

특 집

시공간 GIS 및 시공간 데이터베이스 기술

류근호, 김상호, 안윤애

충북대학교 전기전자및컴퓨터 공학부

I. 서론

시공간 지리정보시스템은 공간 객체의 공간 정보 및 공간 객체에 포함된 비공간 데이터를 표현할 수 있어야 하고, 공간에 따른 자료 검색 및 갱신과 시간에 따른 위치변화와 공간 객체 상호간의 위상관계 변화에 대한 이력을 표현할 수 있어야 한다. 이러한 기능을 수행하기 위해 시공간 지리정보시스템은 시공간 데이터베이스 기술을 바탕으로 설계와 구현이 되고 있다.

시공간 데이터베이스에 관련되어 지난 30년간 시간 데이터베이스 및 공간 데이터베이스 연구가 활발하게 수행되었다. 그러나, 실세계의 객체들은 실제로 공간적인 정보 뿐만 아니라 시간적 정보와도 연관을 갖는다. 이러한 객체들은 공간상에서의 위치 또는 영역에 관한 정보 뿐만 아니라 이러한 공간 정보들이 시간에 따라 변하게 된다. 그럼에도 불구하고 과거의 연구는 공간 데이터베이스와 시간 데이터베이스의 두 분야로 서로 독립적으로 연구되어 왔다. 시간 데이터베이스에서는 실세계의 과거 상태 그리고 데이터베이스의 과거 상태라는 두 가지 관점에서 데이터베이스의 정보를 확장하려고 하였고 공간 데이터베이스에서는 일반적으로 공간객체를 point, line, region의 추상화를 통한 데이터베이스의 공간 확장을 하였다. 그러나, 최근의 많은 응용분야는 시간에 따라 변하는 공간객체 즉, 시간과 공간을 통합한 시공간 객체를 다룰 수 있는 데이터베이스를 요구하게 되었다. 일반적 의미에서 이러한 시공간 객체를 이동 객체(moving object)라고 하며 시

공간 데이터베이스(spatiotemporal database)란 이동 객체를 다루는 데이터베이스라고 한다^[1].

여기서, 시공간 객체는 두 가지 형태로 나누어질 수 있다. 첫번째 경우, 불연속적인 이동 객체의 예를 들자면 토지와 같은 것으로 객체의 움직임 즉 위치 또는 영역의 변화를 데이터베이스에서 유지하고 다룰 수 있다. 다소 빈번한 데이터베이스 갱신(update)을 통하여 이루어질 수 있고, 그리고 불연속적으로 변하는 공간 속성(위치 또는 영역)을 스냅 샷을 유지하고 질의하여야 한다. 두 번째 경우, 연속적 이동 객체(continuously moving objects)는 불연속적으로 움직이는 객체에 비하여 데이터베이스에서 다루는 것이 어렵다. 첫번째 경우처럼 데이터베이스의 갱신을 통하여 연속적 객체를 다루는 것은 불가능하다. 그러므로 연속적으로 움직이는 객체를 위해서는 데이터베이스에 저장하고, 질의하기 위한 많은 작업이 요구된다^[2].

따라서 이 원고에서는 서로 다르게 연구되어 온 시간에 따라 불연속 또는 연속적으로 움직이는 공간 객체를 효율적으로 표현하기 위한 시공간 데이터베이스와 시공간 지리정보시스템 기술에 대하여 설명하고, 응용 시스템의 사례를 통해서 시공간 지리정보시스템의 현재 응용 사례를 살펴본다.

이러한 시공간 데이터베이스와 시공간 지리정보시스템의 응용 분야는 불연속적으로 변하는 객체에 대한 이력 정보를 유지하는 도시 계획 시스템, 토지대장 관리 시스템과 화재 관리시스템 등이 있고, 연속적인 이동 객체에 대한 시공간 연산을 지원하는 자동 주행 시스템과 이동 객체 관리

시스템 등이 있다^[3].

시공간 데이터베이스 기술을 설명하기 위해 제 II장에서는 시공간 데이터 모델에 대하여 기술한다. 제 III장에서는 시공간 데이터의 질의 처리에 대해 살펴보고, 제 IV장에서는 시공간 데이터베이스의 연산자에 대해 살펴본다. 제 V장에서는 시공간 지리정보시스템의 개발 사례에 대해 기술하고, 마지막으로 결론을 맺는다.

II. 시공간 모델

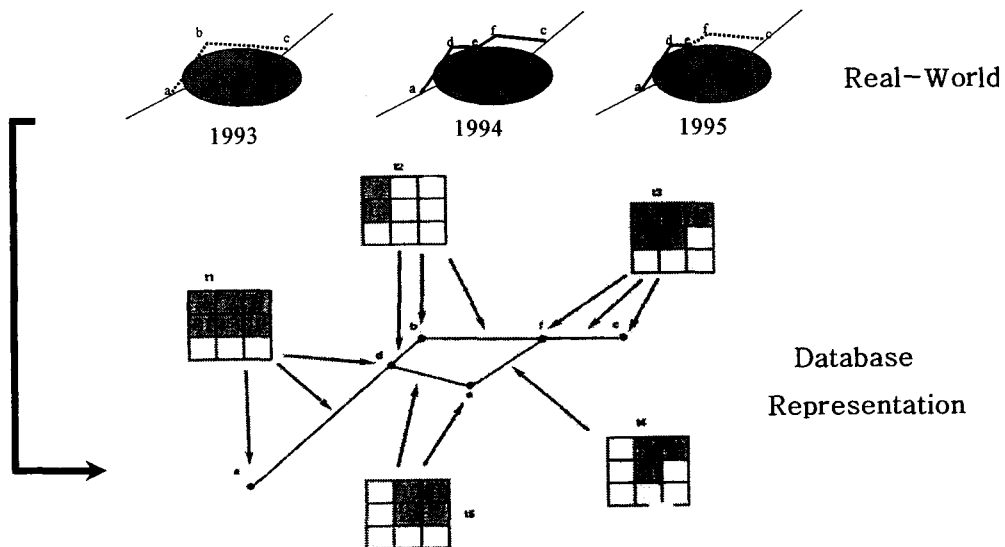
지금까지 GIS측면에서 연구되어 온 시공간 연구들, 즉 객체지향, 시공간 모델, 시간 분할 스넵 모델, 공간-시간 복합 모델과 3-영역 데이터 모델과 그 외에 모델에 대하여 비교하여 본다.

1. 시공간 데이터베이스 접근 방법

Worboy는 처음으로 객체 지향 개념을 시공간 모델링에 도입하였다^[4]. 그리고 공간 데이터 모델을 시공간 데이터모델로 일반화 시키는 방법을 이용하였다. Worboy논문은 이러한 접근 방

법을 표현하고 있다. 여기서, 공간 객체들은 두 종류의 시간적 측면과 관련이 있고 질의를 위한 연산들의 집합이 제공된다. 그는 [4]에서 시공간 객체(ST-object)의 개념을 소개하였다. 여기서 시공간 객체는 공간과 이원시간 영역을 모두를 가지고 있는 유일한 객체로서 정의한다. 이밖에 Simplex라고 불리는 공간 객체인 point, finite straight line segment 또는 triangular area가 있고 이 Simplex가 순서화 된 쌍인 Bitemporal element와 함께 ST-simplex를 이룬다. 그리고 ST-simplex들의 유한 집합을 ST-complex라고 하며 ST-complex상에서 질의 대수(Algebra)가 개발되고, 게다가 union, intersection, difference, equality, subset, boundary, spatial projection 그리고 temporal projection 들도 이 ST-complex상에서 제공된다. 그러나 이 모델은 다양한 표현력을 가진 타입 시스템을 제공하지 않는다, 즉 기본적으로 제한된 연산 집합을 가진 ST-complex라는 단일 타입을 제공한다.

시공간 데이터의 이러한 표현에서 고려해야 할 것은 무엇을 타입 스템프 할 것인가 또는 어떤 레벨이 시간 참조와 연관이 있는가라는 문제가



<그림 1> 우회도로 건설에 대한 ST-complex 모델

다. 지금까지의 병합방법은 시간과 공간에 대한 병합을 가장 기본적인 수준인 공간 객체 수준 즉, point, string, polygon에 타임 스탬핑하는 것으로 비록 비싼 비용의 저장구조를 요구하지만 객체에 대한 시간적 측면의 표현력은 풍부하게 하는 방법을 사용한다. 이 방법을 사용하면 공간 객체에 대한 더 많은 시간 질의처리에 대한 정보를 가지고 있게 된다.

〈그림 1〉은 한 도시의 우회도로 건설에 대한 예제를 ST-complex 모델방법을 사용하여 나타낸 것이다. 이원 시간을 표현하여 실제 유효시간과 거래시간을 다루는 방법은 기존의 시간을 단순한 속성정보로 표현 할 경우에는 처리할 수가 없다. 이러한 이유로 시공간 데이터베이스의 사용이 필요하며, 특히 시간 흐름에 따른 공간 객체 정보를 정확하게 표현하기 위해 반드시 필요하다. 이러한 정보들이 시공간 GIS에서 사용된다.

2. 시간 분할 스냅 모델

시간에 따른 토지의 변화를 나타내는 시간 분할 스냅 모델(The Snapshot Model)^[5]에서는 객체들에 대한 공간 정보들에 발생한 변화를 레이어 혹은 시트와 같은 일정한 공간 단위로 시간의 흐름에 따라 발생하는 변화에 대하여 스냅 단위로 관리한다. 하지만 개별적인 스냅(snapshot)은 해당 시점의 정보만을 가지며 이전 스냅과의 변경은 직접적으로 표현하지 못하기 때문에 스냅 간 변화는 두 스냅을 모두 비교하여야만 하는 문제점을 가진다. 이외에도 사건이 발생할 때마다 스냅 전체를 저장하기 때문에 심각한 중복저장의 문제점도 내포하고 있다. 이러한 문제에 대하여 기본 상태와 개정 모델은 기본적인 공간 단위로 변화가 발생한 경우 해당 변경 사항만을 새로운 레이어 혹은 시트에 반영함으로써 시간 분할 스냅 모델의 문제점을 다소 감소시켰지만, 완전한 스냅정보는 항상 기본 스냅으로부터 현재 스냅까지의 차분 정보를 계산하여야 한다^[6].

3. 공간-시간 모델

공간-시간 복합 모델(The Space-Time Com-

posite Data Model)^[6]은 하나의 스냅 상에 모든 공간 객체의 변화에 대한 이력 정보를 반영하고 해당 변화들을 별도로 관리하여 이를 해석하는 기법을 사용한다. 따라서 시간 분할 스냅 모델과 기본 상태와 개정 모델에서 가진 현재 스냅에 대한 정보 관리와 저장 공간 관점에서 상당한 이점을 갖지만, 객체의 공간 정보에 대한 비공간 정보를 중심으로 이력 관리가 이루어지므로 공간 정보 자체에 대한 이력 관리가 어렵다.

4. 삼-영역 모델

이 모델은 시공간 데이터를 표현하는데 있어서 비공간 속성인 semantics, 공간 속성인 space 그리고 시간 속성인 time을 서로 분리하여 표현하고 지리학적 처리 또는 현상을 묘사하기 위하여 이들 사이에 연결(link)을 제공한다. 객체의 변화나 움직임 중 하나를 처리해왔던 이전의 방법에 비해 이 모델은 두 가지 모두를 처리할 수 있기 때문에 이 모델의 한 장점이 된다.

[6]에서는 이 3-영역모델(three-domain model)의 한 변형인 호환 가능한(Alternative) 3-영역모델을 제시하고 있는데 여기서는 기존 모델의 사용을 가능하게 그리고 현재 GIS에서 사용되는 공간데이터 구조와의 호환성을 보장해주는 themes, time 그리고 space의 세가지 영역으로 분리하였다. 그리고 시간 영역에서 현재 버전과 과거 버전을 나누어 관리하였고 각각의 버전들과 다른 도메인들과의 연결을 지원해 주고 있다.

5. 기타 모델들

스냅 샷 데이터 모델^[7]은 간단한 시공간 데이터 모델 중의 하나로 시간 정보는 타임 스탬프, 레이어들에 의해 스냅 샷 공간 데이터 모델로 합병되어진다. Peuquet의 Tempest 모델^[8]은 비공간 객체에 대해서는 객체지향 모델을 적용하고, 공간 객체에 대해서는 위치 기반 모델을 적용한 것으로서 시공간 객체의 시간에 따른 변경 이력의 기록을 연결리스트로 구성하였다. Kim은 공간 객체의 이원 시간을 지원하는 시공간 데이터모델^[9]을 제시하였다.

III. 시공간 질의

이 장에서는 시공간 질의에 대해서 논의한다. 시공간 질의어로는 시공간 자료 정의 언어와 시공간 자료 조작 언어로 구분될 수 있다. 시공간 자료 조작 언어에는 시공간 검색문, 시공간 삽입문, 시공간 삭제문, 시공간 변경문이 있다^[10].

1. 시공간 자료 정의 언어

시공간 자료 정의 언어에는 시공간 테이블, 색인 및 뷰 정의문과 변경문 등이 있다. 이들 문장은 기존의 일반 속성뿐만 아니라 시간 속성 및 공간 속성을 구성요소로 표현된다. 시공간 테이블 정의문은 POINT, LINE, POLYGON 등의 공간 속성 타입이 추가되었으며, 시공간 테이블 정의문의 문법은 아래와 같다.

```
CREATE TABLE table_name (
  attribute_name TYPE[, attribute_name TYPE] *
) [AS {VALID {STATE | EVENT}}] [AND] [TRANSACTION]
```

공간 속성은 하나 이상의 원자 값으로 구성됨을 가정한다. 즉, POINT 속성은 하나의 공간 좌표 쌍을 가지며, LINE 속성은 두 개의 공간 좌표 쌍으로 구성되며, POLYGON 속성은 두 개 이상의 공간 좌표 쌍으로 구성된다. 그리고 테이블에 대하여 튜플 단위 유효시간 속성과 거래 시간 속성을 선택적으로 지원함으로써 유효시간 테이블, 거래시간 테이블 및 이원시간 테이블 구조를 지원한다. 이때 유효시간의 경우는 시점(event)과 간격(state)의 유효시간 구조를 지정할 수 있다.

2. 시공간 자료 조작 언어

시공간 자료 조작 언어에는 객체에 대한 삽입, 삭제, 변경 및 검색문 등이 있다. 이들 문장들은 시간지원 연산자와 공간 연산자를 조건절(predicate clause)과 목적절(target clause)에서 포함하며, 이를 통해 객체에 대한 공간관리와 이력 정보를 제공한다.

1) 시공간 검색문

일반적으로 데이터베이스에서 검색문은 다른 문장의 구조의 기반이 되는 가장 기본적인 문장이다. 시공간 검색문(spatiotemporal select statement)은 데이터베이스에 저장된 객체에 대하여 공간 조건과 시간조건을 동시에 지정함으로써 과거로부터 현재에 이르는 객체에 대한 공간정보를 사용자에게 제공한다. 시공간 검색문의 문법은 아래와 같다.

```
SELECT target_list
FROM table_name [AS aliasname] [VALID temporal constructor]
[WHERE georelational predicates] [WHEN temporal predicates]
```

검색문의 목적절에는 일반 속성뿐만 아니라 시간 속성 값 자체를 출력하는 구문이 사용될 수 있다. 또한 FROM절에서는 지정된 테이블에 대한 별명을 사용함으로써 2개 이상의 테이블로 구성된 복잡한 질의 구조를 보다 간단하게 표현해 준다. WHERE절에는 일반 속성과 시간 속성 그리고 공간 속성을 대상으로 하는 각각의 연산자로 구성되어 검색될 객체에 대한 조건을 기술하며, WHEN절은 검색될 객체에 대한 시간조건을 의미하는 시간지원 조건자(temporal predicate)를 기술하고, VALID절에서는 검색된 객체에 대하여 적용할 시간값을 의미하는 시간지원 구성자(temporal constructor)를 기술한다.

2) 시공간 삽입문

기존의 데이터베이스 질의어와 달리 공간 속성에 대한 이력 정보를 삽입하는 구문은 매우 복잡한 구조를 갖는다. 특히 공간 속성에 대한 값을 입력하기 위해서는 시공간 삽입문(spatiotemporal insert statement)을 사용한다. 아래에서는 시공간 삽입문의 문법을 보여준다. 시공간 삽입문에서는 해당 속성의 타입과 일련의 순서쌍으로 구성된 실제 값을 표현하기 위한 방안을 제공해야 하는데, VALUE절과 VALID절은 각각 해당 객체의 자료에 대한 공간 속성값과 유효시간을 표현하기 위하여 사용된다.

```
INSERT INTO table_name [(attribute_name[, attribute_name] *)
VALUES ( value_list)
VALID temporal constructor
```

2) 시공간 삭제문

시공간 데이터베이스에 저장된 객체에 대하여 삭제되는 정보는 객체 전체, 또는 객체의 일부 시간 값이 있다. 일반적으로 하나의 시공간 객체에 대하여 삭제문이 수행된 경우 하나 이상의 새로운 객체가 생성되는 특징을 갖는데, 이것은 시간 지원 연산의 내부적인 특성인 물리적인 삭제 연산의 논리적인 삽입연산의 대체로부터 기인한다.

```
DELETE
VALID temporal constructor
FROM table name
WHERE georelational predicates WHEN temporal predicates
```

위에서는 시공간 삭제문(spatiotemporal delete statement)의 문법을 보여준다. VALID절은 삭제될 시공간 객체의 유효시간을 표현하며, 시간지원 연산의 특성상 거래시간은 연산대상에서 제외된다. 그리고 WHERE절에는 삭제될 객체에 대한 일반 속성 조건, 공간 속성 조건 및 시간 속성을 기술한다.

4) 시공간 변경문

시공간 변경문(spatiotemporal update statement)에서 객체에 대하여 변경 가능한 속성은 일반 속성, 공간 속성 및 시간 속성이 된다. 또한 시공간 삭제문과 유사하게 시공간 변경문은 객체의 삭제와 하나 이상의 새로운 객체의 삽입 연산으로 대체된다. 아래에서는 시공간 변경문의 문법을 보여준다.

```
UPDATE table name
SET attribute name TO value [, attribute name TO value] *
VALID temporal constructor
WHERE georelational predicates WHEN temporal predicates
```

시공간 변경문에서 SET절은 변경될 새로운 속성 값들이 기술되는데 일반 속성과 공간 속성 값을 포함한다. 아울러 VALID절에는 변경될 객체의 유효시간 조건을 기술하며, WHERE절에는 변경될 객체의 일반 속성과 공간 속성 및 시간 속성이 기술된다.

IV. 시공간 연산자

시공간 연산자에는 시공간 위상 관계 연산자와 시공간 기하 연산자로 분류된다. 시공간 위상 관계 연산자에는 공간 위상 연산자와 시간 관계 연산자로 구성되며, 시공간 기하 연산은 공간 기하 연산자와 시간 구성 연산자로 구성된다.

공간 위상 연산자는 두 객체간 공간 영역상의 관계에 대하여 참/거짓을 반환 하는데, 대표적으로 intersect연산자는 선 객체와 선 객체 또는 영역 객체간 교차 여부를 반환한다. 그리고 시간 관계 연산자는 두 객체의 유효시간 정보를 기반으로 선후 관계를 평가하여 참/거짓을 반환하는데, 대표적으로 precede 연산은 주어진 객체의 유효종료 시간 값이 다른 객체의 유효 시작 시간 값보다 작은 경우 참 값을 반환한다.

공간 기하 연산자는 주어진 객체에 대한 확장/축소, 두 객체간 유클리드 거리, 선 객체의 길이 등을 계산하여 반환하는데, 대표적으로 distance 연산은 두 영역 객체 또는 선 객체간 유클리드 거리 값을 반환한다. 또한 시간 구성 연산자는 주어진 객체의 유효 시간 값에 대하여 지정된 시간 혹은 다른 객체의 유효 시간 값과 계산을 통해 객체의 유효 시간 값을 변경하는 기능을 갖는다. 대표적인 연산으로서 extend연산은 주어진 객체의 유효 시간 값과 지정된 유효 시간 값 또는 다른 객체의 유효 시간 값과 시간 합을 객체의 유효 시간 값으로 변경한다.

<표 1>에서 보여진 바와 같이 시공간 연산에는 시공간 관계형 연산, 시공간 위상 관계 연산, 그리고 시공간 기하 연산으로 구분할 수 있다.

〈표 1〉 시공간 연산의 분류

	시공간 위상 관계 연산	시공간 기하 연산
시간연산	precede, overlap, equal	overlap, extend
공간연산	contains, equal], overlap, touch, left, right, up, down	direction, distance, length, center, expand

1. 시공간 관계형 연산

시공간 관계형 연산은 데이터베이스에 저장된 시공간 객체를 선정(selection)하거나 객체로부터 임의의 속성을 추출(projection)하거나 객체간 결합(union), 차(intersection), 차분(difference), 카테시안 곱(cartesian product), 조인(join), 제산(division) 연산을 수행한다. [10]에서는 다음과 같이 시공간 선정 연산과 시공간 추출 연산에 대하여 정형의미로 표현하였다.

시공간 선정 연산은 주어진 테이블(R)로부터 시공간 조건을 만족하는 튜플(r) 집합을 반환하는데, 튜플들의 i번째 속성과 j번째 속성, 그리고 k번째 속성은 각각 일반조건(P), 공간조건(S), 그리고 시간조건(T)을 만족함을 의미한다.

$$\begin{aligned} \sigma_{(P,S,T)}^{ST}(R) &= \{u^m \mid \exists i, j, k \wedge 0 \leq i, j, k \\ &\leq \infty \wedge r \in R \wedge u[i] \\ &= P \wedge u[j] = S \wedge u[k] \\ &= T\} \end{aligned} \quad (1)$$

2. 시공간 위상 관계 연산

시공간 위상 관계 연산은 주어진 객체들에 대하여 시간 영역과 공간 영역상의 관계에 대하여 참/거짓을 반환한다. 시간 영역상의 객체간 관계는 객체가 가진 유효 시간 값을 기준으로 평가되며, 공간 영역상의 객체간 관계는 객체의 공간 좌표 값에 의해 결정된다. 대표적인 시공간 위상 관계 연산 중에 시간 관계 연산에는 precede, overlap, equal 등이 있으며, 이 중에서 overlap과 equal을 (2), (3)과 같이 표현하였다.

$$\begin{aligned} \text{overlap}^{\text{temporal}}(O_i, O_j) &= \text{True} : & (2) \\ & (\text{before}(O_i \cdot V_{\text{from}}, O_j \cdot V_{\text{to}}) \wedge \\ & \text{before}(O_j \cdot V_{\text{from}}, O_i \cdot V_{\text{to}})) \wedge \\ & (\text{before}(O_j \cdot V_{\text{from}}, O_i \cdot V_{\text{to}}) \wedge \\ & \text{before}(O_i \cdot V_{\text{from}}, O_j \cdot V_{\text{to}})) \\ & \text{False} : \text{otherwise} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{equal}^{\text{temporal}}(O_i, O_j) &= \text{True} : & (3) \\ & (\text{before}(O_i \cdot V_{\text{from}}, O_j \cdot V_{\text{from}}) \wedge \\ & \text{before}(O_j \cdot V_{\text{from}}, O_i \cdot V_{\text{from}})) \wedge \\ & (\text{before}(O_j \cdot V_{\text{to}}, O_i \cdot V_{\text{to}}) \wedge \\ & \text{before}(O_i \cdot V_{\text{to}}, O_j \cdot V_{\text{to}})) \\ & \text{False} : \text{otherwise} \end{aligned}$$

3. 시공간 기하 연산

시공간 기하 연산은 주어진 객체 또는 객체들로부터 시간 영역과 공간 영역을 기반으로 기하학 수치 값을 반환하거나 객체 자체의 시공간 정보를 변경하는 기능을 갖는다. 다음과 같이 대표적인 시간 기하 연산인 *overlap*과 *extend*를 (4), (5)로 표현하였다.

$$\begin{aligned} \text{overlap}^{\text{TEMPORAL}}(O_b, O_j) & & (4) \\ & = \{O_k \mid O_k \cdot v_{\text{from}} = (\text{last}^{\text{TEMPORAL}} \\ & (O_b, O_j)) \cdot v_{\text{from}}, O_k \cdot v_{\text{to}} \\ & = (\text{first}^{\text{TEMPORAL}}(O_b, O_j)) \cdot t_o\} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{extend}^{\text{TEMPORAL}}(O_b, O_j) & & (5) \\ & = \{O_k \mid O_k \cdot t_{\text{from}} = (\text{first}^{\text{TEMPORAL}} \\ & (O_b, O_j)) \cdot t_{\text{from}}, O_k \cdot t_o \\ & = (\text{last}^{\text{TEMPORAL}}(O_b, O_j)) \cdot t_o\} \end{aligned}$$

V. 응용 시스템 개발 사례

이 장에서는 시공간 지리정보 시스템의 응용 시스템의 개발 사례에 대하여 살펴본다. 먼저 불연속적인 지리객체에 대한 이력 지원을 수행할 수 있는 4D GIS 데이터제공자와 API 시스템^[11,12]에 대하여 살펴본다. 4D 데이터제공자는 시공간 객체를 개방형 지리정보시스템 환경에서 상부 시스템에 제한 받지 않고 데이터를 제공해줄 수 있는 인터페이스이다. 또한 이렇게 제공되는 데이터를 이용해서, 시간 질의와 시공간 질의를 수행할 수 있는 API를 구현하였다. 또한 연속적으로 이동하는 공간객체에 대한 질의를 처리하기 위한 이동객체 관리 시스템^[13]을 구현하였다.

1. 4D GIS 데이터 제공자

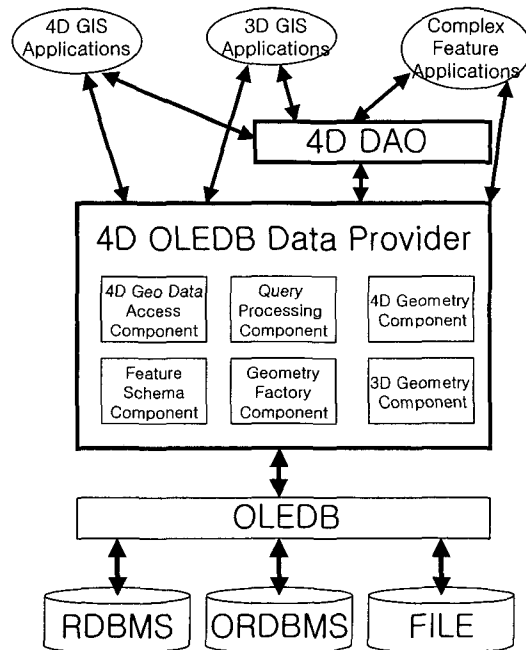
4D 데이터제공자는 3차원 공간 객체를 유효시간을 포함하여 데이터를 제공해줄 수 있는 컴포넌트를 의미한다. 사용자가 API를 통해 시공간 질의를 입력하면 이 질의를 시공간 인덱서를 이용하여 질의 처리를 수행하고, 그 결과를 사용자에게 보여준다.

1) 4D GIS 데이터 제공자 개요

4D GIS 데이터 제공자는 <그림 2>와 같이 4D Geo Data Access 컴포넌트, Query Processing 컴포넌트, Feature Schema 컴포넌트, Geometry Factory 컴포넌트, 3D Geometry 컴포넌트, 4D Geometry 컴포넌트 등으로 구성된다. 데이터 제공자의 응용 인터페이스는 OLE DB 인터페이스 표준에 준수하며, 또한 OGIS 스펙의 공간 접근 스키마 및 Geometry 컴포넌트 형태의 3D, 4D Geometry 컴포넌트를 구현하고 있다.

2) 시공간 질의 처리

위와 같이 구성된 데이터에서 제공되는 정보를 이용, 시간, 공간, 시공간 질의를 지원할 수 있는 시스템을 구현하였다. 이때 사용된 공간 데이터 셋은 서울 특별시 중구 지역의 건물로 commercial

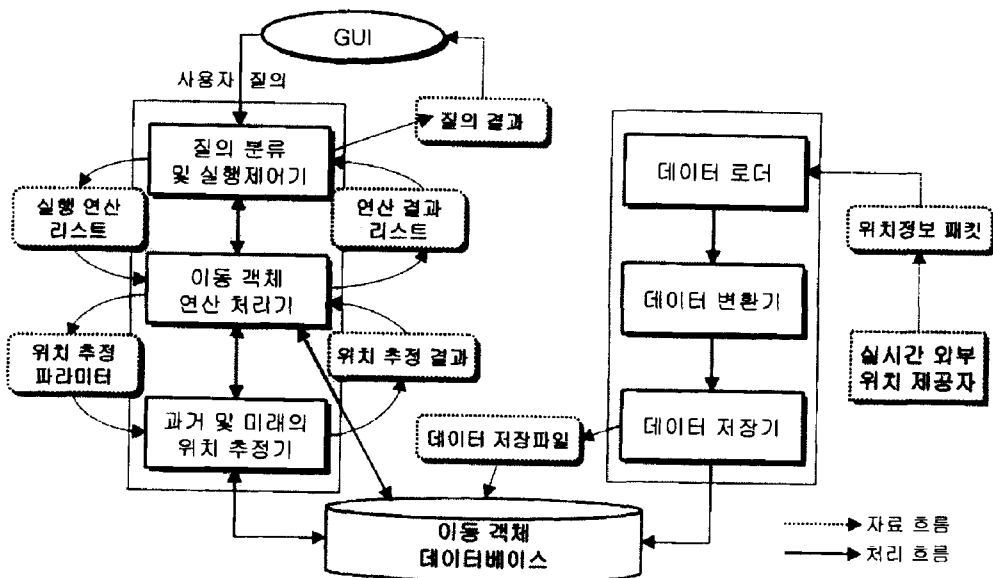


<그림 2> 4D GIS 데이터 제공자 구성도

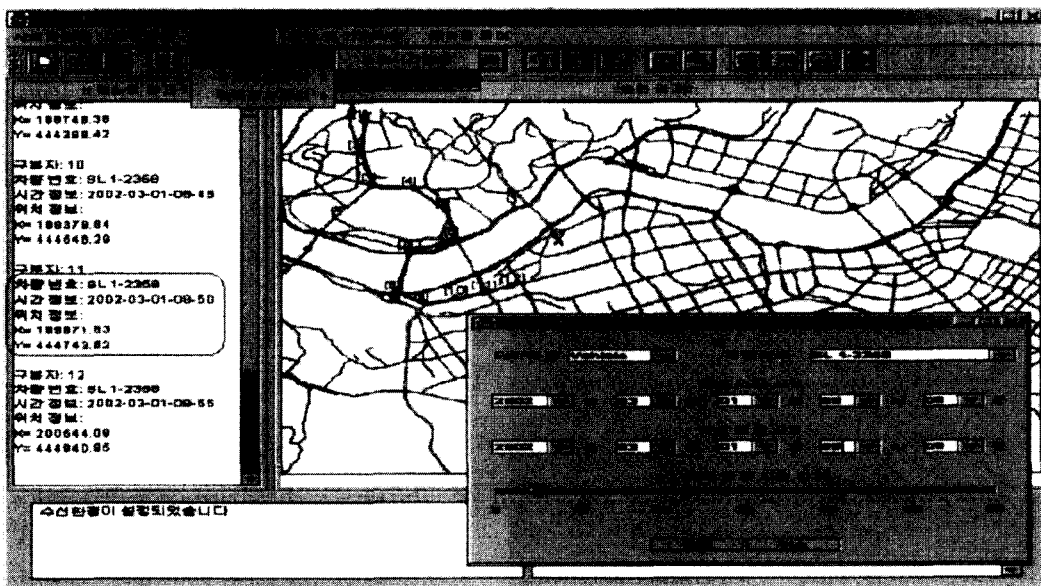
education, emergency, entertain, house, lodge, public, religion, welfare, etc 10개의 테이블로 분류된 건물의 데이터와 각 건물 테이블 전체공간에 대한 좌표, 스키마 정보를 가진 info_table 테이블로 구성된다. 이 건물 Geometry의 레코드 수는 총 10,484개이다. 각 테이블의 구조 모두 같다. 건물에 대한 Geometry는 OGC에서 제시된 WKB 포맷을 확장하여 이용한다. 그리고, 이력 데이터 셋은 시나리오에 의해 각 건물 데이터에 대한 가스 정보 이력을 관리하며, 그 이력 데이터는 'Gas_Alam' 테이블에 저장되며, 각 건물의 OID와 과거 가스 정보 이력에 대한 Valid Time이 저장된다.

데이터에 대한 시간질의 "2002년 6월 15일에 가스 정보가 울린 건물들을 검색하라."의 결과 화면이 다음 <그림 3>이다.

"지정된 영역과 교차하는 2002년 1월 1일부터 2002년 5월 31일까지 가스 정보가 울린 건물들을 검색하시오."와 같은 공간과 시간 인터벌에 대한 질의 결과화면은 <그림 4>와 같다. 이때의 공간



<그림 5> 이동 객체 관리 시스템



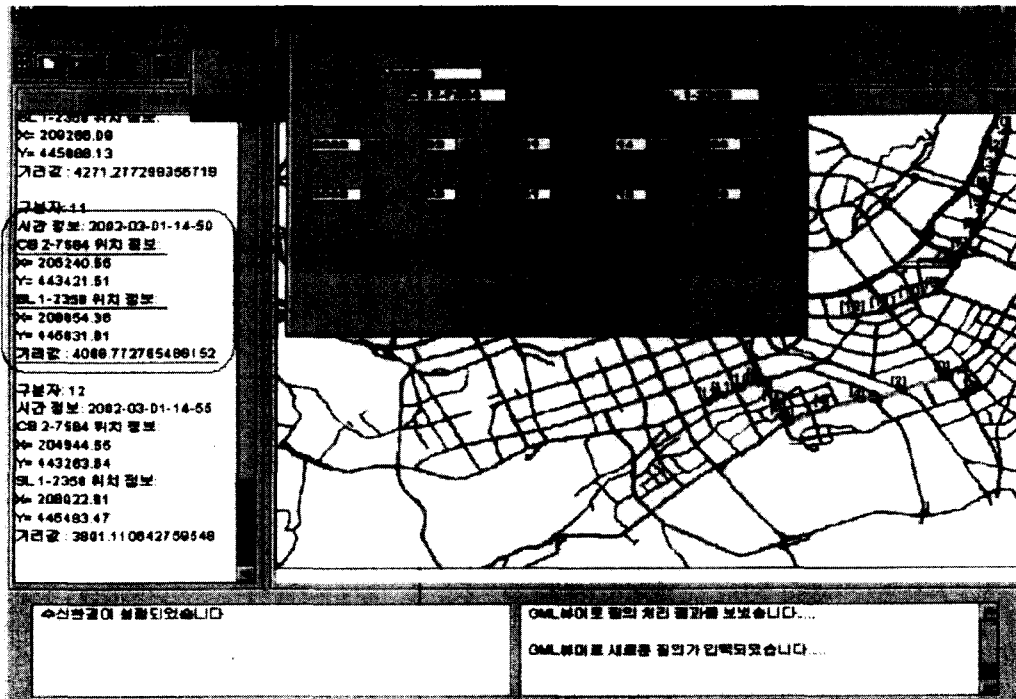
<그림 6> 특정 시간의 이동 경로 검색 예

차량 위치정보를 수신하고 이를 데이터베이스에 저장한다.

<그림 6>은 차량번호가 'SL 1-2358'인 객체가 '2002년 3월 1일 08시 00분~2002년 3월 1일 09시 00분'까지 이동한 궤적(trajecy) 즉, 이동

경로를 검색한 결과 화면이다. 출력 화면의 왼쪽 텍스트 창에는 데이터베이스 저장된 차량의 위치 좌표를 보이고, 오른쪽의 지도 화면에는 이동 지점을 표시하고 있다.

<그림 7>은 차량번호가 'CB 2-7584'인 객체와



〈그림 7〉 이동 차량의 거리 검색 예

‘SL 1-2358’인 객체가 ‘2002년 3월 1일 14시 00분~2002년 3월 1일 15시 00분’까지 이동한 경로와 두 객체간의 거리를 검색한 결과 화면이다. 화면의 왼쪽 텍스트 창에는 동일한 유효 시점에서 두 이동 객체의 위치 좌표 및 거리 계산 결과가 나타나며, 오른쪽 화면에는 두 객체의 이동 경로를 보이고 있다.

VI. 결 론

시공간 지리정보시스템은 시공간 데이터베이스 기술과 지리정보시스템 기술을 이용하여, 불연속적으로 또는 연속적으로 변화하는 이동객체에 대한 데이터의 검색, 삽입, 갱신등을 지원하여야 한다.

시공간 지리정보 시스템의 바탕이 되는 시공간 데이터베이스 주요 기술에는 시공간 데이터의 모델링, 시공간 데이터의 질의처리, 시공간 연산에

대한 연구가 필요하다. 지금까지의 시공간 데이터베이스 기술에서 시공간 데이터 모델링으로는 객체지향, 시공간 모델, 시간 분할 스냅 모델, 공간-시간 복합 모델과 3-영역 데이터 모델등의 방법이 연구되어 왔다. 그리고, 시공간 질의 처리를 위한 질의어로는 시공간 데이터 정의 언어와 시공간 데이터 조작언어로 구분되며, 시공간 데이터 조작언어에는 시공간 데이터 검색문, 삽입문, 삭제문, 갱신문등이 포함되었다. 시공간 연산에 대한 연구는 시공간 관계형 연산, 시공간 위상 관계 연산과 시공간 기하 연산에 대한 정의하였고, 이들을 기반으로 각 시공간 연산에 응용한다.

이러한 시공간 데이터베이스 기술을 바탕으로 한 시공간 지리정보시스템의 개발사례로는 소방 관제 시설에 대한 일반속성 질의, 공간 속성 질의, 시간 속성 질의와 시공간 속성질의를 가능하게 하는 4D 데이터제공자와 API 구현과 연속적으로 변화하는 이동객체에 대한 이동 경로 검색 및 차량 거리 검색 등을 수행할 수 있는 이동객

체 관리시스템이 있다.

시공간 지리정보시스템과 이를 지원하는 시공간 데이터베이스 기술은 기존의 지리정보시스템이 처리하지 못했던 공간객체의 과거 이력과 현재 상태, 그리고 향후의 위치 정보에 대한 효과적인 관리를 지원할 수 있는 지리정보시스템의 중요 연구 분야중의 하나이다.

참 고 문 헌

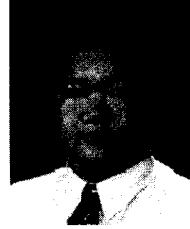
- [1] M. Erwig, R. H. Gutting, M. Schneider and M. Vazirgiannis, Spatio-Temporal Data Types : An Approach to Modeling and Querying Moving Objects in Databases, Chorochronos Technical Report CH-97-8, 1997.
- [2] M. Erwig, R. H. Gutting, M. Schneider, M. Vazirgiannis, Abstract and Discrete Modeling of Spatio-temporal Data Types, In Proceedings of the 6th ACM Symposium on Geographic information System, Washington, D. C., Nov. 1998
- [3] M. F. Worboys, A Unified Model for Spatial and Temporal Information, The Computer Journal, Vol. 37, No. 1, pp.25-34, 1994.
- [4] M.F. Worboys, H.M. Hearshshow, D.J. Maguire, "Object-Oriented Modelling for Spatial Database", Int. journal of GIS Vol. 4, No. 4, 1990
- [5] G. Langan, "A Framework for Temporal Geographic Information System", Cartographica, 25(3), 1988
- [6] C. claramunt and M. Thuriault, "Managing Time in Gis: An Event-Oriented Approach," Recent Advances on Temporal Database, Clifford J. and Tuzhilin A. eds., Springer-Verlag, Zurich, pp. 23-42, 1995
- [7] G. Langran, Time in Geographic Information Systems, Taylor&Francis, 1992.
- [8] M. P. Armstrong, "Temporality in Spatial Databases," In Proc. of GIS/LIS, 1988.
- [9] D. J. Peuquet, and M. Duan, "An event-based spatiotemporal data model (ESTDM) for temporal analysis"
- [10] D.H. Kim, K. H. Ryu, H. S. Kim, A Spatiotemporal database model and query language, The Journal of Systems and Software, Vol. 5, 2000.
- [11] 김동호, 시공간 데이터베이스 질의 처리 시스템, 이학박사학위논문, 충북대학교, 1999.
- [12] 류근호, 4D 시공간 데이터 제공자 컴포넌트 개발, 한국전자통신연구원 최종 보고서, 2001
- [13] 류근호, 다차원 인덱서와 Simple API 구현, 한국전자통신연구원 중간보고서, 2002.
- [14] 안윤애, 류근호, 김동호, 차량 위치 추적을 위한 이동 객체 관리 시스템의 설계, 한국정보처리학회 논문지, 제9-D권 제5호, 2002년 10월.

저자 소개



柳根鎬

1976년 숭실대 전산과 졸업, 1980년 연세대학교 공학대학원 전산전공 (공학석사), 1988년 연세대 대학원 전산전공 (공학박사), 1976년~1986년 : 육군군수 지원사전산실 (ROTC 장교), 한국전자통신연구소(연구원), 한국방송통신대, 전산학과(조교수) 근무, 1989년~1991년 : Univ. of Arizona 연구원 (TempIS Project), 1986년~현재 : 충북대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부 교수, <주관심 분야 : 시간 데이터베이스, 시공간 데이터베이스, Temporal GIS, 객체 및 지식베이스 시스템, 지식기반 정보검색시스템, 데이터 마이닝, 데이터베이스 보안 및 Bio-Informatics>



金相昊

1997년 충북대학교 컴퓨터과학과 졸업, 1999년 충북대학교 대학원 전산학과 석사, 1999년~현재 : 충북대학교 대학원 전산학과 박사과정, <주관심 분야 : 시공간 데이터베이스, Web Visualization, 시공간 뷰, 시공간 연산자, Component GIS 등>



安允愛

1993년 한남대학교 전자계산공학과(공학사), 1996년 충북대학교 전자계산학과(이학석사), 1999. 8~현재 : 충북대학교 전자계산학과 박사과정, <주관심 분야 : 이동 객체 데이터베이스, 시공간 데이터베이스, 지리정보 시스템, 정보검색 시스템>