

# iSTORM: 인터넷 지향적 공간 객체-관계 데이터베이스 시스템

임헌기<sup>o</sup> 김영삼 김록원 남광우 류근호

충북대학교 데이터베이스연구소

{hklim, kwnam, yskim, rwkim, khryu }@dblab.chungbuk.ac.kr

## iSTORM: An Internet-oriented Spatial Object-Relational Database System

Hun Ki Lim,<sup>o</sup> Kwang Woo Nam, Young Sam Kim, Rok Won Kim and Keun Ho Ryu  
Dept. of Computer Science, Chungbuk National University

### 요 약

지금까지의 지리 정보 시스템의 개발은 특정 응용만을 목적으로 개별적이며 부분적인 연구가 진행되어 왔다. 그러나 최근의 인터넷 활성화는 지리정보시스템의 Web 기반화, 분산화를 요구하게 되었고, 데이터와 연산의 복잡성 때문에 파일이나 별도의 저장 공간을 사용하여 관리되었던 공간 데이터를 비공간데이터와 단일 데이터베이스화, 즉 공간데이터의 데이터베이스 시스템을 요구하게 되었다. 이 논문에서는 네트워크상에 분산되어 있는 GIS 응용을 위한 공간 객체-관계 데이터베이스 시스템의 설계 및 구현시스템을 제안한다. Java 언어를 사용하여 시스템은 구현되었으며, 데이터의 저장을 위해 관계형 데이터 베이스시스템을 사용하고 표준 인터페이스를 제공한다.

### 1. 서론

지금까지의 특정 응용만을 목적으로 개별적이며 부분적인 연구개발이 진행된 지리 정보 시스템의 기술 연구와 시스템들은 그 연구 목적에 따라 아주 상이하여 다른 목적에 의한 시스템의 통합 또는 표준화를 수행할 수 없는 문제점을 표출하고 있다. 최근의 인터넷의 활성화와 GIS 기술 그룹과 데이터베이스의 그룹간의 상호 연관된 연구의 필요성이 인식되면서 GIS 시스템은 Web 기반 그리고 데이터베이스화 되어가고 있다. 즉, 다음과 같은 향후 기술 개발의 필요성이 GIS 시스템 개발에 요구되어지고 있다.

첫째, 인터넷에 기반한 Web 기반 GIS 시스템의 개발이다. 현재의 기술 수준은 인터넷과 같은 글로벌 네트워크를 이용하기 위한 기술 개발은 아직 미비한 상태이며 전세계적으로 Web에 기반한 GIS 시스템 개발이 중요한 이슈로 부각되고 있다.

둘째, 공간 데이터의 데이터베이스 시스템화 기술 개발이다. 공간 데이터의 복잡한 속성과 연산 복잡성 때문에 공간 데이터를 일반 속성 데이터와 구별되는 파일이나 별도의 저장 구조를 사용하여 관리되어왔다.. 이것은 비공간 데이터와 공간 데이터간의 상호 동기화 문제와 트랜잭션의 처리 등에서 많은 문제점을 가지며 이러한 문제점을 해결하기 위해 공간 데이터와 비공간 데이터를 단일 데이터베이스화 하여야 한다.

셋째, GIS 응용과 공간 데이터베이스 시스템과의 인터페이스 기술의 개발이다. 네트워크 상에서 분산된 GIS 응용에 대한 분산 처리 및 표준 인터페이스 제공은 응용 개발

의 시간과 비용을 최소화 할 수 있는 기반이 된다. Open GIS 는 이러한 분산성을 지원하는 표준으로서 CORBA, OLE/COM, SQL 의 세가지 구현 명세를 제공하고 있다.

그러나 아직까지는 이 세가지 향후 기술을 모두 제공하고 있는 시스템은 없다. 따라서 이 논문에서의 개발 시스템 iSTORM 은 이 세가지 향후 기술 개발 필요성에 기반하고 있다. 이 시스템은 네트워크 분산 시스템에 적용가능하도록 Java 언어를 사용하며, 공간 데이터를 비공간 데이터와 같이 하나의 관계형 데이터베이스 시스템에 저장함으로써 트랜잭션 및 시스템 무결성을 지원하고, Open GIS 의 SQL 구현스펙을 대부분 지원함으로써 GIS 응용과의 인터페이스를 제공하고 있다.

### 2. 관련연구

사용자에게 공간 객체에 대한 검색 기능을 제공해 주는 많은 응용 소프트웨어들이 존재하는데 일반적으로 이러한 소프트웨어들의 구조 즉, 공간 객체의 유지, 관리 및 질의 처리를 위한 접근 방법은 네 가지로 분류된다[Laru93].

첫 번째 방법은 초기의 구조 형태로써 파일의 집합으로 시스템을 구성하는 것이며 두 번째 방법은 기존의 데이터베이스 시스템을 이용하는 방법이다. 즉, 공간 객체의 비공간 데이터부분과 공간 데이터 부분을 분리하여 각각 관리하도록 하는 방법으로 두 개의 저장공간 관리자가 요구된다. 세 번째는 비공간 데이터와 공간 데이터를 동일한 데이터베이스 시스템 내에 관리하며 하나의 새로운 계층이 데이터베이스 시스템의 상위에 놓이게 된다. 그러나 공간 관계성을 기반으로 하는 복잡한 공간 검색이 불가능하다. 마지막으로, 네 번째 구조는 전통적인 정보와 같은 형태로 공간 정보를

이 연구는 한국과학재단의 99년도 특정 연구 과제의 지원으로 수행되었음

지원하는 확장된 데이터베이스 시스템에 기반을 두고 있다. 이러한 구조를 기반으로 한 시스템들은 보다 나은 상위 레벨의 통합을 위해 기본적인 공간 데이터 타입과 연산자들을 제공한다. 즉, 최근에 개발되고 있는 시스템들에서 이용하는 접근 방법으로 전통적인 데이터베이스 시스템에 사용자가 필요한 추상 데이터형을 확장한 구조로서 객체지향 데이터베이스 뿐 아니라 확장형 데이터베이스 시스템과 관련된다. 이와 같은 형태의 통합된 접근 방법을 기반으로 하여 구현된 시스템으로는 Paradise[Dewi94], Graf[Beck92], Postgres[Ston90], DASDBS-Kernel[Wolf89, Sche90] 등이 있다. 이와 같은 통합 시스템 구조의 경우에는 효율적인 공간 데이터 액세스가 가능하고 일반적인 프라디킵트를 지나는 공간 질의의 선택이 넓어지게 된다.

본 논문에서 제안하고 있는 시스템 iSTORM은 확장된 데이터베이스 시스템방법인 네 번째 구조로 관계형 데이터베이스 시스템을 기반으로 한다[김영삼 00, 박경현 00].

### 3. 공간 객체 관계 모델 및 질의어

#### 3.1 객체 관계 모델

본 논문에서 구현된 시스템이 따르고 있는 객체 관계 모델은 기본적으로 데이터 타입, 클래스, 그리고 객체로 구성된다.

데이터 타입은 기본 데이터 타입과 함께 객체 타입, ADT로 구현된 점, 선, 다각형 등의 2차원 공간 데이터 타입과 SbuildExt, SPipeExt 등의 3차원 공간 데이터 타입을 지원한다. 클래스는 이러한 데이터타입들로 이루어지며, 객체는 이 클래스에 의해 생성된 하나의 인스턴스이다.

#### 3.2 공간 데이터 모델

객체-관계형 데이터베이스에서 구현된 공간 데이터 모델은 공간 데이터 타입들의 집합과 그 타입들에 대한 연산들을 포함하고 있다. 지원하는 공간 데이터 타입은 Spatial, Point, LineString, Polygon의 2차원 단일 데이터 타입과 3차원 공간 데이터 타입 SRoadfaceType, SbuildBoxType, SBuildExtType, SBuildCylType, SPipeExtType, SBuildConType은 RowtableType을 상속하여 구현된다. 다중 데이터 타입인 Geometry-Collection들은 단일 데이터 타입의 set-of, list-of를 사용하도록 한다. 연산자는 OpenGIS 연산자를 구현한다. 이 때, 기하연산자는 함수로서 구현되며, 위상관계연산자는 공간 데이터타입간의 이항연산자로서 구현된다. 구현된 기하연산자는 buffering과 shortestpath 함수가 있고 위상관계연산자에는 equal, disjoint, touch, within, overlap, intersect, cross, contains이 있다.

#### 3.3 공간 질의어

다음은 구현된 질의처리가 처리할 수 있는 질의어의 예제이다.

```

예제1) SELECT a.id
        FROM 대전아파트 a
        WHERE a.geo overlap polygon(( 100 100,
        200 200, 200 100, 400 400));
    
```

```

예제2) SELECT a.id
        FROM 대전아파트 a, 대전아파트 b
        WHERE a.geo overlap buffer(b.geo, 500);
    
```

### 4. 시스템 구조

구현된 시스템은 공간질의처리기, 객체 저장 관리자, 스키마 관리자, 인덱스 관리자, SDBC(Spatial DataBase Connectivity)로 구성된다. 다음 그림 1은 제안하고 있는 시스템의 전체적 구조를 보여준다.

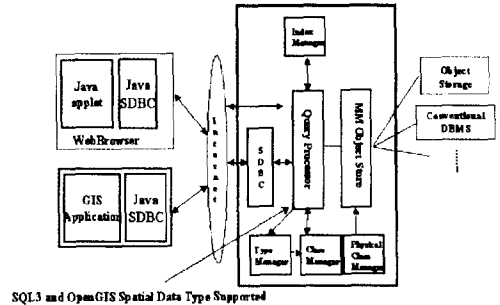


그림 1. 시스템구조

#### 4.1 객체 저장 관리자 구조

객체 저장관리자는 관계형 데이터베이스 및 2D 공간 데이터 관리자와 3D 공간 데이터관리자에 저장된 데이터들을 객체화하여 상위의 질의처리가 객체 단위로 데이터를 접근할 수 있도록 하며 일단 적체된 객체를 LRU 버퍼 캐쉬에 보관함으로써 객체 재사용성을 높일 수 있도록 설계 구현되었다. 객체 저장관리자는 객체 저장 관리자, 객체 저장 관리자 인터페이스, 스위퍼 쓰레드, 내부 객체 Bag, 2차원 및 3차원 공간 서버, 데이터 관리자 등으로 구성된다. 다음 그림 2는 객체저장관리자의 구조를 보여준다.

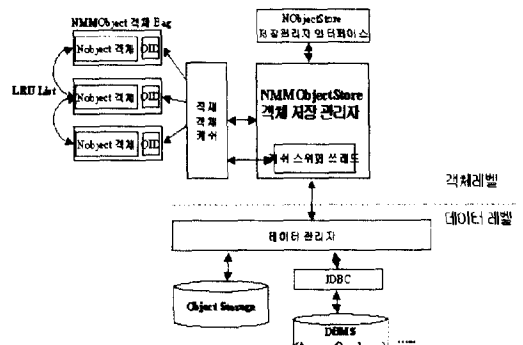


그림 2. 객체 저장 관리자

#### 4.1.1 객체 저장 관리자(NMMObjectStore)

객체 저장 관리자는 데이터의 적체 및 저장 등 객체를 관리하는 중심 클래스이다. 질의 처리기에서 요구하는 클래스 단위의 Scan 및 Selection, 객체 단위의 적체, 갱신 및 삭제된 객체의 저장 구조 동기화 등의 작업을 수행한다. 적체된 객체는 내부 객체 Bag에 넣어 해쉬 테이블 형태의 적체 캐쉬에 넣어 관리한다. 이 적체 캐쉬는 일정수이하의 객체만

이 LRU 순서에 의해 보관될 수 있다.

**4.1.2 객체 저장 관리자 인터페이스(ObjectStore)**

질의처리기에서 객체 저장 관리자에 접근하기 위한 저장관리자 인터페이스이다. 질의처리의 내부 연산에서 객체 저장 관리자에 대한 접근을 필요로 할 경우 객체 저장 관리자 인스턴스에 대한 레퍼런스를 파라미터로 받을 필요가 없도록 하기위해 static 클래스의 형태로 선언되며, 질의처리기 생성시에 객체 저장관리자 인스턴스에 대한 레퍼런스를 갖도록 초기화 된다.

**4.1.3 스위퍼 쓰레드(NMObjectStoreSweeper)**

적재 객체 캐쉬 내에 일정 수 이상의 객체가 캐쉬되었을 때 적재된 객체의 수가 일정 수 이하가 되도록 캐쉬를 재구성하는 역할을 하는 쓰레드 클래스이다. 객체 저장관리자내에 객체가 로드될 때마다 발생하는 시그널에 의해 수행된다.

**4.1.4 내부 객체 Bag(NMObject)**

객체 저장관리자 내에서 LRU 형태로 객체를 저장관리자에서 관리하기위한 내부 객체 Bag 클래스이다. LRUable 인터페이스를 구현하고 있다. 객체 저장관리자의 스위퍼 쓰레드는 캐쉬가 모두 채워졌을 때 LRU 리스트의 꼬리부분에 이는 객체부터 제거한다. 그러므로, 객체 bag은 객체 저장관리자에 의해 참조될 때마다 LRU 리스트의 가장 앞으로 이동된다.

**4.1.5 공간 서버(NSpatialServer)**

2차원,3차원 공간 데이터에 대한 연산 및 데이터 출력력을 담당하는 2D 공간 서버 클래스 NDataServer 및 3차원 공간 서버 클래스 NSpatialServer 로 구성된다. 공간 인덱스에 대한 접근 및 공간 데이터 적재, 공간 연산의 수행에 관련된 작업을 수행한다.

**4.1.6 데이터 관리자(NJdbcDataManager)**

비공간 데이터에 대한 접근을 관리하는 JDBC 데이터 관리자 클래스이다. 관계형 데이터베이스에 저장된 비공간 데이터는 객체 저장관리자로부터 OID에 의한 튜플 단위의 적재 혹은 테이블 이름에 의한 테이블내의 모든 튜플의 id 스캔등의 작업을 수행한다. 데이터 관리자에 의해 적재된 관계형 튜플은 질의처리기에서 사용되는 객체 NObject 의 형태로 변환된다.

**4.3 스키마 관리자 구조**

스키마 관리자는 공간 데이터베이스내에 사용할 수 있는 타입과 클래스들에 대한 스키마 정보를 관리하기 위한 기능을 지원하는 부분이다. 데이터베이스에서 사용가능한 클래스 및 타입에 관한 정보는 질의의 의미검사 단계 및 질의 최적화 단계등에서 사용된다. 이 연구에서의 기반 데이터 모델은 공간 객체-관계 데이터 모델이다. 그러므로, 일반적인 관계형 데이터베이스 시스템에서 지원되는 Char, Number 와 같은 단순한 형태의 데이터 타입 뿐만 아니라 ADT 형태의 공간 데이터 타입과 타입들 사이의 계층구조도 지원되어야 한다. 또한, 이러한 ADT 형태의 공간 데이터 타입은 앞에서 이미 서술된 것과 같이 별도의 클래스로 구성되며 이러한 클래스 스키마를 지원하기 위한 클래스 관리자 기법이 요구된다. 스키마 관리자는 크게 타입 관리자와 클래스 관리자, 스키마 인터페이스 관리자로 구성된다.

**4.4 인덱스 관리자 구조**

공간 질의에 대한 효율적 처리와 접근 방법으로 R\*

tree[Beck90]를 이용한다. 인덱스 관리자는 각각의 공간 객체에 대하여 하나의 인덱스 파일을 생성하고 버퍼를 할당하여 노드 단위의 접근을 할 수 있게 하였다. 그리고 각각의 노드들은 고정된 바이트단위의 크기를 가지며 노드의 크기는 디스크 페이지 크기와 같게 하였다.

**4.5 공간 데이터베이스 인터페이스(SDBC)**

제안된 시스템을 이용한 GIS 응용을 위하여 Java 의 JDBC 와 같은 SDBC(Spatial DataBase Connectivity) 지원하고 있다. 기본적으로 SDBC 의 API 는 JDBC 의 API 와 거의 동일하게 구현 되어 있으며 현재는 NResultSet, NResultSetData, NResultSetMetaData 등의 인터페이스가 구현 되어있다.

**5 결론 및 향후 연구 과제**

이 논문에서 공간 객체-관계 모델을 따르며 SQL3 기반 공간 SQL 질의처리를 할 수 있는 공간 객체-관계 데이터베이스 시스템 iSTORM 을 설계 및 구현하였다. iSTORM 은 질의 처리기, 스키마 관리자, 객체 저장관리자, 인덱스 관리자 로 구성된다. 또한 공간 객체-관계형 데이터모델과 공간-시간 질의언어를 정의하고 질의 처리 시스템을 설계,구현하였다 이 시스템에서 데이터가 관계형 데이터베이스내의 테이블에 저장되도록 하고, 관계형튜플을 객체형으로 맵핑하기 위하여 테이블 이름과 튜플 식별자의 쌍을 객체 식별을 위한 OID 로 사용하였다. 또한 GIS 응용을 위한 인터페이스로 SDBC 를 제공한다. 향후 연구 방향으로는 iSTORM 에 트랜잭션 처리기능을 추가하는 것이다.

**참고 문헌**

[Beck92] L. Becker, R. H. Guting, "Rule-Based Optimization and Query Processing in an Extensible Geometric Database System," ACM Transactions on Database Systems, Vol. 17, No. 2, pp. 247-303, 1992.

[Beck90] N. Beckmann, H.-P. Kriegel, R. Schneider, B. Seeger, "The R\*tree: An Efficient and Robust Access Method for Points and Rectangles", Proceedings of ACM SIGMOD Conference, 1990.

[Dewi94] D. J. DeWitt, N. Kabra, J. Luo, J. M. Patel, and J. Yu, "Client-Server Paradise," Proceedings of the 20th International Conference on Very Large Data Bases, pp. 1-12, 1994.

[Laru93] T. Larue, D. Pastre, Y. Viemont, "Strong Integration of Spatial Domains and Operators in a Relational Database System," SSD, pp. 53-72, 1993.

[Ston90] M. Stonebraker, L. A. Rowe, and M. Hirohama, The Implementation of POSTGRES," IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, Vol. 2, No. 1, pp. 125-142, March 1990.

[Tang96] A. Y. Tang, T. M. Adams, E. L. Usery, "A spatial data model design for feature-based geographical information systems," INT. J. Geographical Information Systems, Vol. 10, No. 5, pp. 643-659, 1996.

[Waug87] T. C. Waugh, R. G. Healey, "The GEOVIEW Design, a relational Database Approach to Geographical Data Handling," The International Journal on Geographical Information Systems, Vol. 1, No. 2, pp. 101-118, 1987.

[Wolf89] A. Wolf, "The DASDBS GEO-Kernel: Concepts, Experiences, and the Second Step," Proceedings of the 1st International Symposium on Large Spatial Databases, Lecture Notes in Computer Science 409, pp. 67-88, 1989.

[김영삼 00] 김영삼, 남광우, 임원기, 류근호 "iSTORM 에서의 2D/3D 공간 질의어 및 질의 최적화 기법" 제 27 회 한국정보과학회 춘계학술대회, 2000.

[박경현 00] 박경현, 남광우, 박성희, 류근호 "iSTORM 에서의 공간 객체-관계 데이터 모델" 제 27 회 한국정보과학회 춘계학술대회, 2000