

SDE 공간 모델의 이력지원 확장

이 종 연[†] · 안 병 익^{††} · 류 근 호^{†††}

요 약

공간상의 지형객체는 토지의 소유주 변경이나 소유주의 신상 변경, 토지의 합병과 분할, 도로의 신설 및 변경에 따른 지형 변경 등과 같은 공간 또는 속성 변화에 의해 공간이력 데이터가 발생한다. 하지만 기존의 GIS(Geographic Information System)는 측정시점에서 지형객체의 스냅샷 정보만을 관리하므로 시간 흐름에 따른 공간이력을 유지할 수 없다. 따라서 이 연구는 공간 데이터베이스의 시간차원 확장을 통하여 시간과 공간을 동시에 지원하는 시공간 데이터베이스 모델과 이력 관리 체계를 설계하고 구현한다. 이 연구의 결과는 GIS 공간 데이터베이스의 시간차원 확장으로 지형객체의 모든 이력정보를 유지 관리할 수 있다.

A Historical Extension for SDE Data Model

Jong Yun Lee[†] · Byoung Ik Ahn^{††} · Keun Ho Ryu^{†††}

ABSTRACT

Spatial objects in the space world have been changed by either non-spatial operations or spatial operations. For example, their states are changed by the following operations: changing their owners, changing their owner's address, installing new constructions, changing precincts, splitting, and merging. The conventional geographic information system(GIS), however, did not also manage their historical information because it handles the snapshot image of spatial objects in the world.

In this paper we therefore propose a spatiotemporal data model which is able to not only manage the historical information of spatial objects but also support their historical interrogation by extending a time dimension and a historical pointer for SDE(Spatial Database Engine) spatial data model. Finally, the proposed spatiotemporal data model using a layered time extension are going to contribute to manage the history of spatial objects in the world and retrieve them.

1. 서 론

시간지원 데이터베이스에서 사용하는 시간은 데이터베이스에 자료가 저장된 시간을 표현하는 거래시간

(transaction time), 실세계에서 존재하거나 또는 사건의 발생시간을 나타내는 유효시간(valid time), 그리고 거래시간과 유효시간에 의해 처리되지 못하는 부가적 시간정보의 데이터베이스에 저장하기 위해 필요한 사용자 정의시간(user_defined time)으로 분류할 수 있다. 또한 데이터베이스는 실세계에서 발생하는 데이터에 대한 시간 적용과 그 범주에 따라 스냅샷 데이터베이스(snapshot database), 롤백 데이터베이스(rollback database), 이력 데이터베이스(historical database), 이

* 이 논문은 한국통신의 '98년도 정보통신 기초연구 과제와 과거 NGIS 프로젝트 연구비 지원에 의해 수행되었음.

† 준 회원 : 충북대학교 컴퓨터과학과

†† 정 회원 : 한국통신 멀티미디어연구소

††† 종신회원 : 충북대학교 컴퓨터과학과 교수

논문접수 : 1998년 4월 30일, 심사완료 : 1998년 7월 10일

중시간 데이터베이스(bi-temporal database)의 네 가지로 분류된다[4,14,15].

스냅샷 데이터베이스는 기존의 데이터베이스 모델로서 사진과 같이 어떤 시점에서 동적으로 변화하는 상태의 스냅샷 이미지를 관리하는 모델이다. 그러므로 스냅샷 데이터베이스에서 실제값은 현재 시점에서의 상태를 나타내며, 데이터베이스 변경은 기존의 상태값을 제거하고 새로운 값의 저장을 의미한다. 스냅샷 데이터베이스에서는 시간 개념을 필요로 하지 않을 뿐만 아니라 이력질의, 경향분석, 소급되거나 사전행동에 의한 변화를 처리하거나 표현하지 못한다[10,12]. 예로, 인사 데이터베이스에서 '2년 전 홍길동의 소속 부서는?'과 같은 이력질의를 할 수 없거나 '홍길동의 모든 부서 변경의 이력은?'과 같은 사실을 기록할 수 없다. 하지만 이력 데이터베이스에서는 릴레이션마다 튜플의 이력 저장으로 과거의 이력 자료에 오류가 있는 경우 오류의 수정은 가능하지만 이전에 저장된 자료를 제거하므로 수정전의 이력 상태를 볼 수 없다. 이러한 측면에서 이력 데이터베이스는 스냅샷 데이터베이스와 비슷하지만, 이력 데이터베이스는 실세계에서 유효 데이터의 존재 시간인 유효시간을 지원한다. 그리고 롤백 데이터베이스는 항상 스냅샷 상태가 추가되는 것을 허용하는 반면, 이력 데이터베이스는 임의의 수정을 지원한다. 이중시간 데이터베이스는 데이터베이스에서 제공하는 자료의 거래시간과 유효시간을 동시에 취급하는 것으로 유효 자료의 발생시간과 그 데이터의 데이터베이스 기록시간을 모두 지원한다. 따라서 이중시간 데이터베이스에서 자료의 삭제는 이력 데이터의 저장과 신규 데이터의 등록을 의미한다.

이 가운데 이력 데이터베이스의 질의 연구에는 Navathe의 TSQL, Sarda의 HSQL와 같은 시간 질의어가 있다[6,8,13,17,21,22]. TSQL은 시간지원 관계형 모델(temporal relational model)의 질의어로서 기존의 SQL(structured query language)에 시간처리를 위해 시간 조건식 표현을 위한 when절, 시간값에 대한 검색, 시간순서에 의한 정보의 검색, time-slice절을 이용한 시간영역의 지정, 수정된 집계함수와 group by절, 그리고 moving window절을 이용한 시간간격의 길이 지정 등의 기능을 지원한다.

또한 우리의 생활 주변에서 지형객체는 소유주 변경이나 소유주의 신상 변경에 의한 속성 변화와 고속도로, 국도, 지방도의 신설에 의한 지형 변경, 통신선

로, 하수관, 수도관, 가스관 등의 지하 시설물의 설치, 선지구 변경 등에 의한 공간적 크기변화, 그리고 토지의 합병, 분할, 재구성 등의 공간 연산에 의해 이력 데이터가 발생한다. 하지만 기존의 GIS는 지형정보의 스냅샷 정보만을 유지하므로 시간에 따른 객체의 이력정보를 관리할 수 없으며, 현재의 지리정보 시스템은 주로 공간 데이터 모델링을 바탕으로 사용자로부터 지형정보의 검색을 위한 API(Application Programming Interfaces) 제공에 주력하여 왔고, 저장된 정보 검색 또한 API를 이용한 검색만을 허용한다. 그리고 지금까지 공간 및 시간 데이터베이스 연구는 그 개별적인 형태로 연구되어 왔으나 시간에 따라 발생하는 공간 이력정보의 효율적인 유지 관리를 위해서는 통합 시공간 데이터베이스의 연구가 필수적이다.

이러한 실세계의 현상을 해결하기 위한 기존의 시공간 데이터 모델과 질의 연구에는 Al-Taha의 시공간 데이터베이스 자료 분석을 시작으로 Cheng의 시공간 자료에 대한 객체관계 모델[2], Worboy의 이차원 공간과 이차원 시간정보의 통합 데이터 모델[18]의 공간관계, Claramunt의 지리정보 시스템을 위한 사건기반 시공간 개념 모델[3], Pequet의 사건기반 시공간 데이터 모델[11], Yuan의 시간지원 GIS 및 시공간 모델링[19]과 Bohlen의 기존 응용 시스템을 위한 시공간 데이터베이스 지원[1] 등의 연구가 있다. 하지만 기존의 시간지원 GIS 연구는 주로 이론적인 연구[1,2,3,11,16,19]에 치중되어 있고, 실용적인 TGIS(Temporal GIS) 연구가 시급한 실정이다. 특히 Pequet은 과거, 현재, 미래 데이터를 분리 저장하는 이론적 사건기반 시공간 데이터 모델을 제시하였고, Worboy는 주로 관계 대수의 시공간 확장 개념에 치중하였다. 이와 같이 지금까지 시공간 연구는 공간 또는 시간 관련 통합 연구의 이론적 접근에 집중되어 있으며, 응용 시스템 개발에 필요한 데이터 모델의 구현과 질의 표현력에 상당한 제약이 따른다[2].

따라서, 이 연구는 현실세계에 존재하는 시간변이 공간객체의 이력을 지원하기 위하여 GIS 도구인 SDE의 확장과 더불어 기존 GIS에서 제공하는 공간 데이터베이스의 시간차원 확장을 통하여 시공간 데이터베이스 모델을 정립하고 설계한다. 그리고 설계된 시공간 데이터 모델은 SDE 공간 데이터 모델의 시간차원과 이력 지시자의 확장과 이력정보의 저장을 위한 공간 이력 테이블과 속성 이력 테이블의 이력지원 체계

를 구현하고, 구현된 시공간 데이터 모델은 실질적인 공간 변화의 예를 통해 평가한다.

이 논문은 내용의 효율적인 전개를 위하여 위하여 다음과 같이 구성한다. 먼저 제 2장은 SDE 공간도구의 기본 개요와 공간 데이터 모델을 비롯한 공간관계 매크로를 기술한다. 제3장은 SDE 공간 데이터 모델을 바탕으로 공간객체의 이력정보를 유지 관리할 수 있는 시공간 데이터 모델을 설계한다. 그리고 제 4장은 SDE 공간 데이터 모델의 시간차원 확장 구현으로 시간차원 및 이력 지시자 확장과 공간 및 속성 이력 테이블을 구현한다. 제 5장은 구현된 시공간 모델의 이력 지원 평가로서 실질적인 지형변화에 따른 시공간 데이터베이스의 변경을 검토한다. 끝으로 제 6장은 이 연구의 결론과 앞으로의 연구방향을 기술한다.

2. SDE 공간도구

이력지원 확장 연구는 기존의 SDE 공간 데이터 모델을 바탕으로 시간차원 확장한 시공간 데이터 모델의 설계로서 여기서는 시공간 데이터 모델 정립의 전 단계로 SDE 공간 데이터 모델을 분석한 다음, 다음 장에서 시간차원 확장을 통한 이력지원 확장 모델을 설계한다.

2.1 개요

SDE는 미국의 ESRI(Environmental Systems Research Institute) 회사에서 개발한 공간자료 관리 시스템으로 기존의 정보 시스템 환경에서 GIS 구현을 위한 공간자료 관리 기술의 새로운 유형이며 빠르고 효율적인 공간 연산을 수행하는 소프트웨어 서비스들로 결합된 최첨단 클라이언트-서버 구조(client-server computing)를 채택하고 있으며, 대규모 지리 데이터 세트를 다루는 고성능 공간 데이터베이스이다[5]. SDE는 결국 소프트웨어 개발자와 통합자에게 효율적인 작업 환경을 제공하며, 공간 서버 엔진과 클라이언트를 위한 API 함수들로 구성되어 있고, 소프트웨어 개발자에게 통합 데이터베이스 환경에서 공간 데이터의 원활한 통합, 관리 능력을 제공한다. 아울러 SDE에서 데이터 관리는 다수의 사용자로부터 빠른 접근이 요구되는 응용 분야에 아주 유용하며, 내부적으로 공간정보와 속성정보의 저장은 Oracle RDBMS를 이용하고 객체 탐색과 검색 연산은 공간과 비공간(속성) 데이터를 사

용할 수 있다. 뿐만 아니라 클라이언트-서버 구조의 엄격한 적용으로 클라이언트에 위치하는 모든 응용 프로그램은 API 함수 호출에 의해 지정된 서버를 가동시키고 서버는 SDE가 설치된 시스템에서만 실행된다.

2.2 SDE 공간 데이터 모델

SDE에서 공간 데이터는 서로 다른 크기의 논리적 단위이며 처리 단위인 데이터 세트(data set)로 그룹화된다. 결국 SDE의 데이터 세트는 논리적으로 이산적인 지형이며 테이블을 구조이고 데이터 세트 자체의 암호 정보를 가지며, 각 데이터 세트마다 별도의 Oracle 사용자 ID를 갖는다. 다음 레벨은 계층(layer)으로, 각 데이터 세트에는 논리적으로 연속적이며 지리적으로 분리할 수 없는 다수의 계층을 포함한다. 아울러 SDE 계층에는 그 주제(theme)별로 유사객체 집합을 저장하며, 계층마다 사용자의 접근 권한과 암호 정보는 각 데이터 세트에 존재한다. 즉, 한 개의 지도는 주요 영역에 따라 데이터 세트라는 논리적인 단위로 분할되어 관리되며, 데이터 세트는 다시 그 주제마다 별도의 계층 단위로 데이터베이스에 저장된다. 아울러 계층은 유사 객체그룹의 집합으로 유사한 객체들을 함께 저장할 수 있다. 실질적으로 각 계층에는 세 개의 관리 테이블을 두고 관리된다. 예로 지형객체의 공간정보를 저장하는 공간 테이블과 지도의 이미지 데이터의 효율적인 검색을 위한 공간 색인 테이블에 의해 관리되며, 선택적으로 속성 테이블을 두어 지형객체의 속성정보를 저장한다.

또한 SDE는 본래 연속적인 지형객체 모델로서 한 지형객체는 완전하고 연속적인 디스크안에 저장될 뿐만 아니라 기본적으로 분리, 인접, 중복, 내포, 공통 관계선, 동치의 6가지 위상관계에서 세부적인 공간 탐색 방법을 지원한다. 공간관계는 질의 시점에서 동적으로 계산되며 데이터베이스에 그 정보는 저장되지 않는다.

SDE 객체는 기본적으로 점, 선, 영역의 객체 클래스와 세부적으로 7개의 객체 유형을 제공하며, 2차원과 3차원의 객체 표현을 지원한다. 점 객체클래스에는 점 클래스와 점몽치 클래스로 구성되며, 점몽치 객체 유형은 여러개의 점 집합으로 이뤄진 지형객체를 가리킨다. 선 객체클래스에는 서로 다른 선분간의 교차를 허용하는 스파게티 클래스와 교차를 허용하지 않는 라인스트링 클래스, 그리고 시작점과 끝점이 동일한 원 객체클래스가 있다. 영역 객체클래스에는 단순 다각형

이라 할 수 있는 다각형 클래스와 다각형 내부에 다시 다각형 모양을 포함할 수 있는 도넛(donut) 다각형 클래스가 있다. 각 계층에는 실질적으로 이와 같은 7 가지 객체 유형을 저장하며, 필요에 따라 유사 객체는 같은 계층에 함께 저장될 수 있다.

이외도 전체적인 응용 시스템은 클라이언트에 위치하고, 자료관리는 지정된 서버 호스트에서 실행된다. 그리고 클라이언트는 SQL를 사용하여 서버와 통신하고, 서버는 질의에 대한 자료를 처리한다. 서버 태스크의 역할은 클라이언트에 대한 암호를 검사하고 전용 서버 태스크(dedicated server task)를 생성하여 공간 검색, 탐색, 삽입, 삭제, 갱신 등에 대한 공간과 속성자료 데이터베이스의 접근을 제공하고 데이터베이스의 트랜잭션을 제어한다. 클라이언트의 역할은 모든 명령어들을 지정된 서버 태스크에 전달하는 API 함수의 실행을 초기화하고 절단, 버퍼 생성, 다각형의 결합 및 분리, 지형 교차 및 연결, 거리계산, 망처리 등 공간객체 대부분의 지형 계산을 처리한다.

다음은 앞서 기술한 SDE 공간 데이터 모델의 시간차원 확장에 의한 시공간 데이터 모델을 정립하고, 설계된 시공간 데이터 모델은 시간차원 및 이력 지시자 확장과 이력 데이터를 위한 공간 이력 테이블과 속성 이력 테이블의 생성으로 구현된다.

3. SDE 기반 시공간 데이터 모델의 설계

시공간 데이터 모델은 시간변이 공간 연산에 따라 발생하는 이력 지원을 목표로 SDE 공간 데이터 모델의 시간차원 확장으로 설계된다. 이것은 우선 시공간 데이터베이스 설계시 고려해야 할 사항을 분석한 다음의 해결책을 제시하는 순서로 SDE의 공간관리 체계와 지형객체의 저장 구조를 정의하고 제안하고자 하는 시공간 데이터 모델을 설계한다.

3.1 시공간 데이터베이스의 설계시 고려 사항

시간 데이터베이스에서 버저닝은 시간의 흐름에 따라 변화하는 공간정보 수록과 그 발생시간의 기록 단위를 가리킨다. 시간 데이터베이스의 시간 구현방법에는 타임스탬프(timestamp)의 적용범주에 따라 속성 단위의 버저닝을 지원하는 속성수준 타임스탬핑(attribute level timestamping), 튜플 단위의 버저닝을 지원하는 튜플수준 타임스탬핑(tuple level timestamping), 릴레

이션 단위의 버저닝을 지원하는 릴레이션수준 타임스탬핑(relation level timestamping) 등이 있다[7]. 여기서 버저닝 기법의 선정과 더불어 시공간 데이터베이스를 설계하는 경우 고려해야 할 사항은 다음과 같이 요약된다.

- 데이터의 특성에 따른 버저닝 단위의 선택
- 시공간 데이터의 변화 주기
- 과도한 이력 데이터 발생에 따른 백업 관리 체계
- 시간지원에 의한 시간 단위(granularity) 선정
- 시간 표현의 방식

첫째, 시공간 데이터베이스의 버저닝은 처리할 데이터의 특성에 부합되는 타임스탬프의 적용이 요구된다. 이론적으로 속성수준 버저닝 기법이 가장 타당하지만 기존의 표준 관계형 데이터베이스의 원자성 파괴로 새로운 질의처리 연구가 요구된다. 아울러 릴레이션 수준 버저닝은 기존의 스냅샷 데이터 모델과 유사한 구조로서 속성이나 튜플의 변경에도 릴레이션 단위의 버전을 생성하고 대규모 공간 데이터베이스의 이력 데이터를 발생하므로, 이 논문에서는 튜플수준 버저닝을 지원하도록 설계한다.

둘째, 지형객체의 이력 데이터는 다른 데이터의 특성과 비교할 때 그 변화 주기가 아주 길다는 특성을 갖는다. 예로서 주식이나 일기 데이터는 시간 흐름에 따라 아주 빨리 변화하는 반면에, 공간 데이터는 매나 소유주의 주소 변경 또는 지형 분할, 합병, 농지정리와 같은 공간 연산에 의해 변화가 발생되지만 그 발생 빈도는 다른 데이터에 비교할 때 아주 길다.

셋째, 시간이 지원되는 데이터베이스는 시간정보의 저장을 위한 시간속성 확장으로 대용량의 이력 데이터가 발생한다. 또한 시공간 데이터베이스는 시간에 따른 많은 공간 이력정보를 유지 관리해야 하며, 자연적으로 이력 데이터 관리가 중요한 문제점으로 부각된다. 이미 시간 데이터베이스에서는 많은 이력 데이터 관리를 위한 Vaccuming 기법[6]의 연구가 수행되었다. 따라서, 이 논문에서는 시공간 데이터베이스 구조를 현재 데이터와 과거 데이터를 분리 저장하는 방식을 채택하여 현재 데이터는 기존의 공간자료 처리와 동일한 방식으로 처리되도록 하고, 과거 데이터는 단지 그 이력지원 연산자에 의해 처리할 수 있도록 설계한다. 아울러 이것은 현재 데이터와 독립적으로 과거 데이터의 관리가 가능하므로 이력 데이터의 유지보수에도 편리함과 효율성을 제공한다.

넷째, 시공간 데이터베이스는 시간차원의 지원에 따른 시간 속성이 추가되어야 한다. 데이터베이스에서 시간 표현은 그 응용 분야에 따라 다른 시간 크기의 단위를 적용해야 한다. 시간 데이터베이스에서 시간 단위에는 세기(century), 연(year), 월(month), 일(day), 시간(hour), 분(minutue), 초(second), 마이크로초(micro second) 등이 지원되며, 이 시간단위 선정에 따라 저장 공간의 차이가 아주 크므로 그 적용 대상에 맞는 선택이 요구된다. 그러므로 이 논문에서는 공간 데이터가 주로 매매나 토지 변경과 같은 일 단위 변화주기를 고려하여 '연월일'의 시간단위를 지원하도록 설계하였다.

다섯째, 시간 단위와 함께 시간 자료형의 선정은 데이터베이스 구성과 밀접한 관계를 가지므로 아주 중요하다. 아울러 시공간 데이터베이스에서 사용되는 시간 자료형에는 표1과 같이 datetime, interval, period 등이 지원되고 있다[15,20]. Datetime형은 주어진 시간단위에서 정의된 현재 시간을 표현하며, interval형은 방향성을 가지며 유동적인 지속 시간으로 시간의 시작시작과 종료시간을 갖지 않으며 단지 시간 크기만을 나타내는 시간간격이다. Period형은 절대시간의 표현으로 명확한 시작시간과 종료시간에 의해 표현되는 시간간격을 가리킨다. 단 interval형은 유동적인 지속시간을 나타내므로 유효시간(valid time) 자료형으로 적합하지 않다. 이 논문에서는 사건시간을 기반으로 관계질의 편리성을 고려하여 유효 사건의 시작시간과 종료시간을 위한 2개의 datetime형을 추가 지원한다.

〈표 1〉 시간지원 자료형
(Table 1) Temporal Data Types

자료형	사용 형식의 예
datetime	TIMESTAMP '01:00 PM 01-14-98'
interval	INTERVAL '3 YEARS'
period	PERIOD '03-01-95 - 02-26-99'

〈표 2〉 시공간 데이터 모델의 설계시 고려사항
(Table 2) Considerations for Designing a Spatiotemporal Data Model

설계시 고려사항	시공간 데이터 모델의 설계 특성
(1) 대용량 이력 데이터의 발생	현재 데이터와 이력 데이터의 분리 저장
(2) 시간 단위	일(DAY) 단위 지원
(3) 공간 및 속성 데이터 저장 방식	이원적 분리 저장구조
(4) 시간 자료형 표현 방식	시간차원 속성(시작시간,종료시간) 추가
(5) 버저닝 기법의 선정	튜플수준 타임스탬핑 적용

따라서, 이 논문에서는 공간 데이터베이스의 크기, 시공간 데이터의 변화 주기, 데이터베이스 질의 처리, 데이터베이스의 버저닝 기법 등의 사항을 고려하여 표 2의 설계 기준을 적용한다.

3.2 공간 체계

SDE 공간체계는 보관하고자 하는 지도를 주요 영역에 따라 데이터 세트의 논리적 단위로 분할한다. 각 데이터 세트는 포함된 유사 지형객체의 구성 요소에 따라 계층으로 분리 저장된다. 계층은 유사한 지형객체의 집합으로 필요에 따라 몇 가지 객체 유형을 동시에 저장할 수 있으며, 전체적인 공간 데이터베이스의 관리 체계는 다음의 정의 3.1과 같이 정의된다.

【정의 3.1】 (공간 데이터 모델) SDE 공간 데이터 모델은 비위상(non-topological) 구조의 객체기반 데이터 모델이며, 다음과 같이 지도 M, 데이터 세트 D, 계층 L, 공간객체 S로 나타낸다.

지도 $M = \{D_i \mid D_1, D_2, D_3, \dots, D_n, n > 0 \text{인 자연수}\}$

데이터 세트 $D_i = \{L_j \mid L_1, L_2, L_3, \dots, L_n, n > 0 \text{인 자연수}\}$

계층 $L_i = \{S_j \mid S_1, S_2, S_3, \dots, S_n, n \geq 0 \text{인 정수}\} \square$

즉 공간 지도 M은 다음과 같이 주요 영역에 따라 데이터 세트의 논리적인 단위로 분류되며, 데이터 세트는 유사한 객체 그룹을 형성하는 계층 단위로 관리된다. 결국 계층은 유사한 지형객체들의 집합으로 구성된다.

예로, 대한민국 지도는 1개 특별시, 6개 광역시, 8개 도의 데이터 세트로 구성할 수 있으며, 각 데이터 세트는 다시 유사한 객체 그룹을 이루는 통신선로, 수로

망, 가스관, 도로망, 전선망 등의 계층 단위로 분리될 수 있다. 한편 계층에는 유사한 지형객체의 공간정보를 보관하며, 선택적으로 속성정보를 포함한다. 객체간의 위상정보는 저장되지 않으며 공간 연산의 발생 시점에서 위상관계 계산에 의해 산출된다.

계층은 정의 3.1과 같이 유사한 객체 그룹의 집합으로 공간정보를 관리하는 공간 테이블과 이미지 데이터를 관리하는 공간 색인 테이블이 필수적으로 존재하며, 선택적으로 속성정보를 관리하기 위한 속성 테이블을 가진다. 지형객체의 공간적 특성은 반드시 기술되어야 하며, 선택적으로 객체의 소유주, 그의 주소, 기타 특성과 같은 속성정보로 표현된다. 계층에 속하는 지형객체는 정의 3.2와 같이 공간정보와 선택적인 속성정보로 기술되며, 객체의 이미지 데이터의 빠른 검색을 위한 색인 테이블을 가진다.

【정의 3.2】 (지형객체) 계층은 유사한 지형객체의 그룹으로 한 개 또는 그 이상의 유사한 지형객체 유형을 저장하며, 지형객체 S는 공간벡터 F, 속성벡터 A, 그리고 공간객체의 그래픽 구성요소 FC에 의해 다음과 같이 나타낸다. 단, i는 자연수이다.

$$\text{지형객체 } S_i = \langle F_i [, A_i] \rangle$$

$$\text{공간벡터 } F_i = \{F1, F2, \dots, F_m, FC, m > 1 \text{인 자연수}\}$$

$$\text{속성벡터 } A_i = \{A1, A2, A3, \dots, A_n, n \geq 0 \text{인 정수}\} \square$$

지형객체 $S_i = \langle F [, A] \rangle$ 는 다음과 같이 공간적 특성을 나타내는 공간벡터 F와 객체의 그래픽 요소인 FC, 그리고 선택적인 속성벡터 A로 표현된다. 공간정보는 기본적인 공간 속성 및 그 구성요소의 표현으로 고정되지만, 속성정보는 응용 분야에 따라 생략되거나 기술될 수 있다. 여기서 그래픽 구성요소 FC는 점, 선, 영역을 구성하는 점들의 집합을 가리키는 속성이다. 계층에는 실질적으로 Polygon, Donut-polygon과 같은 유사한 객체 그룹을 함께 저장할 수 있으며, 지형객체는 반드시 그 객체의 공간정보와 선택적인 속성정보에 의해 표현된다. 또한 SDE는 3차원 지형객체의 표현을 지원하며, SDE에서 지형객체(feature)는 실세계의 지형 표현에 사용되는 기본적인 공간 요소로서 실세계의 사물을 가리킨다. 다음은 앞서 기술한 공간 데이터 모델의 이력 지원을 목표로 시간차원 확장된 시공간 데이터

모델을 설계한다.

3.3 시간차원 확장한 이력지원 모델

SDE 시간확장 모델에서 시공간 데이터베이스를 구성하는 시공간 객체는 점, 선, 영역의 기본 객체 클래스와 복합 객체 클래스로 분류되며, 공간정보와 속성정보를 분리 저장하는 이원적 구조를 갖는다. 아울러 시공간 지형객체 ST는 공간벡터 $F = \{F1, F2, \dots, F_m, FC, m > 1\}$ 와 속성벡터 $A = \{A1, A2, A3, \dots, A_n, VT, prev, n > 1\}$, 그리고 유효시간 벡터 $VT = \{VT_s, VT_e\}$ 와 이력 지시자 prev의 사차원 벡터 $\langle F, A, VT, prev \rangle$ 로 표현된다. 그리고 과거의 시간 이력정보를 지원하지 않는 공간객체 S는 단지 공간 및 속성 정보만을 관리하는 $\langle F, [A] \rangle$ 에 의해 표현되는 반면, 유효시간을 지원하는 시공간 지형객체 ST는 다음의 정의 3.3과 같이 사차원 벡터로 정의된다.

【정의 3.3】 (시공간 지형객체) 계층에는 유사한 시공간 객체 그룹을 저장하며, 시공간 객체는 기본적으로 공간벡터 F', 속성벡터 A'와 선택적으로 이력 데이터를 위한 공간 이력 벡터 F''와 속성 이력 벡터 A'', 그리고 유효시간 벡터 VT와 이력 지시자 prev에 의해 다음과 같이 표현된다.

$$\text{계층 } L_i = \{ST_i \mid ST1, ST2, ST3, \dots, ST_n, n \text{은 자연수}\}$$

$$\text{시공간 지형객체 } ST_i = \langle F_i', \{A_i'\} \rangle \{ \langle F_i'', \{A_i''\} \rangle \}$$

$$\text{공간벡터 } F_i' = \langle F1', F2', \dots, F_n', FC_i' \rangle, n \text{은 자연수}$$

$$\text{속성벡터 } A_i' = \langle A1', A2', \dots, A_m' \rangle \mid \langle A1'', A2'', \dots, A_m'', VT', prev' \rangle, m \geq 4 \text{인 자연수}$$

$$\text{공간이력벡터 } F_i'' = \langle F1'', F2'', \dots, F_n'', FC_i'' \rangle, n \text{은 자연수}$$

$$\text{속성이력벡터 } A_i'' = \langle A1'', A2'', \dots, A_m'', VT'', prev'' \rangle, m \geq 4 \text{인 자연수}$$

$$\text{유효시간 벡터 } VT' = \langle VT_s', VT_e' \rangle, VT'' = \langle VT_s'', VT_e'' \rangle \square$$

설계된 시공간 데이터 모델은 기본적으로 SDE 공간 데이터 모델의 데이터 세트, 계층 구조를 유지하고 공간정보와 속성정보를 분리 저장하는 이원적 데이터 베이스 저장 구조를 가진다. 아울러 현재의 공간정보

와 속성정보는 공간 릴레이션 <F', FC'>와 시간차원 및 이력 지시자가 확장된 속성 릴레이션 <A', VT', prev'>로 표현된다. 뿐만 아니라 공간 및 속성 이력정보는 공간 이력 릴레이션 <F'', FC''>와 시간차원 및 이력 지시자 확장된 속성 이력 릴레이션 <A'', VT'', prev''>에 의해 표현된다. 단 정의에서 {}는 반복을 의미하고, []는 선택 사항을 나타낸다.

여기서 시공간 객체의 공간정보는 SDE 공간 데이터 모델과 같이 객체 식별자를 비롯한 면적, 엔티티 유형, 무게 중심 등의 1개 이상으로 표현되지만, 시공간 속성벡터는 이력 데이터 표현을 위하여 기본적으로 객체 식별자, 유효시간의 시작시간(VTs)과 종료시간(VTe), 이력 지시자(prev)의 4개 이상의 속성들로 구성된다. 그리고 속성벡터는 이전의 SDE 공간 데이터 모델에서 선택적으로 표현되었으나 설계된 시공간 데이터 모델에서는 그 이력 데이터를 위해 반드시 존재해야 한다.

이 논문은 SDE 공간 데이터 모델의 시간확장을 통한 시공간 데이터 모델의 설계로서 최종적인 이력관리 체계의 구조는 그림 1과 같다. SDE 시간차원 확장 데이터 모델은 공간에서 발생하는 지형객체의 이력 지원을 목표로 시간차원 저장을 위한 유효시간과 이력정보를 위한 이력 지시자(historical pointer)의 확장, 그리고 효율적인 이력 데이터의 관리를 위한 이력 테이블(history table)을 추가적으로 지원하고 있다. 아울러 속성 테이블은 기존의 SDE 공간 데이터 모델에서 선택적으로 지원되었으나 시공간 데이터 모델에서는 객체의 유효시간과 그 이력 지시자의 유지를 위하여 반드시 존재해야 한다. 유효시간은 단지 속성 테이블에 유효시간의 시작시간과 종료시간의 시간속성 확장으로

설계되었으며, 이력 지시자는 지형객체의 이력정보로서 객체 식별자의 자료형 확장으로 설계되었다. 따라서, 공간 및 속성 테이블은 현재 공간에서 관리되고 있는 지형객체의 공간정보와 속성정보가 저장되며, 공간 및 속성 이력 테이블에는 지형객체의 이력 데이터 저장으로 공간 연산에 의해 변경된 모든 이력정보를 기록한다.

따라서, 시공간 지형객체 ST는 공간벡터 <F', FC'>와 속성벡터 <A', VT', prev'>, 그리고 공간이력벡터 <F'', FC''>와 속성이력 벡터 <A'', VT'', prev''>에 의해 표현된다. 따라서, 시공간 지형객체 <F, A, VT, prev>는 현존하는 객체와 그 객체의 이력정보로 기술된다.

예로 지번 '1103'은 객체식별자, 위도, 경도, 면적, 중심점의 정보와 지형을 구성하는 집 또는 직선들의 좌표값 구성요소 FC를 가진다. 시공간 데이터 모델은 위의 정의 3.3과 같이 공간정보 F 및 공간 구성요소 FC와 속성정보 A, 객체의 유효시간 이력정보 VT, 그리고 과거 이력의 위치 정보를 가리키는 속성 prev에 의해 표현된다. 따라서 지정된 시간에 유효한 객체 검색은 먼저 공간 또는 속성 릴레이션을 탐색하여 현재 유효 객체를 검색한 다음, 유효 객체의 이력 지시자에 의해 과거의 이력정보를 반복적으로 검색할 수 있다.

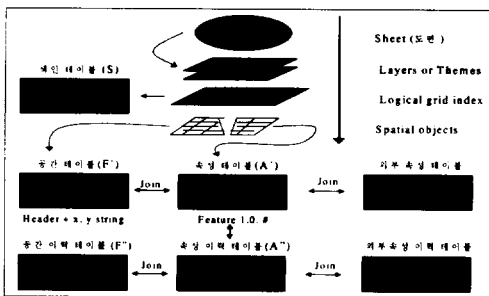
4. 테이블 확장 구현

4.1 구현 환경

이 연구에서 설계된 시공간 데이터 모델은 워크스태이션에서 SDE 공간도구와 Oracle RDBMS를 기반으로 Tcl/Tk 그래픽 사용자 인터페이스의 스크립트 언어를 사용하였으며 테스트 환경에는 SDE에서 제공하는 Kentucky 시스템의 시간차원 확장으로 구현되었다. 구현에는 SDE 공간 데이터 모델의 시간차원과 그 이력 지시자의 확장, 이력정보의 분리 저장을 위한 이력 테이블의 생성 등을 수반한다.

4.2 공간 이력 테이블 확장

전통적인 SDE 공간 데이터베이스는 지형객체의 공간정보를 저장하는 공간 테이블과 속성정보를 기록하는 속성 테이블로 구성된다[5]. 설계된 SDE 시간확장 모델은 SDE 공간 데이터베이스의 기본 골격은 유지하고 이력정보 저장을 위한 속성 릴레이션의 유효시간



(그림 1) SDE 시간차원 확장한 데이터 모델의 이력 체계
(Fig. 1) An Architecture of History Management for Time Extended SDE Data Model

차원과 그 이력 지시자 확장으로 구현한다. 한편 이력 정보는 기존의 공간 테이블과 속성 테이블을 비롯한 별도의 공간 이력 테이블(feature history table)과 속성 이력 테이블(attribute history table)을 두고 관리한다. 따라서, 기존의 공간 테이블과 속성 테이블에는 현재 유효 지형객체의 공간정보와 속성정보를 보관하고, 공간 이력 테이블과 속성 이력 테이블에는 지형객체의 이력정보를 저장하여 관리한다. 따라서, 현재 유효한 지형객체는 기존의 공간 테이블과 속성 테이블에서 지형정보의 검색이 가능하고, 그 이력정보는 현재의 지형객체가 갖는 이력 지시자를 통해 공간 이력 테이블과 속성 이력 테이블로부터 검색이 이뤄지므로 지형정보의 저장과 검색이 가능하다.

실질적으로 SDE 시간확장 모델은 기존의 검증된 계층의 데이터베이스 튜닝정보를 이용하여 새로운 계층을 생성한 다음 그 계층에 새로운 유효시간 차원과 이력 지시자의 확장으로 구현된다. 여기서 유효시간 차원과 이력 지시자의 확장은 시간차원 확장과 동일한 방법으로 구현 가능하며, 공간 이력 테이블을 위한 새로운 계층의 생성은 표 3(a)와 같이 수행된다.

여기서 `admlayer`는 어떤 계층의 처리 명령이고, 선택사항 `-o create`는 새로운 계층의 생성을 나타낸다. `-d Kentucky`는 처리될 데이터 세트를 지정하고 `-k COUNTY`는 기존의 SDE 에서 'County' 계층의 데이터베이스 튜닝 정보를 지정한다. `-l 405`는 계층 405임을 나타내고, `-n "History of County"`는 계층의 이름이고, `-e PD`는 계층에 포함될 객체 유형의 지정으로 여기서는 'Polygon과 Donut Polygon' 유형을 가질 수 있음을 의미한다. `-s 1`는 암호화 레벨을 나타낸다.

4.3 속성 이력 테이블 생성

SDE 공간 데이터베이스는 기본적으로 공간 테이블과 속성 테이블에 의해 관리되며, 속성 테이블은 기존의 SDE 공간 데이터베이스에서 필요에 따라 계층별로 생성 또는 삭제될 수 있다. 하지만 SDE 시간확장 모델에서 속성 릴레이션은 지속적으로 지형객체의 이력정보를 유지해야 하므로 반드시 계층마다 생성되어 관리되어야 한다. 예로 계층 5에 대한 속성 이력 테이블 '405'는 표 3(b)와 같이 생성된다. 여기서 새로운 속성 테이블 생성은 속성 테이블의 주키인 객체 식별자 `fid`를 SDE 내부에서 자동적으로 포함하므로 반드시 기술하지 않아야 한다.

생성된 계층에 속하는 어떤 지형객체의 공간 또는 속성요소 변경은 튜플수준 타임스탬프 기법에 따라 현재의 지형정보는 공간 테이블과 속성 테이블에 유지되고, 변경되기 전의 이력정보는 공간 이력 테이블과 속성 이력 테이블에 저장되어 관리된다. 그리고 SDE 시간확장 모델은 SDE 속성 테이블의 유효시간 차원과 그 이력정보의 위치를 가리키는 이력지시자 확장에 의해 구현된다. 이 논문의 예는 주로 Kentucky 데이터 세트의 'COUNTY' 계층 405에 대한 속성 추가와 그 이력 테이블의 확장 방법을 기술한다. 시간차원 확장은 표 3(c)와 같이 SDE 명령에 의해 처리된다.

여기서 `admattr`은 속성 테이블의 제어 명령이고, `-o alter`는 속성 테이블의 변경을 의미하고, `-d Kentucky`는 Kentucky 데이터 세트를 지정하며 `-l 405`는 계층 '405'의 지정을 의미한다. 그리고 뒷부분은 추가되는 유효시간의 시작시간 `VTs`와 종료시간 `VTe`, 현재 튜플의 이력정보를 가리키는 지시자로 이력 테이블의 객체 식별자 `fid`를 가진다.

〈표 3〉 테이블 확장 구현의 예
 (Table 3) An Example of Implementation of Table Extension

확장 명령어 확장 내용	테이블 확장 명령어
(a)공간 이력 테이블 확장	<code>% admlayer -o create -d Kentucky -k COUNTY -l 405 -n "History of County" -e PD -s 1 -m local -g 120000, 0, 0</code>
(b)속성 이력 테이블 확장	<code>% admattr -o create -d Kentucky -l 405 -s "-name varchar(20), tot_pop NUMBER(30)"</code>
(c)속성 추가	<code>% admattr -o alter -d Kentucky -l 405 -s "add VTs DATE, VTe DATE, prev NUMBER(38)"</code>

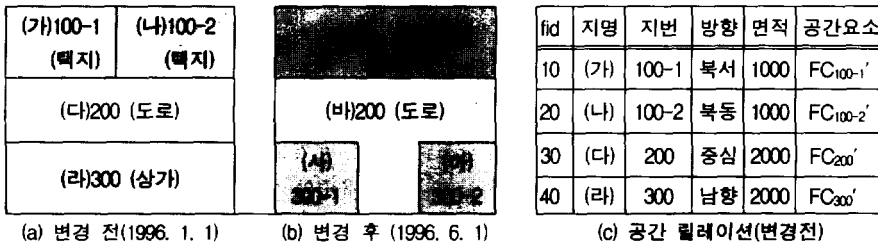
5. SDE의 이력지원 수행

지형객체는 시간의 흐름에 따라 토지의 소유주 변경이나 소유주의 신상 변경과 같은 속성변화와 토지의 합병과 분할, 도로의 신설 및 합병과 따른 지형 변경과 같은 주요 공간적 변화에 의한 이력 데이터가 발생한다. 전통적인 GIS는 단지 이러한 지형객체의 스냅샷 정보만을 관리하므로 이력정보를 유지할 수 없다. 따라서, 이 논문은 GIS에서 지형객체의 이력 지원을 목표로 시간차원 확장에 의한 SDE 공간도구 기반의 시공간 데이터 모델을 구현하였다. 이 장은 SDE 시간차원 확장 모델의 구현 검토로서 그림 2의 공간 연산의 발생과 그에 따른 공간 데이터베이스 변화의 예를 통해 제시하도록 한다.

그림 2(a)에서 지형객체 (가), (나), (라)는 택지를 나타내며, (다)는 도로망을 표시한다. 여기서 지형객체 (가)와 (나)는 시간 흐름에 따라 그림 2(b)의 (마)와 같

이 택지 '합병'연산의 발생을 의미하며, 시공간 데이터베이스에서 그 이력 데이터를 생성한다. 이와 같은 이력정보의 발생은 기존의 GIS 경우 과거의 이력 데이터는 삭제되고 현재의 변경된 스냅샷 정보만을 데이터베이스에 기록하지만, 구현된 시공간 데이터베이스에서는 이전 데이터는 과거의 이력정보로서 공간 이력 테이블과 속성 이력 테이블에 저장되며 현재의 공간 데이터는 공간 테이블과 속성 테이블에 신규로 등록된다. 뿐만 아니라 현재의 공간 데이터는 그 이력정보의 위치정보를 동시에 저장하여 차후 지형객체의 이력 질의에 의해 처리되도록 한다.

예를 들면, 그림 2(a)에서 지형객체 (가)와 (나)는 1996년 6월 1일자로 '합병 연산'에 의해 그림 2(b)의 지형객체 (마)와 같이 하나로 통합되었다. 이것은 구현된 시공간 데이터베이스에서 객체 (가)와 (나)의 공간 데이터는 이력 테이블로서 그 유효기간으로 초기부터 합



(그림 2) 지형객체의 공간연산 결과 및 초기의 공간 릴레이션
(Fig. 2) Results of Spatial Operations for Features and their Initial Spatial Relations

<표 4> 시공간 데이터베이스에서 이력 지원의 예
(Table 4) An Example of History Management in the Spatiotemporal Database

fid	지명	지번	방향	면적	공간요소
50	(마)	100	북동	2000	FC ₁₀₀ '
60	(바)	200	중심	2400	FC ₂₀₀ '
70	(사)	300-1	동서	800	FC ₃₀₀₋₁ '
80	(아)	300-2	동남	800	FC ₃₀₀₋₂ '

공간 릴레이션 (F')

gid	VTs	VTe	prev
50	1996-01-01	now	MERGE
60	1996-01-01	now	630
70	1996-01-01	now	640
80	1996-01-01	now	640

속성 릴레이션 (A')

fid	지명	지번	방향	면적	공간요소
610	(가)	100-1	북서	1000	FC ₁₀₀₋₁ '
620	(나)	100-2	북동	1000	FC ₁₀₀₋₂ '
630	(다)	200	중심	2000	FC ₂₀₀ '
640	(라)	300	남향	2000	FC ₃₀₀ '

공간 이력 릴레이션 (F'')

gid	VTs	VTe	prev
610	1996-01-01	1996-05-31	NULL
620	1996-01-01	1996-05-31	NULL
630	1996-01-01	1996-05-31	NULL
640	1996-01-01	1996-05-31	NULL

속성 이력 릴레이션 (A'')

병연산이 발생하기 전까지의 '1996-01-01-1996-05-31'을 가지고 이력 테이블에 저장되며, 그 이력 지시자는 지형객체의 초기 모습이므로 NULL값을 갖는다. 예로, 다음의 (가)와 (나)는 공간 및 속성 이력정보로서 (610, '가', '100-1', '북서', 1000m2, FC610') & (610, '1996-01-01', '1996-05-31', NULL)와 (620, '나', '100-2', '북동', 1000m2, FC620') & (620, '1996-01-01', '1996-05-31', NULL)은 과거의 공간 및 속성 이력 테이블에 저장된다. 반면에 지형객체 (마)는 신규 생성된 지형객체로서 현재의 공간 테이블과 속성 테이블에 등록되며 그 이력 지시자로서 (가)와 (나)를 갖는다. 그 예로, 객체 (마)는 공간 벡터 (50, '마', '100', '북향', 2000m2, FC50')와 속성 벡터 (50, '1996-06-01', 'now', MERGE)로 새로 저장된다. 이 때 그 이력 지시자로서 'MERGE'를 표시하고 실제 이력 지시자는 별도의 속성 테이블에 '객체 식별자와 그 이력 지시자'에 의해 표현한다. 예로 (50, 610) & (50, 620)의 형태로 저장된다. 그 이유는 예에서 보는 바와 같이 합병 연산은 다른 연산과 달리 여러 개의 지형객체가 하나로 통합되므로 여러 개의 이력 지시자의 효율적인 저장을 위하여 별도의 속성 테이블로 분리하여 관리하도록 구현되었다.

아울러 그림 2에서 지형객체 (라)는 1996년 6월 15일자로 '분리 연산'에 의해 그림 2(b)의 지형객체 (사)와 (아)로 분리되었다. 이것은 설계된 시공간 데이터베이스에서 지형객체 (라)는 이력 데이터로서 공간 및 속성 이력 테이블에 (640, '라', '300', '남향', 2000m2, FC630') & (640, '1996-01-01', '1996-05-31', NULL)이 저장된다. 반면에 분리 생성된 지형객체 (사)와 (아)는 그 이력 지시자로서 지형객체 (라)를 가리키며 공간 테이블과 속성 테이블에 신규로 등록된다. 즉, 공간 벡터 (70, '사', '300-1', '남서', 800m2, FC60') & 속성 벡터 (70, '1996-06-01', 'now', 640)와 공간 벡터 (80, '아', '300-2', '남동', 800m2, FC70')와 속성 벡터 (80, '1996-06-01', 'now', 640)이 신규로 등록된다.

또한, 그림 2에서 지형객체 (다)는 1996년 6월 15일자로 '공간크기 변경'에 의해 그림 2(b)의 지형객체 (바)와 같이 변화하였다. 이것은 설계된 시공간 데이터베이스에서 지형객체 (다)는 이력 데이터로서 공간 및 속성 이력 테이블에 (630, '다', '200', '중심가', 2000m2, FC640') & (630, '1996-01-01', '1996-05-31', NULL)이 저장된다. 반면에 변경된 지형객체 (바)는 그 이력 지시자로서 지형객체 (다)를 가리키며 공간 테이블과

속성 테이블에 신규로 등록된다. 즉, 지형객체 (바)는 공간 및 이력 테이블에 신규로 공간벡터 (60, '바', '200', '중심가', 2400m2, FC70') & 속성 벡터 (60, '1996-06-01', 'now', 630)을 등록한다. 지금까지 그림 2(a)의 초기 지형에서 그림 2(b)의 공간 변화에 따른 시공간 데이터베이스의 이력 체계는 표 4의 공간 릴레이션 F'과 속성 릴레이션 A'의 변화와 공간 이력 릴레이션 F''과 속성 이력 릴레이션 A''의 이력 데이터로 요약된다.

결론적으로 구현된 시공간 데이터 모델에서는 단순히 소유주의 변경과 같은 속성 연산과 분리, 합병, 재구성과 같은 공간 연산에 의해 발생하는 모든 이력 데이터를 유지, 관리할 수 있으며, 이력질의 연산자 지원에 의해 지정된 객체의 모든 이력 질의도 가능하다. 아울러 기존의 GIS에서는 단지 지형객체의 현재의 스냅샷 정보만을 유지하는 것과 달리, 구현된 시공간 데이터베이스에서는 과거의 이력 데이터는 물론 현재의 모든 유효 정보를 유지 관리할 수 있을 뿐만 아니라 이력정보의 검색과 질의가 가능하다.

6. 결과 검토

공간에는 많은 지형 또는 공간객체들이 위치하고 있으며, 이것들은 시간의 흐름에 따라 소유주 변경이나 소유주의 주소 변경, 필지의 지번 변경과 같은 속성 연산과 토지의 분할, 합병, 재조정이나 구획 정리와 같은 공간적 변화를 발생하는 연산에 의해 지형객체의 이력 데이터를 발생한다. 하지만 기존의 공간도구는 단순히 현재에 존재하는 지형객체의 공간 또는 속성 정보의 유지, 관리할 수 있는 기능만을 제공한다. 그 예로, 최근에 많이 사용되고 있는 ARC/INFO, SDE, GOTHIC, Smallworld, Intergraph, Genasys와 같은 공간도구들의 경우 단지 현재 지형객체의 스냅샷 정보만을 취급하므로 이력정보를 다룰 수 없다.

따라서, 이 연구에서는 SDE의 공간 데이터 모델의 분석을 바탕으로 시간차원과 이력 지시자를 확장 지원하는 시공간 데이터 모델을 구현하였다. 즉 시간 개념을 적용한 시공간 데이터 모델은 SDE 공간 데이터 모델을 기반으로 앞의 그림1과 같이 시간차원 확장된 시공간 데이터 모델의 이력관리 체계를 갖으며, 이력정보의 시간차원 확장을 위한 유효시간 및 이력 지시자 속성 추가 등으로 구현하였다. 추가된 유효시간과 이력 지시자 정보는 지형객체의 유효기간을 저장하고,

그 이력 지시자 정보를 유지함으로써 사용자로부터 특정한 지형객체의 식별 또는 그 이력 정보의 검색과 그 이력정보를 이용한 새로운 의사결정 정보를 생성할 수 있다. 뿐만 아니라 SDE 시간차원 확장에는 이력 데이터의 저장을 위한 공간 이력 릴레이션과 속성 이력 릴레이션의 확장을 포함한다.

SDE 시간확장 모델에서 현재의 유효 객체는 기존의 SDE 공간 데이터베이스에서 관리하는 공간 릴레이션과 속성 릴레이션에 저장되며, 과거의 이력정보는 새로 추가된 공간 이력 테이블과 속성 이력 테이블에서 관리되도록 구현하였다. 또한 새로운 시공간 객체의 생성은 공간 테이블과 속성 테이블에 등록되어 관리된다. 기존의 시공간 객체의 속성 또는 공간 변경은 튜플수준 버저닝 기법에 따라 변경된 신규 정보는 공간 테이블과 속성 테이블에 등록되고 과거의 이력 데이터는 추가된 공간 이력 테이블과 속성 이력 테이블에 저장되어 관리된다. 아울러 이력정보 발생은 현재 객체와 이력 객체간의 이력 지시자에 의해 연결된다.

따라서, 현재의 지형객체는 이전의 SDE와 같은 방법으로 공간 릴레이션과 속성 릴레이션으로부터 검색이 가능하며, 그 이력정보는 기존의 SDE 공간 릴레이션에서 이력 지시자 정보를 이용하여 공간 이력 테이블과 속성 이력 테이블로부터 검색할 수 있다. 그러므로 구현된 SDE 기반 시공간 데이터 모델에서는 현재 객체와 이력 객체의 완전한 분리 저장으로 기존의 SDE 공간 데이터 모델의 유지와 시간차원 확장에 의한 이력 데이터의 효율적인 데이터 관리(예:백업 등)가 기대된다.

결국 시간차원 확장된 시공간 데이터 모델 구현은 기존의 GIS에서 제기된 지형객체의 이력정보의 유지, 관리가 가능하며, 그 이력정보의 검색 또는 갱신 연산을 지원한다. 시간 개념을 적용한 시공간 데이터 모델 연구 결과와 그 기대효과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 이 연구는 지리정보 시스템에서 공간 데이터베이스의 시간차원 확장에 의한 시공간 데이터 모델의 구현으로 공간객체의 모든 이력정보를 유지 관리할 수 있을 뿐만 아니라 그 이력정보의 검색과 갱신이 가능하다.

둘째, 설계된 시공간 데이터 모델에 현재의 유효 객체는 기존의 SDE 공간 릴레이션과 속성 릴레이션에 저장하고, 그 이력정보는 기존의 SDE 공간 릴레이션에서 이력 지시자 정보를 이용하여 공간 이력 테이블

과 속성 이력 테이블에 저장되는 분리형 이원 저장구조를 채택하였다. 그러므로 기존의 SDE 공간 데이터 모델의 독립성을 유지하고 시간차원 확장에 의한 이력 데이터의 효율적인 데이터 관리가 기대된다.

셋째, 시간과 공간의 개별적인 연구와 함께 기존의 시공간 데이터베이스 연구가 추상적인 연구에 치중한다면, SDE 시간차원 확장 연구는 실질적인 시공간 데이터 모델의 구현으로 시공간 데이터베이스 연구의 기초 자료가 될 것이다.

넷째, 이 연구는 기존의 공간도구를 기반으로 제층적 접근 방법의 채택으로 시스템의 확장이 용이하며 다른 시스템으로의 이식성이 아주 높을 것으로 기대된다.

7. 결 론

최근 지리정보 시스템 분야에서는 시간에 따라 변화하는 공간정보를 효율적으로 저장 및 관리와 질의처리를 위해 기존의 시간 데이터베이스 분야에서 연구되고 있는 시간개념을 기반으로 시간지원 지리정보 시스템과 관련된 연구가 활발히 연구되고 있다. 또한, 공간에는 많은 지형객체들이 위치하고 있으며, 시간의 흐름에 따라 지형에 공간 또는 속성의 변화를 일으키는 공간 연산에 의해 많은 이력정보가 발생한다. 하지만 기존의 GIS 공간도구는 단지 현재의 지형정보만을 저장, 관리, 분석 및 제어하는 정보 시스템의 형태이므로 과거의 이력정보 관리는 물론 이력정보의 검색 질의도 지원하지 못한다.

이 연구에서는 모델의 설계 및 구현에 앞서 시간 관련 버저닝 기법, 시간에 따른 데이터베이스 분류와 시간 표현 형식, 시간차원을 정의하여 공간 데이터 모델의 시간차원 확장에 필요한 시간 개념을 정리하였다. 그리고 공간 데이터 모델에서 시간 개념과 시간차원 확장의 정립 결과를 토대로 기존의 지리정보 시스템을 시간차원 확장하여 실제계에서 발생하는 공간 변화를 관리할 수 있는 시공간 데이터 모델을 설계한 다음 SDE 공간 데이터 모델의 시간차원과 이력 지시자의 확장 형태로 구현하였다. 주요 연구내용에는 시공간 데이터 모델의 설계시 주요 고려사항 제시와 이에 따른 시공간 데이터 모델 설계, SDE 기반의 시공간 데이터 모델의 구현, 이력 발생에 따른 제시된 시공간 데이터베이스의 변화 과정 등을 기술하였다.

특히 이 연구는 계층적 접근 방법에 의한 시공간 데이터 모델의 구현으로 공간에서 발생하는 모든 이력 정보의 유지 관리가 가능하며 앞으로 시공간 데이터베이스 연구의 실질적인 기초 연구자료로서 기여가 예상된다. 앞으로 연구방향으로서는 시공간 데이터베이스의 질의 연구로서 SDE 기반 시간 연산자 뿐만 아니라 다른 공간 또는 시공간 연산자를 포함한 SQL 확장의 구현과 효율적인 시공간 질의처리를 위한 시공간 색인 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

[1] Bohlen, Michael, Christian S. Jensen, and Bjorn Skjellaug, "Spatio-Temporal Database Support for Legacy Applications", A TimeCenter Technical Report TR-20, Jul. 9, 1997.

[2] Cheng, Tsz S. and Shashi K. Gardia, "A pattern matching language for spatio-temporal databases", CIKIM'94, pp.287-295, 1994.

[3] Claramunt, C., "Managing Time in GIS: An Event-Oriented Approach", Recent Advances in Temporal Databases, Workshops in Computing Series, Edited by J. Clifford, and A. Tuzhilin(eds) (Berlin:Springer-Verlag), pp.23-42, 1995.

[4] Clifford, J. and D. S. Warren, "Formal Semantics for Time in Database", ACM Trans. Database System, Vol.8, No.2, pp.214-254, June 1983.

[5] ESRI, Introduction to SDETM, Environmental Systems Research Institute, Inc., 1996.

[6] Jensen, C. S., M. D. Soo, and R. T. Snodgrass, "Unifying Temporal Data Models via a Conceptual Model", Information Systems, Vol.19, No. 7, pp.513-547, 1994.

[7] Langran, G., Time in Geographic Information Systems, London: Taylor & Francis, 1992.

[8] Lorentzos, Nikos A. and Yannis G. Mitsopoulos, "SQL Extension for Interval Data", IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, Vol. 9, No.3, pp.480-499, May/June 1997.

[9] Maiocchi, R., M., P. D. Milano and B. Pernici, "Automatic Deduction of Temporal Information", ACM Trans. on Database Sys., Vol.17, No.4, pp.

647-688, Dec., 1992.

[10] Montgomery, L. D., Temporal Geographical Information Systems Technology and Requirements: Where we are today, Master's thesis, The Ohio State University, 1995.

[11] Peuquet, D. and N. Duan, "An event-based spatiotemporal data model(ESTDM) for temporal analysis of geographical data", Information Systems, Vol.9, No.1, pp.7-24, 1995.

[12] Renolen, A., "Temporal Maps and Temporal Geographical Information Systems", Dept. of Surveying and Mapping(IKO), The Norwegian Institute of Technology, email:agnar@jko. unit.no, Feb. 14, 1996.

[13] Segev, A. and A. Schoshani, "Logical Modeling of Temporal Data," Association for Computing Machinery, pp.454-466, 1987.

[14] Snodgrass, R. and I. Ahn, "Temporal Databases", IEEE Computer, Vol.19, No.9, pp.35-42, Sep. 1986.

[15] Snodgrass, R. T., The TSQL2 Temporal Query Language, Tucson AZ: Kluwer Academic Publishers, 1995.

[16] Tansel, A. U., "Adding Time Dimension to Relational Model and Extending Relational Algebra", Information Systems, Vol.11, No.4, pp.343-355, 1986.

[17] Tansel, A. U., J. Clifford, S. Gadia, S. Jajodia, A. Segev, and R. Snodgrass, Temporal Databases: Theory, Design, and Implementation, The Benjamin/Cummings Publishing Company Inc., pp. 110-114, 1993.

[18] Worboys, Michael F., "A Unified Model for Spatial and Temporal Information", the Computer Journal, Vol.37, No.1, 1994.

[19] Yuan, M., "Temporal GIS and Spatio-temporal Modeling", the 3rd International Conference/Workshop Integrating GIS and Environmental Modeling, Jun. 21, 1996.

[20] 김동호, 이종연, 이성중, 류근호, "이원 복합형 시공간 데이터베이스 모델과 객체-관계형 시공간 질의 언어", 충북대학교 컴퓨터정보통신연구소 논문지, 제 5권 제 1호, 45-67쪽, 1997년 8월.

- [21] 김태영, 이종연, 김효실, 류근호, "지리정보 시스템에서 시공간 위상관계 연산의 설계 및 구현", 한국정보처리학회 추계 학술발표논문집, 제4권, 제2호, 493-497쪽, 1997년 10월.
- [22] 김동호, 이종연, 주영도, 류근호, "계층적 시간지원 지리정보 시스템을 위한 시공간 데이터 모델과 그 연산자 확장", 한국정보처리학회 논문지, 제5권, 제5호, 1083-1097쪽, 1998년 5월.



이 종 연

1985년 충북대학교 전자계산학과 (공학사)
 1987년 충북대학교 대학원 전자계산기공학과(공학석사)
 1998년 충북대학교 대학원 전자계산학과 박사수료

1990년~1994년 현대전자(주) 소프트웨어연구소(주임)
 1994년~1996년 현대정보기술(주) CIM사업부 근무(책임)
 관심분야 : 시공간 데이터베이스, 능동 데이터베이스, GIS, CIM



안 병 익

1991년 대전대 전자계산학과(학사)
 1993년 동국대 컴퓨터공학과(석사)
 1997년 정보처리 기술사
 1993년~현재 한국통신 멀티미디어연구소 전임연구원
 관심분야 : GIS, GPS, 데이터베이스 시스템, Internet, Reduction Architecture



류 근 호

1976년 숭실대학교 전산학과(이학사)
 1980년 연세대학교 산업대학원 전산전공(공학석사)
 1988년 연세대학교 대학원 전산전공(공학박사)

1976년~1986년 육군군수 지원사 전산실(ROTC장교)
 한국전자통신연구소(연구원), 한국방송통신대 전산학과(조교수) 근무
 1989년~현재 충북대학교 컴퓨터공학과 교수 겸 컴퓨터정보통신연구소장
 관심분야 : 시간지원 데이터베이스, 시공간 데이터베이스, 정보검색, 객체 및 지식베이스 시스템