

GeoStore : 국가 GIS 객체지향 공간 객체 저장 시스템[†]

한국과학기술원 황규영*

서울시립대학교 홍의경*

부산대학교 이기준**

경북대학교 박영철*

1. 서 론

지리 정보 시스템(GIS : Geographic Information System)은 지리 공간에 존재하는 건물, 도로 등의 공간 객체를 저장, 관리하는 시스템으로 국가 기관의 업무수행이나 기업의 사업수행에 있어서 필수 요소가 될 정도로 그 중요도가 높은 시스템이다. 특히 데이터베이스 관리 시스템은 지리 정보를 효율적으로 저장, 관리하고 다양한 형태의 질의를 처리하여 보다 손쉽게 여러 가지 응용을 개발할 수 있는 바탕이 되는 핵심 부분이다.

국가 GIS 과제에서 데이터베이스 관련 부분을 중점적으로 연구하는 과제가 DBTOOL 중과제이다. DBTOOL 중과제는 공간 객체 관리 시스템 개발, 공간 객체 저장 시스템 개발, OODBMS 인터페이스 개발, 그리고 RDBMS 인터페이스 개발 등 총 4개의 세부과제로 구성된다.

그림 1은 DBTOOL 중과제의 전체 구성을 나타낸 것이다. 공간 객체 관리 시스템과 공간 객체 저장 시스템은 GIS용 데이터베이스 관리 시스템을 구성하게 되며, OODBMS 인터페이스와 RDBMS 인터페이스를 사용하여 기존의 상용 데이터베이스 관리 시스템과의 연계 및 기본 소프트웨어와의 연계를 이룬다.

본 논문에서는 DBTOOL 중과제의 4개 세부

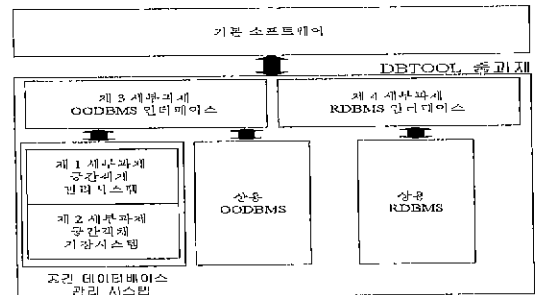


그림 1 DBTOOL 중과제 전체 구성

과제 중 제2 세부과제인 공간 객체 저장 시스템 개발에 대하여 소개한다. 개발될 공간 객체 저장 시스템은 GeoStore라고 부른다. 공간 객체 저장 시스템 개발 과제는 총 3년의 계획으로 1995년 12월에 시작하여 현재까지 2년간 연구가 수행되어 1차 프로토타입의 개발이 완료된 상태로서 공간데이터와 비공간데이터를 동일한 데이터베이스 내에서 통합하여 관리할 수 있는 객체지향 공간 객체 저장 시스템인 GeoStore를 개발하는 것을 최종 목표로 삼고 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 GeoStore에서 제공하는 공간 데이터 모델을 소개한 뒤, 제3장에서는 GeoStore의 아키텍처에 대해 논의한다. 끝으로 제4장에서는 결론을 맺는다.

2. 공간 데이터 모델

GeoStore는 점, 선, 다각선, 다각형, 면의 다섯 가지 공간 객체를 모델링 하는 공간 데이

[†] 본 연구는 국가 GIS 공간 객체 저장 시스템 개발 과제로부터 부분적으로 지원받았음.

* 종신회원

** 정회원

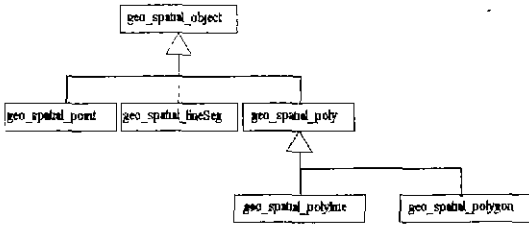


그림 2 GeoStore가 제공하는 기본 공간 클래스 구조도

타 모델을 제공한다. 사용자는 이 공간 데이터 모델을 사용하여 GeoStore에 저장되는 공간 객체를 모델링할 수 있다. 그림 2는 GeoStore가 제공하는 공간 데이터 모델을 도식화한 것이다.

GeoStore는 공간 객체의 위상 정보를 저장 시스템 수준에서 통합하여 관리한다. 위상 정보는 공간 객체사이에 존재하는 관계를 나타내는 공간 정보의 하나로서 공간 질의 처리시 유용하게 사용된다[4]. 이러한 위상 정보는 공간 객체와 더불어 하나의 저장 시스템에 통합 관리되어야 일관되게 유지할 수 있으며 질의처리 성능을 크게 향상시킬 수 있다.

GeoStore는 사용자가 필요로 하는 위상 정보의 양에 따라 위상 수준을 0, 1, 2, 3으로 구분하여 위상 정보를 자동으로 생성, 관리한다. 위상 수준 0은 아무런 위상 정보도 관리하지 않는 수준이고 수준이 올라갈수록 위상 정보의 양이 많아진다. 위상 정보의 양이 많을수록 다양한 공간 질의를 보다 빠르게 처리할 수 있다.

3. GeoStore의 아키텍처

공간 객체 저장 시스템 개발 과제의 연구 내용은 크게 공간 액세스 방법인 MLGF와 MLGF에서의 동시성 제어 및 파손회복 기능 개발, 원시적 데이터 모델 관리자의 개발, 위상정보 구축기 및 표준 포맷 입출력기의 개발, 그리고 공간 연산 API 및 기본 공간 클래스 라이브러리의 개발로 이루어진다. 본 장에서는 GeoStore의 아키텍처를 설명한다.

3.1 전체 구조

GeoStore의 전체구조는 그림 3과 같다. Ge-

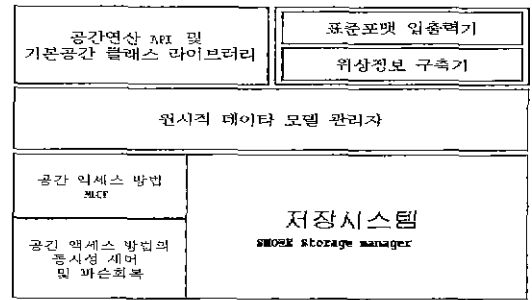


그림 3 GeoStore의 아키텍처

oStore는 하부 저장 시스템으로 MLGF 공간 액세스 방법이 추가된 SHORE를 사용한다. 이렇게 확장된 SHORE 저장 시스템은 공간 객체와 비공간 객체를 동일 저장 시스템 내에서 저장, 검색할 수 있는 기능을 제공할 수 있다.

원시적 데이터 모델 관리자는 의사 클래스(pseudo class)를 통해 저장 시스템 수준에서의 객체 지향 모델링 기능을 제공한다. 의사 클래스란 객체 지향 언어에서의 클래스와 개념적으로는 같은 것이나 형태적으로는 저장 시스템의 타입(type) 시스템을 통해 정의된다는 점에서 다르며 저장 시스템의 성능향상에 필수적인 요소이다. 사용자는 이러한 객체 지향 모델링 기능을 사용해 별도의 모듈을 거치지 않고 저장 시스템 수준에서 바로 복잡한 객체 지향 응용 프로그램을 작성할 수 있다.

GeoStore는 또한 의사 클래스를 사용해 지리 정보 시스템에서 사용되는 공간 객체들을 모델링하는 기본공간클래스와 이에 대한 다양한 공간 연산자를 제공한다. 사용자는 기본공간클래스와 공간 연산자를 사용해 복잡한 지리정보 응용 프로그램을 쉽게 작성할 수 있다.

위상 정보 구축기는 GeoStore에 저장된 공간 객체들 사이에 존재하는 위상정보를 자동으로 도출, 저장, 관리한다. 특히 위상 정보가 GeoStore내에 통합 저장되고, 자동으로 갱신되는 기능을 갖추어 사용자는 위상 정보에 대한 별도의 연산을 하지 않고도 풍부한 위상관련 연산을 이용할 수 있다.

SDTS(Spatial Data Transfer Standard) 표준 포맷 입출력기는 GeoStore와 타 지리 정보 시스템과의 정보 교환을 위해 국가 표준으로 정해진 SDTS로 데이터베이스 내의 정보를

입출력하는 기능을 제공한다. 이 기능을 통해 기존에 만들어진 데이터를 GeoStore가 사용할 수 있으며 역으로 GeoStore에 저장된 정보를 타 지리 정보 시스템에서 사용할 수 있어서 상호가동성(Interoperability)이 높아진다.

다음 절에서는 GeoStore의 각 구성요소에 대해 자세히 설명한다.

3.2 MLGF 공간 액세스 방법

SHORE 저장 시스템은 공간 액세스 방법으로 이미 R*-Tree[3]를 제공하나 R*-Tree가 MLGF에 비해 성능이 떨어지며 관리하기가 복잡하다는 연구결과[8]가 나오고 있어서 GeoStore에서는 이를 사용하지 않고 대신 구석점 변환 기법이 적용된 MLGF를 사용한다. MLGF는 다차원 점 액세스 방법으로 어떠한 데이터 분포에 대해서도 잘 적응하여 성능에 영향을 받지 않으며 인덱스에 대한 연산이 규칙적이고 간단하여 동시성제어 및 파손회복이 용이하다[8][9][10][11].

특히 GeoStore에서는 다차원 색인 구조에 대한 동시성제어 시 발생하는 유령현상을 해결하기 위하여 계층적 키범위 로킹 기법[6]을 고안하여 구현하였다. 계층적 키범위 로킹 기법은 적은 수의 로크만으로도 유령현상을 해결하면서 높은 동시성을 제공하는 방법이다.

구석점 변환 기법[7]은 n차원 원공간의 영역을 각차원의 양 끝점을 사용하여 2n차원 변환공간의 점으로 표현하는 기법이다. 구석점 변환 기법을 이용하면 다차원 점 액세스 방법을 공간 액세스 방법으로 사용할 수 있고 변환공간에서의 객체 분포 특성을 이용하여 공간 질의와 공간 조인의 성능을 높일 수 있다. 특히 공간 조인의 경우 R*-Tree를 사용한 공간 조인에 비해 1.2배 더 좋은 것으로 실험 결과가 나타나 있다[8].

3.3 원시적 데이터 모델 관리기

원시적 데이터 모델 관리기는 저장 시스템 수준에서 데이터의 타입, 집합(set), 객체지향 모델링 방법, 릴레이션쉽, 자동 인덱스 기능을 제공한다. 원시적 데이터 모델 관리기를 이용하면 상위 모듈에서 객체 지향 모델링을 쉽게

사용할 수 있으며 저장 시스템을 직접 사용해 객체 지향 응용 프로그램을 작성할 수 있다. 원시적 모델 관리기에서 제공되는 기본 데이터 타입으로는 정수(2-byte, 4-byte size), 실수(4-byte, 8-byte size), 문자열, 가변길이 문자열 등이 있으며 이들 기본 데이터 타입에 대한 집합을 정의할 수 있다.

원시적 모델 관리기에서 제공하는 의사클래스를 사용한 객체지향 모델링 방법으로는 의사클래스의 정의와 의사클래스간의 상속이 있다. 의사 클래스 정의 및 상속은 객체 지향 언어에서의 클래스 정의 및 상속과 개념적으로 동일하기 때문에 사용자는 저장 시스템에서 관리될 객체들을 객체 지향 언어에서와 같이 모델링할 수 있다.

의사 클래스간에는 릴레이션쉽이 정의될 수 있다. 정의될 수 있는 릴레이션쉽의 종류로는 릴레이션쉽의 방향성(directionality)에 따라 양방향 릴레이션쉽과 단방향 릴레이션쉽이 있으며, 릴레이션쉽에 참여하는 객체의 수(cardinality)에 따라 1-to-1, 1-to-N, N-to-1, N-to-M 릴레이션쉽이 있다.

자동 인덱스 기능은 객체의 속성 값의 변경으로 인한 인덱스의 수정을 저장시스템이 자동으로 처리하는 기능이다. 객체에 정의된 여러 개의 인덱스를 객체가 생성, 삭제, 수정될 때마다 수정하는 것은 응용 프로그램을 작성하는 사용자에게 큰 부담이 되는데 자동 인덱스 기능은 사용자의 이러한 부담을 없애준다.

3.4 공간 연산자

지리 정보 시스템에서 다루는 데이터들 중 공간 데이터가 연관된 공간 질의는 기존의 질의 처리방법으로는 효과적으로 처리할 수 없기 때문에 새로운 형태의 질의 처리 기술이 필요하다[5][7]. GeoStore에서 제공하는 공간 연산자는 이러한 공간 데이터가 연관된 공간 질의에 대한 처리 방법을 제공한다. GeoStore에서 제공하는 다양한 공간 연산자는 의사클래스를 사용하여 그 처리 속도가 빠르기 때문에 GeoStore를 하부 시스템으로 사용하는 지리 정보 시스템의 질의 처리 성능을 향상시킨다.

GeoStore가 제공하는 공간 연산자는 크게

위상 연산자, 기하 연산자, 기타 연산자로 구성된다[2]. 위상 연산자는 공간 객체들 사이의 위상 관계를 구하는 연산자이고, 기하 연산자는 공간 객체의 거리, 면적, 길이 등의 기하적인 수치를 구하는 연산자이다. 기타 연산자는 위상 연산자와 기하 연산자를 제외한 연산자이다. 이러한 공간 연산자들은 모두 객체의 메소드로 정의되어 있다.

3.5 위상정보구축기

위상정보구축기는 위상 정보가 없는 데이터로부터 위상 정보를 구축하는 기능을 제공한다. 구축된 위상 정보는 공간 질의 처리중 위상 연산에 사용되며 공간 질의의 처리시간을 단축한다.

GeoStore가 제공하는 위상 정보 구축기의 가장 큰 특징은 부분 위상 정보 변경 기능이다. 지리 정보가 동적으로 추가, 변경되는 응용에서 부분 위상 정보 변경 기능은 필수적이다. 왜냐하면 부분 위상 정보 변경 기능이 없는 지리 정보 시스템의 경우, 위상 정보가 변경되면 전체 위상 정보를 처음부터 다시 구축해야 한다. 이 경우 위상 정보를 구축하기 위해 시스템이 멈추어 사용자가 사용할 수 없게 되며 일시적으로 위상 정보가 반영되지 않는 상태가 생겨 위상 정보의 일관성이 깨지는 등의 오동작하게 되는 심각한 문제점을 가진다. GeoStore에서는 지리 정보가 동적으로 추가, 삭제되는 경우 변경되어야 하는 최소한의 영역을 찾아 위상 정보를 빠르게 변경한다.

이 외에도 GeoStore는 사용자가 지정한 위상 수준의 위상 정보를 일괄적으로 구축하는 위상 정보 일괄 구축 기능과 데이터베이스에 생성된 위상 정보의 일관성을 검증하는 위상 정보 검증 기능을 갖추고 있다. 이러한 기능들은 위상정보 구축기가 저장시스템 수준에서 밀접하게 있어 공간 연산자와 공간 액세스 방법을 최대한 활용할 수 있으므로 그 처리 속도가 타 시스템에 비해 매우 빠르다.

3.6 SDTS 표준 포맷 입출력기

공간 정보를 저장하고 관리하여 분석과 응용을 할 수 있게 해주는 지리 정보 시스템은 시

스템에 따라 저장 관리하는 공간 데이터의 표현 방법이 서로 다르다. 그러므로, 한 지리 정보 시스템에서 구축된 공간 데이터를 다른 지리 정보 시스템에서 사용하는 것은 거의 불가능하다.

SDTS(Spatial Data Transfer Standard)는 지리 정보 시스템 간의 정보 교환 문제를 해결하기 위해 제시된 표준 공간 데이터 교환 포맷[1]으로 우리나라에서도 SDTS를 국가 표준으로 지정하고 있다. GeoStore에서는 SDTS로의 입출력 기능을 제공함으로써 타 지리 정보 시스템과의 상호가동성을 높이고 있다.

4. 결 론

지리 정보 시스템의 하부구조를 이루는 공간 객체 저장시스템은 지리 정보 시스템이 다루는 공간객체를 저장, 관리하는 시스템으로 지리 정보 시스템의 성능과 기능면에서 핵심이 되는 구성요소이다. 특히 공간 데이터 모델과 위상 정보 관리기능을 저장시스템 수준에서 통합하여 빠른 성능과 다양한 기능을 제공하면서도 데이터의 일관성을 유지하는 것이 필수적이다.

본 논문에서는 국가 GIS 프로젝트의 일환으로 개발중인 지리 정보 시스템을 위한 공간 객체 저장 시스템 GeoStore를 소개하였다. GeoStore는 공간 인덱스, 공간 연산자, 위상 연산 처리를 저장 시스템 수준에서 통합한 시스템으로서 다양한 기능과 높은 성능을 보장한다.

GeoStore는 다음과 같은 특징을 가진다. 첫째, 공간, 비공간 데이터를 유기적으로 통합 관리하여 공간 데이터와 비공간 데이터사이의 일관성을 유지하고 공간 질의에 대하여 높은 성능을 제공한다. 둘째, 공간 데이터에 대한 액세스 방법으로 적은 관리비용과 빠른 성능을 지닌 MLGF 공간 액세스 방법을 사용한다. 셋째, 의사클레스를 통하여 저장시스템 수준에서의 객체지향 모델링 기능을 제공함으로써 빠른 성능을 제공하고 응용 프로그램 작성이 용이하다. 넷째, 공간 객체를 쉽게 모델링할 수 있는 기본공간클래스와 공간 질의를 편리하게 구성할 수 있는 다양한 공간 연산자를 제공한다. 다섯째, 위상 질의를 빠르게 처리하는 위상 정

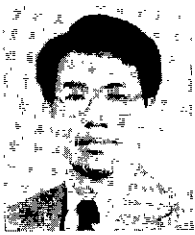
보를 생성, 저장, 관리하며 여섯째, 타 지리 정보 시스템과 정보를 용이하게 교환하기 위해 국가 표준 포맷인 SDTS(Spatial Data Transfer Standard)를 입출력 포맷으로 가진다.

GeoStore는 빠른 속도를 요하는 지리 정보 서버에서부터 풍부한 기능을 요하는 지리 정보 데이터베이스 시스템에 이르기까지 지리 정보 시스템의 전 분야에서 활용될 수 있는 공간 객체 저장 시스템이다. 이러한 특징을 가지는 GeoStore는 최근 업계에서 최고의 정보 제공 방법으로 평가를 받고 있는 WWW(World Wide Web)과 연계할 수 있는 최적의 저장 시스템이며 데이터베이스 시스템의 새로운 패러다임으로 활발히 연구개발중인 객체지향형 또는 객체관계형 데이터베이스 시스템의 하루 저장 시스템으로 사용할 수 있는 우수한 저장 시스템이다. GeoStore는 앞으로 WWW와의 연동을 통한 지리 정보 서버의 개발과 객체지향 데이터베이스 시스템으로의 확장을 위해 연구를 진행할 계획이다.

참고문헌

- [1] Phyllis Altheide, " n Implemen-tation Strategy for SDTS Encoding", American Congress on Surveying and Mapping, Vol.19. No. 5, Dec. 1992.
- [2] 배명석, 서범수, 홍의경, 김장수, "GIS에서 위상 연산자의 설계 및 구현", 데이터베이스 연구회지, 12권 3호, pp. 53~65, 1996.
- [3] N. Beckman, H. Kriegel, R. Schneider, and B. Seeger, "The R*-tree : An Efficient and Robust Access Method for Points and Rectangles", In Proc. Intl. Conf. on Management of Data, ACM SIGMOD, pp. 322~331, May 1990.
- [4] R. H. Gueting, "An Introduction to Spatial Database Systems", The VLDB Journal, Vol. 3, No. 4, pp. 357~399, Oct. 1994.
- [5] H. P. Kriegel, H. Horn, and M. Schiwietz, "The Performance of Object Decomposition Techniques for Spatial Query Processing", In Proc. 2nd Int'l Symp. on Large Spatial Databases, pp. 257~276, 1991.
- [6] 이국희, 장지웅, 황규영, "계층적 키범위 로킹 기법", 정보과학회 가을 학술발표 논문집. 제24권, 제2호, pp. 213~216, 1997.
- [7] B. Seeger and H. P. Kriegel, "Techniques for Design and Implementation of Efficient Spatial Access Methods", In Proc. 14th Int'l Conf. on Very Large Data Bases, pp. 360~371, 1988.
- [8] J. W. Song, S. W. Kim, K.-Y. Whang, "Spatial Join Processing Using Corner Transformation", 한국정보과학회 논문지, Vol.23, No.7, pp. 682~698, 1996년 7월(also, accepted to appear in IEEE Trans. on Knowledge and Data Engineering).
- [9] K.-Y. Whang and R. Krishnamurthy, Multilevel Grid Files, IBM Research Report RC 11516(51719), 1985.
- [10] K.-Y. Whang and R. Krishnamurthy, "The Multilevel Grid File-A Dynamic Hierarchical Multidimensional File Structure", In Proc. 2nd Intl. Conf. on Database Systems for Advanced Applications, pp. 449~459, 1991.
- [11] K.-Y. Whang, S.W. Kim and G. Widerhold, "Dynamic Maintenance of Data Distribution for Selectivity Estimation", The VLDB Journal, Vol.3, No.1, pp. 29~51, Jan. 1994.

할 규 영



1973 서울대학교 전자공학과 졸업(B.S.)
 1975 한국과학기술원 전기 및 전자학과 졸업(M.S.)
 1975 ~ 1978 국방과학연구소(ADD) 선임연구원
 1982 Stanford University(M.S.)
 1983 Stanford University(Ph.D.)
 1983~1990 IBM T.J. Watson

Research Center, Research Staff Member
 1990~현재 한국과학기술원 전산학과 교수
 1992~1994 한국정보과학회 데이터베이스 연구회(SIGDB) 운영위원장
 1995 한국정보과학회 이사 겸 논문지 편집위원장
 1997~현재 한국정보과학회 이사
 관심분야: 데이터베이스 시스템, 멀티미디어, GIS

홍 의 경



1981 서울대학교 사범대학 수학교육과 졸업(B.S.)
 1983 한국과학기술원 전산학과 졸업(M.S.)
 1984~현재 서울시립대학교 전신통계학과 교수
 1991 한국과학기술원 전산학과 졸업(Ph.D.)
 1996~현재 데이터베이스 연구회 운영위원
 1997~현재 한국정보과학회 논문지 편집위원

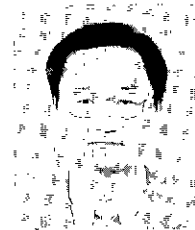
관심분야: 공간 데이터베이스, 분산 데이터베이스, 컴퓨터시스템 성능 평가

이 기 준



1984 서울대학교 전자계산학과 졸업(학사)
 1986 서울대학교 전자계산학과 졸업(석사)
 1992 프랑스 국립응용 과학원 전자계산학과 졸업(박사)
 1997~현재 부산대학교 전자계산학과 조교수

박 영 철



1977 서울대학교 전기공학과 졸업(학사)
 1981 서울대학교 전기공학과 졸업(석사)
 1981~1993 울산대학교 전자계산학과 부교수
 1986 Northwestern University 전산학 석사)
 1989 Northwestern University (전산학 박사)
 1990~1992 울산대학교 중앙전자계산소 소장

1991~1992 한국전자통신연구소 초빙연구원
 1992~1994 한국정보과학회 데이터베이스연구회 운영위원
 1993~현재 경북대학교 컴퓨터학과 부교수
 관심분야: 데이터베이스 시스템, 멀티미디어 데이터베이스, 객체지향 데이터베이스, 트랜잭션 처리

● 제8회 통신정보 합동학술대회 ●

- 일 자 : 1998년 4월 22일(수)~24일(금)
- 장 소 : 전주 리베라호텔
- 주 최 : 정보통신연구원
- 문 의 처 : 포항공과대학교 전자계산학과 김치하 교수
 Tel. 0562-279-5600