

이동 객체의 효율적인 저장과 검색을 위한 화일 기반 이동 객체 저장 컴포넌트의 개발[†]

장유정⁰, 김동오, 홍동숙, 한기준
건국대학교 컴퓨터공학과
{yjjang⁰, dokim, dshong, kjhan}@db.konkuk.ac.kr

Development of a File-based Moving Objects Storage Component for Efficient Storage and Retrieval of Moving Objects

Yu-Jung Jang⁰, Dong-O Kim, Dong-Suk Hong, Ki-Joon Han
Dept. of Computer Science & Engineering, Konkuk University

요약

최근 무선 인터넷 인구의 증가로 인해 이동 객체의 위치 데이터를 활용하여 다양한 서비스를 제공하는 위치 기반 서비스와 텔레매틱스에 대한 관심이 급증하고 있다. 위치 기반 서비스와 텔레매틱스 분야에서 다양한 응용 서비스를 제공하기 위해서는 대용량의 위치 데이터를 빠르고 정확하게 저장하고 검색할 수 있는 이동 객체 데이터베이스 시스템이 필수적으로 요구된다. 그러나, 기존의 데이터베이스 시스템을 사용하여 대용량의 위치 데이터를 처리할 경우 트랜잭션 연산의 증가로 인하여 저장 및 검색 성능이 저하된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 이동 객체의 위치 데이터를 효율적으로 저장하고 검색하기 위한 화일 기반 이동 객체 저장 컴포넌트를 개발하고 성능 평가를 수행하였다. 화일 기반 이동 객체 저장 컴포넌트는 다중 연결 관리자, 단순 질의 처리기, 인덱스 관리자, 데이터 화일 관리자, 인덱스 화일 관리자, 메타데이터 관리자, 로그 관리자, OLE DB 데이터 제공자, 그리고 관리툴로 구성된다.

1. 서론

최근 이동 컴퓨팅 기술과 무선 측위 기술이 급속도로 발전함에 따라, 이동 객체의 위치 데이터를 활용하여 다양한 서비스를 제공하는 위치 기반 서비스(LBS: Location Based Services)와 텔레매틱스(Telematics)에 대한 관심이 급증하고 있다[4]. 위치 기반 서비스와 텔레매틱스 분야에서 다양한 응용 서비스를 제공하기 위해서는 이동 객체의 위치 데이터를 신속하게 저장하고 검색할 수 있는 이동 객체 데이터베이스 시스템이 필수적으로 요구된다[1,2,3].

위치 데이터는 이동 객체의 수가 많고 위치 획득 간격이 짧을수록 대용량이 되기 때문에, 이동 객체의 궤적을 보존하는 이동 객체 데이터베이스 시스템에서는 대용량의 위치 데이터에 대한 효율적인 처리가 매우 중요하다. 그러나, 이러한 대용량의 위치 데이터를 기존의 데이터베이스 시스템을 사용하여 처리하게 되면, 트랜잭션 연산의 증가로 인하여 저장 및 검색 오버헤드가 발생하므로 성능이 저하된다.

이에 본 논문에서는 이동 객체의 위치 데이터에 대한 효과적인 저장 및 검색 기능을 제공하는 화일 기반 이동 객체 저장 컴포넌트를 개발하였다. 화일 기반 이동 객체 저장 컴포넌트는 다중 연결 관리자, 단순 질의 처리기, 인덱스 관리자, 데이터 화일 관리자, 인덱스 화일 관리자, 메타데이터 관리자, 로그 관리자, OLE DB 데이터 제공자, 그리고 관리툴로 구성된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2 장에서는 관련 연구로 위치 정보 관리 시스템과 분산 위치 저장 컴포넌트에 대해 살펴본다. 제 3 장에서는 화일 기반 이동 객체 저장 컴포넌트에 대해 상세히 설명하고, 제 4 장에서는 실험 및 성능 평가 결과를 알아본다. 마지막으로, 제 5 장에서는 결론 및 향후 연구에 대해서 언급한다.

2. 관련 연구

본 장에서는 위치 정보 관리 시스템과 이전 연구에서 개발한 분산 위치 저장 컴포넌트에 대해서 살펴본다.

2.1 위치 정보 관리 시스템

위치 정보 관리 시스템(LIMS: Location Information Management System)은 한국전자통신연구원(ETRI)에서 개발하고 있는 LBS 기반 기술 중의 하나로서, 이동 객체의 위치 데이터를 관리하기 위한 시스템이다[6]. 위치 정보 관리 시스템의 전체 구조는 그림 1과 같으며, 크게 위치획득 서브시스템, 위치저장 서브시스템, 위치질의 서브시스템으로 나뉜다.

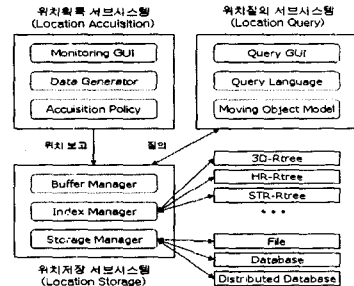


그림 1. 위치 정보 관리 시스템

위치획득 서브시스템은 다양한 위치획득 전략에 따라 이동 객체의 현재 위치 데이터를 획득하여 위치저장 서브시스템에게 전해주는 서브시스템이다. 위치저장 서브시스템은 위치획득 서브시스템으로부터 보고된 위치 데이터를 메모리 버퍼를 통해 위치 색인과 위치 저장소에 저장하는 서브시스템이다. 그리고, 위치질의 서브시스템은 이동 객체를 표현하는 데이터 구조와 질의 연산자를 정의한 이동 객체 모델을 기반으로 위치 질의를 수행하는 서브시스템이다.

[†] 본 연구는 한국전자통신연구원의 개방형 LBS 핵심 기술 개발과제의 연구비 지원에 의해 수행되었음.

2.2 분산 위치 저장 컴포넌트

분산 위치 저장 컴포넌트는 그림 1의 위치 정보 관리 시스템에서 위치 저장 서브시스템의 Storage Manager에 포함되는 컴포넌트이다[5]. 분산 위치 저장 컴포넌트는 .NET 플랫폼 상에서 대용량의 위치 데이터를 여러 데이터베이스 시스템에 효과적으로 분산 저장하고 검색하는 기능을 수행하며, 구조는 그림 2와 같다.

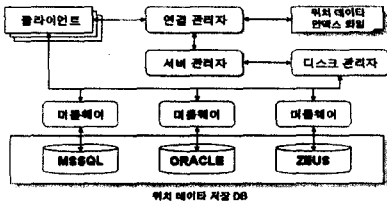


그림 2. 분산 위치 저장 컴포넌트의 구조

분산 위치 저장 컴포넌트에서 연결 관리자는 위치 데이터에 대한 인덱스 정보를 메모리 상에서 유지함으로써 빠른 검색을 제공해주며, 메타데이터는 해당 위치 데이터 저장 DB에 클라이언트의 저장 및 검색 질의 수행을 요청하고 그 결과를 반환한다. 서버 관리자는 분산된 메타데이터의 정보(IP, PORT 번호, 서비스 이름)를 유지 및 관리하고, 저장 요청 발생 시 등록된 메타데이터에 대한 로드 밸런싱을 수행한다. 또한, 디스크 관리자는 등록된 서버의 디스크 상태를 주기적으로 확인하고 디스크 사용을 관리한다.

3. 화일 기반 이동 객체 저장 컴포넌트

본 장에서는 본 논문에서 설계 및 구현한 화일 기반 이동 객체 저장 컴포넌트에 대해서 상세하게 설명한다.

3.1 이동 객체 저장 구조

클라이언트는 MORow 단위로 화일 기반 이동 객체 저장 컴포넌트에 위치 데이터 저장을 요청하게 되는데, MORow의 구조는 그림 3과 같다.

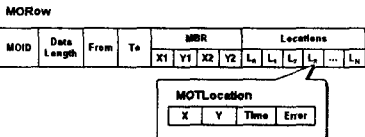


그림 3. MORow 구조

화일 기반 이동 객체 저장 컴포넌트는 메모리에 이동 객체당 하나의 페이지(MOPage)를 할당하고, MORow에 들어있는 위치 데이터(MOTLocation)를 해당 페이지에 저장하게 된다. MOPage의 구조는 표 1과 같다. MOPage 구조에 포함된 페이지 링크는 데이터 화일 식별자와 페이지 번호가 저장되는 구조체이다.

표 1. MOPage 구조

CurrentPageLink	현재 페이지 링크
PrevPageLink	같은 MOID를 갖는 이전 페이지 링크
NextPageLink	같은 MOID를 갖는 다음 페이지 링크
MOID	이동 객체의 ID
DataLength	페이지에 저장된 MOTLocation 개수
MBR	페이지에 저장된 데이터의 MBR
FromTime	가장 처음에 저장된 데이터의 시간
ToTime	가장 나중에 저장된 데이터의 시간
MOTLocations	DataLength개의 MOTLocation

메모리 상의 MOPage내에 정해진 개수의 위치 데이터가 모두 채워지면 MOPage는 데이터 화일에 저장되며, 데이터 화일의 구조는 표 2와 같다.

표 2. 데이터 화일 구조

HeaderSize	데이터 화일의 헤더 크기
Version	데이터 화일 버전
FileID	데이터 화일 식별자
PageLength	화일에 저장된 페이지 개수
MaxDataLength	페이지 당 최대 MOTLocation의 개수
PageSize	페이지 크기
LastPageNumber	가장 마지막에 저장된 페이지 번호
LastDeletePage	가장 마지막에 삭제된 페이지 번호
MBR	화일에 저장된 모든 데이터의 MBR
FromTime	가장 처음에 저장된 데이터의 시간
ToTime	가장 나중에 저장된 데이터의 시간
MOPages	PageLength개의 MOPage

3.2 시스템 구조

본 논문에서 개발한 화일 기반 이동 객체 저장 컴포넌트의 구조는 그림 4와 같다. 화일 기반 이동 객체 저장 컴포넌트는 다중 사용자 관리를 위한 다중 연결 관리자, 저장 및 검색 질의를 수행하는 단순 질의 처리기, 메모리에서 최근 데이터를 유지하기 위한 해쉬 인덱스를 관리하는 인덱스 관리자, 데이터 화일에 이동 객체의 위치 데이터를 저장하고 검색하는 데이터 화일 관리자, 이동 객체에 대한 인덱스 정보를 관리하는 인덱스 화일 관리자, 메타데이터 정보를 관리하는 메타데이터 관리자, 저장과 검색 질의 수행 결과를 로그로 남기기 위한 로그 관리자, OLE DB 인터페이스를 제공하기 위한 OLE DB 데이터 제공자, 그리고 화일 기반 이동 객체 저장 컴포넌트를 구동시키고 관리하기 위한 관리자로 구성된다.

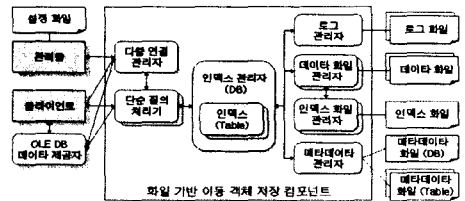


그림 4. 화일 기반 이동 객체 저장 컴포넌트

3.2.1 다중 연결 관리자

다중 연결 관리자는 다중 사용자의 연결을 지원하기 위한 기능을 수행하며, 클라이언트가 원격에서 IP와 Port 번호를 이용하여 화일 기반 이동 객체 저장 컴포넌트에 접속하고 질의를 요청할 수 있도록 해준다. 화일 기반 이동 객체 저장 컴포넌트와 클라이언트가 성공적으로 연결되면, 다중 연결 관리자는 클라이언트에게 단순 질의 처리기의 정보를 반환한다.

3.2.2 단순 질의 처리기

단순 질의 처리기는 클라이언트의 이동 객체 저장 및 검색 요청을 수행한다. 단순 질의 처리기는 인덱스 관리자를 통해 저장 및 검색 질의를 수행하며, 질의 처리 결과를 클라이언트에게 전달한다.

3.2.3 인덱스 관리자

인덱스 관리자는 데이터베이스에 저장된 각 테이블 별로 해쉬 인덱스를 생성, 관리, 그리고 재구성하는 기능을 담당한다. 해쉬 인덱스는 이동 객체의 위치 데이터를 저장하고 검색하는 기능을 수행한다. 해쉬 인덱스의 각 노드는 메모리에 이동 객체 당 하나의 페이지를 할당하고 관리하기 때문에, 위치 데이터 저장 시 디스크 접근 횟수를 줄여주며 최근 데이터에 대한 빠른 검색을 제공한다.

3.2.4 데이터 화일 관리자

데이터 화일 관리자는 테이블을 생성 및 삭제하고 데이터 화일을 생성하는 기능을 제공하며, 데이터 화일에 저장된 이동 객체의 위치 데이터에 대한 검색을 수행한다. 데이터 화일 관리자는 데이터 화일을 위한 디스크 공간을 미리 할당한 후에 페이지 단위로 화일에 저장함으로써 저장 성능을 향상시킨다.

3.2.5 인덱스 화일 관리자

인덱스 화일 관리자는 인덱스 화일을 생성하고 이동 객체의 인덱스 정보(이동 객체의 MOID, 해당 MOID의 첫 번째 페이지 링크, 마지막 페이지 링크)를 저장, 검색, 삭제하는 기능을 담당한다. 인덱스 화일은 테이블마다 하나씩 생성되며, 해당 테이블의 모든 데이터 화일에 저장된 이동 객체에 대한 인덱스 정보가 인덱스 화일에 저장된다.

3.2.6 메타데이터 관리자

메타데이터 관리자는 데이터베이스와 테이블에 대한 메타데이터 정보를 생성 및 관리하고, 이를 각각의 메타데이터 화일에 저장하는 기능을 수행한다. 또한, DB 메타데이터 화일은 해당 DB의 테이블 목록을 관리하며, Table 메타데이터 화일은 해당 테이블의 데이터 화일 목록을 관리한다.

3.2.7 로그 관리자

로그 관리자는 DB 메타데이터 화일에 설정된 로그 버퍼 개수만큼 로그 버퍼를 생성하고, 지정된 로그 옵션에 따라 로그를 생성한 다음 이를 로그 버퍼에 저장한다. 로그 버퍼가 다 차면, 로그 관리자는 버퍼에 있는 내용을 로그 화일에 기록한다.

3.2.8 OLE DB 데이터 제공자

OLE DB 데이터 제공자는 클라이언트에게 OLE DB 인터페이스를 제공해주며, 화일 기반 이동 객체 저장 컴포넌트에 접속하고 접속 정보를 관리하는 기능을 수행한다. 그리고, 클라이언트로부터 입력된 질의를 분석하여 화일 기반 이동 객체 저장 컴포넌트에게 해당 요청을 전달해주며, 화일 기반 이동 객체 저장 컴포넌트로부터 획득한 처리 결과를 로셋(Rowset) 형태로 구성하여 클라이언트에게 반환한다.

3.2.9 관리자

관리자는 화일 기반 이동 객체 저장 컴포넌트를 구동시키고, 데이터베이스의 생성, 삭제, 시작, 종료, 그리고 테이블의 생성 및 삭제 기능을 수행한다. 또한, 동적인 데이터베이스 목록과 각 데이터베이스의 테이블 목록, 로그 화일 목록, DB 메타데이터 정보를 GUI 화면으로 보여준다.

4. 실험 및 성능 평가

본 장에서는 화일 기반 이동 객체 저장 컴포넌트(X-File)에 대한 실험 및 성능 평가 결과를 알아본다. 실험을 위해 사용된 시스템의 하드웨어 사양은 Intel Xeon CPU 2.80GHz, 3.87GB RAM이고, 운영체제는 Windows Server 2003이다.

4.1 저장 성능 평가

그림 5는 화일 기반 이동 객체 저장 컴포넌트와 SQL Server에 6000개의 위치 데이터를 갖는 이동 객체를 1000, 3000, 5000, 7000개 입력하는데 걸린 시간을 비교한 그래프이다. 실험 결과 화일 기반 이동 객체 저장 컴포넌트가 SQL Server보다 평균 1.3배의 성능 향상을 보임을 알 수 있다.

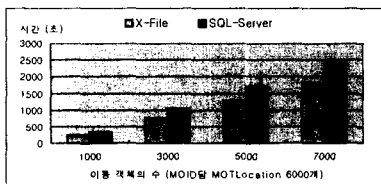


그림 5. 이동 객체 수에 따른 저장 성능 비교

4.2 검색 성능 평가

그림 6은 화일 기반 이동 객체 저장 컴포넌트와 SQL Server에 특정 이동 객체의 전체 객체 질의를 요청했을 때 응답 시간을 비교한 그래프이다. 실험 결과 화일 기반 이동 객체 저장 컴포넌트가 SQL Server보다 평균 2.8배의 성능 향상을 보임을 알 수 있다.

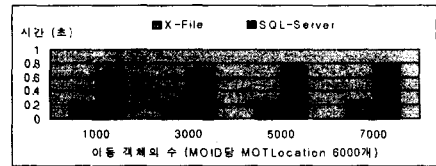


그림 6. 특정 이동 객체의 전체 객체 검색 성능 비교

그림 7은 화일 기반 이동 객체 저장 컴포넌트와 SQL Server에 특정 이동 객체의 전체 데이터 중 50%에 해당하는 시간 범위 질의를 요청했을 때 응답 시간을 비교한 그래프이다. 실험 결과 화일 기반 이동 객체 저장 컴포넌트가 SQL Server보다 평균 2.9배의 성능 향상을 보임을 알 수 있다.

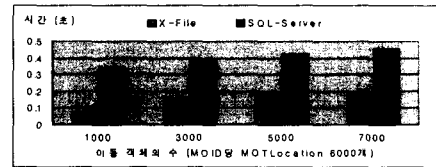


그림 7. 특정 이동 객체의 시간 범위 검색 성능 비교

5. 결론 및 향후 연구

최근 이동 객체의 위치 데이터를 활용한 위치 기반 서비스와 텔레매틱스에 대한 관심이 급증함에 따라, 이러한 분야에서 다양한 응용 서비스를 제공하기 위한 이동 객체 데이터베이스의 필요성이 증가하고 있다. 특히, 이동 객체의 궤적을 유지하는 이동 객체 데이터베이스 시스템에서 위치 데이터는 시간이 흐름에 따라 대용량이 되는데, 기존의 데이터베이스 시스템을 사용하여 이러한 위치 데이터를 처리할 경우 트랜잭션 연산의 증가로 인한 큰 오버헤드가 발생한다는 단점이 있다.

이에 본 논문에서는 이동 객체의 위치 데이터를 효율적으로 저장하고 검색하기 위한 화일 기반 이동 객체 저장 컴포넌트를 .NET 플랫폼 상에서 개발하였으며, 성능 평가를 위해 SQL Server와 비교 실험하였다. 실험 결과 화일 기반 이동 객체 저장 컴포넌트가 SQL Server보다 저장 질의는 평균 1.3배, 검색 질의는 평균 2.8배의 성능 향상을 보였다.

향후 연구 과제는 데이터 화일의 각 페이지에 대한 인덱스 기능을 제공함으로써 이동 객체에 대한 검색 성능을 더욱 향상시키고, 기존의 데이터베이스 시스템에 저장되어 있는 위치 데이터를 화일 기반 이동 객체 저장 컴포넌트에 저장하기 위한 변환 관리자를 구현하는 것이다. 또한, 대용량의 위치 데이터를 보다 효율적이고 안정적으로 저장하고 검색하기 위한 알고리즘에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

[1] Forlizzi, L., Güting, R.H., Nardelli, E., and Schneider, M., "A Data Model and Data Structures for Moving Objects Databases," ACM SIGMOD Int. Conf. on Management of Data, 2000, pp.319-330.
 [2] Güting, R.H., Böhlen, M.H., Erwig, M., Jensen, C.S., Lorentzos, N.A., Schneider, M., and Vazirgiannis, M., "A Foundation for Representing and Querying Moving Objects," ACM Transactions on Database System, 2000, 25(1): pp.1-42.
 [3] 류근호, 안운애, 이준욱, 이용준, "이동 객체 데이터베이스와 위치 기반 서비스의 적용," 한국정보과학회 데이터베이스 연구, 17권3호, 2001, pp.57-74.
 [4] 양영규, "위치기반 서비스(LBS: Location Based Service)기술 현황 및 전망," 정보처리학회지 8권6호, 2001, pp.4-5.
 [5] 장유정, 윤재관, 한기준, "위치관리 컴포넌트를 위한 분산 위치 저장 컴포넌트," 한국정보과학회 학술발표논문집, 30권2호, 2003, pp.226-228.
 [6] 조대수, 남광우, 이재호, 민경욱, 장인성, 박종현, "대용량 위치 데이터 관리를 위한 정보 시스템," 한국정보과학회 데이터베이스 연구, 18권4호, 2002, pp.11-21.