univ. of Houston 객원교수

1992년~1994년 인하대학교 전자계산소 소장

1982년~현재 인하대학교 전자계산공학과 교수

관심분야 : 데이터베이스, 멀티미디어 시스템, 지리 정  
보 시스템, 실시간시스템