

모바일 장치를 위한 공간 MMDBMS의 설계 및 구현[†]

김정준⁰, 강홍구, 윤재관, 한기준
건국대학교 컴퓨터·정보통신공학과
{jjkim⁰, hkkang, kyun, kjhan}@db.konkuk.ac.kr

Design and Implementation of the Spatial MMDBMS for Mobile Devices

Jung-Joon Kim⁰, Hong-Koo Kang, Jae-Kwan Yun, Ki-Joon Han
Dept. of Computer Science & Engineering, Konkuk University

요 약

최근에 무선 인터넷과 이동 컴퓨팅 기술이 발전하고, 휴대 전화, PDA와 같은 이동 단말기가 보편화됨에 따라 사용자의 위치 정보를 활용하는 위치 기반 서비스(LBS: Location Based Service)가 다양한 분야에서 제공되고 있다. 모바일 환경에서 위치 기반 서비스를 제공하기 위해서는 모바일 장치에서 대용량의 공간 데이터를 신속하게 처리하고 효과적으로 관리하기 위한 공간 MMDBMS(Main Memory Database Management System)가 필요하다. 이에 본 논문에서는 기존의 PC용 MMDBMS인 HSQLDB를 확장하여 모바일 장치에서 공간 데이터를 효율적으로 관리할 수 있는 공간 MMDBMS를 설계 및 구현하였다. 공간 MMDBMS는 OGC의 공간 데이터 모델을 따르며, 공간 데이터 특성에 적합한 압축 기법인 산술 코딩 기법을 제공하고, 모바일 장치에 적합한 MBR 압축 및 해싱 기법을 이용한 공간 인덱스를 지원한다. 그리고, 모바일 장치의 낮은 성능의 프로세서에서 공간 데이터 디스플레이 기능을 제공하고, 모바일 장치와 디스크 기반 GIS인 ZEUS사에서 공간 데이터 import/export의 성능 향상을 위한 데이터 캐쉬 기능을 지원한다.

1. 서론

최근 무선 네트워크 환경의 급속한 확산과 사용자들의 정보 이용 환경이 다변화됨에 따라 유선망 중심의 기존 PC 사용에서 점차적으로 신 개념의 정보 기기인 모바일 장치의 사용으로 변하고 있다. 모바일 장치는 그 응용 분야가 무선 인터넷 접속, 업무 처리, 영상 전화, 원격 교육 등 매우 다양하며, 특히 최근 들어 GIS와 연계된 위치 기반 서비스가 중요한 응용 분야로 등장하고 있다[11, 12].

현재 모바일 장치는 기존 PC에 비해 작은 용량의 저장 공간과 낮은 성능의 프로세서를 가진다. 그리고, 모바일 장치는 자체 화일 시스템을 기반으로 데이터를 처리하고 있다. 이는 작은 용량의 데이터를 처리하기는 편리할지 모르나 나날이 증가하고 있는 대용량의 공간 데이터를 관리하거나, 매우 복잡하고 다양한 공간 질의를 처리하기에는 큰 문제가 된다[2, 3]. 이러한 문제는 모바일 장치에서 공간 MMDBMS를 이용해 공간 데이터를 관리함으로써 해결될 수 있다.

본 논문에서는 메모리 기반 관계형 DBMS인 HSQLDB에 공간 데이터 타입과 연산자, 공간 데이터 특성에 적합한 산술 코딩 압축 기법, 모바일 장치에 적합한 MBR 압축 및 해싱 기법을 이용한 공간 인덱스, 그리고 모바일 장치에서 디스플레이 기능과 서버와의 통신 성능을 높이기 위한 데이터 캐쉬 기능을 추가 및 확장하여 모바일 장치에서 공간 데이터를 효과적으로 관리할 수 있는 공간 MMDBMS를 설계 및 구현하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 1장의 서론에 이어 2장에서는 관련 연구로 모바일 장치용 공간 MMDBMS의 요구사항과 HSQLDB의 특성 및 개선사항에 대해 살펴본다. 그리고, 3장에서는 공간 MMDBMS의 구조도와 공간 MMDBMS의 기능을 기술하고, 4장에서는 공간 MMDBMS의 각 모듈에 대한 상세한 설명과 결과 화면에 대해 설명한다. 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 연구 과제에 대하여 언급한다.

2. 관련 연구

본 장에서는 모바일 장치용 공간 MMDBMS의 요구 사항, HSQLDB의 특성 및 개선사항에 대해 설명한다.

2.1 모바일 장치용 공간 MMDBMS의 요구사항

모바일 장치용 공간 MMDBMS는 초경량 실시간 DBMS 기술 분야에 해당하며, 모바일 장치의 단점인 느린 처리 속도와 작은 저장 공간의 한계를 극복하기 위한 기술이 필요하다[9]. 특히, 다른 시스템에 비해 매우 큰 용량의 공간 데이터를 처리하는 GIS 기능을 모바일 장치에서 수행하기 위해서는 중앙 서버의 대용량 데이터를 모바일 장치에 적합한 데이터로 변환하고 압축하는 공간 데이터 변환 및 동기화 기술이 필요하다. 또한 모바일 장치에서 활용할 수 있는 데이터로 변환하기 위한 공간 데이터 필터링 기술, 모바일 장치에서 고밀도로 압축된 데이터를 빠르게 검색하기 위한 모바일 공간 인덱스 기술, 모바일 장치에서 데이터의 디스플레이 성능을 높이기 위한 지도 캐쉬 기술 등도 요구된다.

2.2 HSQLDB 특성 및 개선사항

HSQLDB는 순수 자바로 만들어진 메모리 기반 관계형 DBMS이다[4]. HSQLDB는 Hypersonic SQL 프로젝트로 시작하여 1988년 처음 배포되었다. 그리고, Hypersonic SQL의 몇몇 개발자들에 의해 HSQLDB 개발 그룹이 형성되었고, 2004년 7월에 1.7.2 버전이 배포되었다. 현재 1.7.3 버전이 개발 중이며 Open-Source 소프트웨어 프로젝트들과 상업적 프로젝트 제품에서 사용되고 있다. HSQLDB의 특징은 순수 자바로 구현되었기 때문에 시스템에 독립적이며 표준 ANSI-92 SQL과 JDBC 인터페이스를 지원한다. 그리고, 빠른 검색을 위한 B+-tree를 지원하며, 데이터 무결성을 위해 트랜잭션 지원과 Outer Join, Inner Join을 지원한다. 또한, View, Trigger와 Order by, Group by, Having을 지원하며, Count, Sum, Min, Max, Avg 함수를 제공한다. 그리고, 사용자는 SQL script 화일을 이용하여 데이터베이스를 생성할 수 있다.

[†] 본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(과제번호:R01-2001-000-00540-0) 지원으로 수행되었음.

본 논문에서는 HSQLDB를 모바일 장치용 공간 MMDBMS S로 확장하기 위해 ISO/DIS 19107[5]에 따른 공간 데이터 타입 및 공간 연산자 추가, ZEUS와 공간 데이터 import/export 시 효율성을 높이기 위해 공간 데이터에 적합한 산술 코딩 압축 기법과 데이터 캐쉬 기능 추가, 그리고 빠른 검색을 위해 모바일 장치용 공간 인덱스에 적합한 MBR 압축 및 해섬 기법을 이용한 모바일 장치용 공간 인덱스를 추가하였다.

3. 공간 MMDBMS의 설계

본 장에서는 모바일 장치용 공간 MMDBMS의 구조와 공간 MMDBMS의 기능을 설명한다.

3.1 공간 MMDBMS의 구조도

본 논문에서 개발한 공간 MMDBMS의 주된 기능은 모바일 환경에서 ZEUS의 공간 데이터를 import/export하여 공간 MMDBMS에 공간 데이터를 저장하고 검색하는 것이다. 공간 MMDBMS은 크게 인터페이스 관리자, 디스플레이 관리자, 데이터 캐쉬 관리자, 트랜잭션 관리자, 공간 인덱스 관리자, 데이터 압축 관리자, import/export 관리자로 구성된다. 그림 1은 공간 MMDBMS의 전체 구조도를 보여준다.

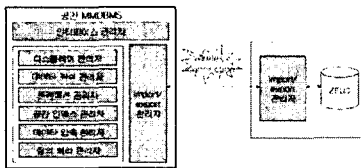


그림 1. 공간 MMDBMS의 구조도

3.2 공간 데이터 타입 및 연산자

본 논문에서는 OGC의 ISO/DIS 19107 명세에 제시된 8개의 공간 데이터 타입과 18개의 공간 연산자를 제공한다. 표 1은 ISO/DIS 19107과 공간 MMDBMS간의 공간 데이터 타입 및 연산자 관계를 보여준다.

표 1. 공간 데이터 타입 및 연산자 관계

ISO/DIS 19107	Spatial EXCELIS	ISO/DIS 19107	Spatial EXCELIS
POINT	POINT	POINT	POINT
LINESTRING	LINESTRING	LINESTRING	LINESTRING
POLYGON	POLYGON	POLYGON	POLYGON
MULTILINESTRING	MULTILINESTRING	MULTILINESTRING	MULTILINESTRING
MULTIPOLYGON	MULTIPOLYGON	MULTIPOLYGON	MULTIPOLYGON
GEOMETRYCOLLECTION	GEOMETRYCOLLECTION	GEOMETRYCOLLECTION	GEOMETRYCOLLECTION
GEOMETRY	GEOMETRY	GEOMETRY	GEOMETRY
GEOMETRY	GEOMETRY	GEOMETRY	GEOMETRY
GEOMETRY	GEOMETRY	GEOMETRY	GEOMETRY

3.3 공간 데이터 압축

일반적으로 GIS에서 가장 많은 크기를 차지하는 MultiLine이나 Polygon은 특정 부위에 대하여 클러스터링된 형태로 나타난다. 그러므로, MultiLine이나 Polygon의 첫 번째 좌표를 기준으로 하여 나머지 좌표와의 거리 차이를 구하게 되면 기준점의 좌표 크기는 8바이트이지만 그 이후에 나타나는 차이의 값은 점차적으로 정수 측의 값이 작게 나타나게 된다. 즉, 내부 좌표가 밀집되어 있는 MultiLine이나 Polygon 일수록 좌표들 간 차이는 더욱 작아져 압축 효율이 커지게 된다 [7,13]. 그림 2는 공간 데이터 압축 예를 보여준다.

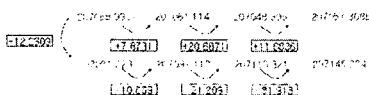


그림 2. 공간 데이터 압축 예

압축 구조를 보면 맨 앞의 플래그는 양수인지 음수인지를 표시하고, 각 길이에 대한 플래그는 실제 값이 차지하는 비트의 크기를 표시한다. 즉, 1은 실제 값이 4비트, 2는 8비트, 3은 12비트, 4는 16비트, 5는 20비트의 크기를 가지고 있다는 의미이다. 각 비트 단위마다 값은 15, 255, 4095, 65535, 1048575의 크기인진 표현할 수 있다. 그러므로 double 형으로 하나의 점을 표시할 때 16바이트가 소모되는 것을 최소 4바이트, 최대 10바이트로 표시가 가능하게 된다. 그림 3은 각 플래그 및 값이 차지하는 바이트를 표현한 것이다.



그림 3. 플래그 및 값이 차지하는 바이트

3.4 공간 인덱스

R*-tree는 공간 효율성 측면에서 보면 균형 트리를 만들기 위해 노드를 분할하고 병합하는 과정에서 디스크의 사용률이 낮아진다[1]. 이러한 R*-tree의 특징 때문에 제한된 용량을 가진 메모리 기반 시스템에서는 적절하지 않다. 또한, 메인 메모리 기반 공간 인덱스인 CR-tree는 MBR 압축 기법을 사용하고 있다[6]. 그러나, 정량화 방법을 사용한 MBR 압축 기법은 공간 효율성은 좋지만 여과 효율의 저하로 모바일 장치에서는 적절하지 않다.

그러므로, 공간 데이터의 변경보다는 단순 디스플레이 및 점, 영역 질의 위주의 공간 데이터 검색에 효율적인 MBR 압축 및 해섬 기법을 이용한 모바일 장치용 공간 인덱스가 필요하다. 본 논문에서 모바일 장치용 공간 인덱스에 사용된 해섬 함수는 다음과 같다.

$$Hx(x) = \text{int}[(x - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}) * N_x]$$

$$Hy(y) = \text{int}[(y - Y_{\min}) / (Y_{\max} - Y_{\min}) * N_y]$$

Xmax, Xmin, Ymax, Ymin는 전체 MBR을 의미하고 Nx, Ny는 각축의 버킷 수를 의미한다. 오버플로우 발생시에는 min, max 값을 오버플로우가 발생한 버킷의 MBR로 대체하여 2차 해섬을 수행하여 하나의 버킷에 들어가는 객체의 수를 일정하게 유지하도록 하였다. 본 논문에서 MBR의 압축기법은 RMBR(Relative MBR)과 QMBR(Quantization MBR)를 혼합한 HMBR(Hybrid MBR) 기법을 사용하였다[10].

HMBR 표현법은 좌하점은 상대 좌표처럼 표현되 위상점을 크기로 표현하는 표현법이다. 이 방법은 MBR의 정확도를 적절히 유지하면서 데이터의 양을 줄일 수 있다. 그림 4는 MBR 압축 및 해섬 기법을 이용한 모바일 장치용 공간 인덱스의 전체 구조를 보여준다. 실제 서너가지 다른 공간 인덱스와 성능 평가를 실시해 본 결과 HMBR 기법이 상대적으로 우수함을 알 수 있었다.

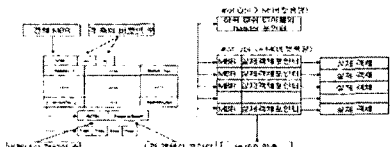


그림 4. 공간 인덱스의 전체 구조

4. 공간 MMDBMS의 구현

본 장에서는 모바일 장치용 공간 MMDBMS 각각의 모듈에 대해서 설명하고, 주요 결과 화면에 대하여 보여준다.

4.1 import/export 관리자와 데이터 압축 관리자

import/export 관리자는 무선 네트워크에서 소켓을 이용하여 모바일 장치와 ZEUS 간에 데이터 요청 시 데이터 교환 기능을 제공하며, 옵션 사항으로 RSA(Rivest-Shamir-Adleman) 암호화 전송 기능을 제공한다. 데이터 압축 관리자는 모바일 장치와 ZEUS 간에 공간 데이터 import/export 시 산술 코딩 기법을 이용한 공간 데이터 압축 기능을 제공한다.

4.2 질의 처리 관리자와 트랜잭션 관리자

질의 처리 관리자는 사용자로부터 입력된 SQL 질의문을 검사, 분석 및 처리하는 기능을 제공하며, 공간 데이터에 대한 검색, 삽입, 삭제, 갱신 연산을 수행한다. 트랜잭션 관리자는 COMMIT과 ROLLBACK의 처리를 지원하여 데이터 무결성을 보장하며, 마지막 시스템 접속 시간, 시스템 버전 정보와 시스템의 정상적인 종료 여부를 기록하는 log.properties 파일과 COMMIT된 SQL 구문을 기록하는 log.script 파일을 지원하여 데이터 무결성을 제공하고, 시스템이 비정상적으로 종료되었을 경우에 대한 복구 기능도 제공한다.

4.3 데이터 캐쉬 관리자와 디스플레이 관리자

데이터 캐쉬 관리자는 import/export 시 사용자가 질의한 영역을 먼저 전송한 후 질의 영역보다 30% 큰 영역을 사용자의 다음 질의를 위해 미리 캐쉬 전송하는 기능과 사용자에게 디스플레이 되는 영역보다 30% 큰 메모리 영역에 공간 및 비공간 데이터를 먼저 디스플레이한 후 사용자에게 필요한 영역만 모바일 장치에 디스플레이 하는 기능을 제공한다. 디스플레이 관리자는 데이터 캐쉬 관리자로부터 넘겨받은 공간 데이터를 공간 데이터 파싱 모듈에 의해 파싱한 후 모바일 장치 좌표로 변화하여 화면에 디스플레이 하는 기능을 제공한다.

4.4 인터페이스 관리자와 공간 인덱스 관리자

인터페이스 관리자는 사용자로부터 질의 입력과 지도 디스플레이 및 확대, 축소, 이동 기능을 제공한다. 확대, 축소는 모바일 장치에서 디스플레이 되는 지도 화면을 확대 및 축소하고, 이동은 동, 서, 남, 북으로 영역을 이동하는 기능을 제공한다. 공간 인덱스 관리자는 직접 탐색 방법인 해싱을 이용하여 검색 효율성을 높이고, MBR를 압축하여 공간 효율성을 높일 수 있는 MBR 압축 및 해싱 기법을 이용한 모바일 장치용 공간 인덱스를 제공한다.

4.5 결과 화면

본 논문에서는 개발 언어로 Java를 사용하였고, 컴파일 툴로는 ANT를 사용하였다. 모바일 장치는 Compaq iPAQ 5450을 사용하였고 OS는 Pocket PC 2002와 Embedded Linux 환경에서 Personal Java 1.1과 Embedded Java 1.3을 설치하여 공간 MMDBMS를 구현하였다. 테스트 데이터로는 Sequoia 2000 벤치마크 [8] 데이터와 서울시 강동구 건물 데이터를 이용하였다. 그림 5는 공간 MMDBMS의 import/export 실행 화면이고, 그림 6은 질의 처리 화면, 그리고 그림 7은 맵 디스플레이 화면을 보여준다.

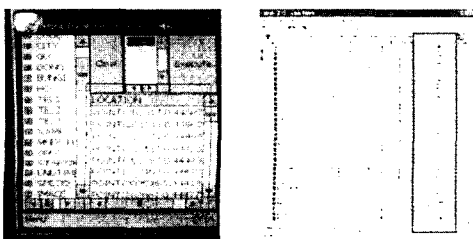


그림 5. import/export 실행

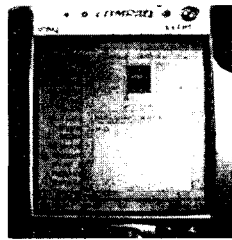


그림 6. 질의 처리

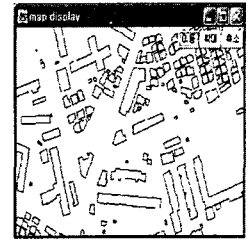


그림 7. 맵 디스플레이

5. 결론 및 향후 연구 과제

최근 들어 사용자의 위치 데이터를 활용하는 위치 기반 서비스가 유용한 서비스로 등장하고 있다. 이러한 위치 기반 서비스에서는 대용량의 위치 데이터를 신속하게 처리하고 효과적으로 관리하기 위해서는 모바일 장치 메모리에서 데이터를 처리할 수 있는 공간 MMDBMS가 필요하다.

이에 본 논문에서는 메모리 기반 관계형 DBMS인 HSQLDB에 공간 데이터 타입과 연산자, 공간 데이터 특성에 적합한 산술 코딩 압축 기법, 모바일 장치에 적합한 MBR 압축 및 해싱 기법을 이용한 공간 인덱스, 모바일 장치에서 디스플레이 기능과 서버와의 통신 성능을 높이기 위한 데이터 캐쉬 기능을 추가하여 모바일 장치에서 공간 데이터를 효과적으로 관리할 수 있는 공간 MMDBMS를 설계 및 구현하였다.

본 논문에서 개발한 공간 MMDBMS는 지능형 교통 시스템이나 M-CRM(Mobile CRM) 등 다양한 위치 기반 서비스에서 공간 및 위치 데이터를 효율적으로 관리할 수 있기 때문에 모바일 장치에서 위치 기반 서비스의 성능 향상에 큰 도움을 줄 수 있다. 본 논문의 향후 연구 과제는 현재 사용된 상용 GIS인 ZEUS 뿐만이 아니라 다른 GIS와의 import/export를 위한 표준화된 인터페이스 제공에 관한 연구이다.

참고문헌

- [1] Beckmann, N., Kriegel, H.P., Schneider, R., and Seeger, B., "R*-tree : An Efficient and Robust Access Method for Points and Rectangles," Proc. of Int. Conf. on ACM SIGMOD, 1990, pp.322-331.
- [2] Greene, D., "An Implementation and Performance Analysis of Spatial Data Access Methods," IEEE Transaction on Knowledge and Data Engineering, 1989, pp.606-615.
- [3] Gueting, R.H., "An Introduction to Spatial Database Systems," The VLDB Journal, 1994, pp.357-399.
- [4] HSQLDB, <http://hsqldb.sourceforge.net>.
- [5] ISO TC/211, 19107 Geographic Information - Spatial Schema, <http://www.iso211.org>.
- [6] Kim, K.H., Cha, S.K., and Kwon, K.J., "Optimizing Multidimensional Index Trees for Main Memory Access," Proc. of Int. Conf. on ACM SIGMOD, 2001.
- [7] Lee, K.Y., Kim, D.O., Yun, J.K., and Han, K.J., "A Real-time Mobile GIS based on the HBR-tree," Proc. of the 33rd Int. Conf. on Computers & Industrial Engineering, 2004.
- [8] Stonebraker, M., Frew, J., Gardels, K., and Meredith, J., "The SEQUOIA 2000 Storage Benchmark," Proc. of Int. Conf. on ACM SIGMOD, 1993, pp.2-11.
- [9] Yun, J.K., Kim, D.O., and Han, K.J., "Development of a Real-Time Mobile GIS supporting the Open Location Service," Proc. of Geote c Event Conference, Canada, 2003.
- [10] 김진덕, "최소경계사각형 압축 및 해싱 기법을 이용한 PDA용 공간 색인," 한국정보과학회 데이터베이스 연구, 18권4호, 2002, pp.11-21.
- [11] 양영규, "위치기반 서비스(LBS: Location Based Service)기술 현황 및 전망," 정보처리학회지, 8권6호, 2001, pp.4-5.
- [12] 윤재관, 장영순, 한기준, "모바일 GIS를 위한 위치 기반 서비스," 한국정보과학회 데이터베이스 연구, 18권1호, 2002, pp.3-15.
- [13] 조행주, 정진환, "다차원 색인 구조를 위한 효율적인 압축 방법," 2003 정보과학회 논문지, 30권5호, 2003, pp.429-437.