

다단계 그리드 인덱스 기반 최근접 질의 처리를 위한 이동체 DBMS 모델의 설계와 구현

Design and Implementation of Moving Object Model for Nearest Neighbors Query Processing based on Multi-Level Global Fixed Grid

주용진*

Joo, Yong Jin

要 旨

이동성을 지원하는 모바일 환경에서 위치정보의 활용에 대한 사용자 요구가 증가되고 있으며, 시간 흐름에 따라 변화가 크게 증가되는 차량 위치와 관련된 교통 정보를 효과적으로 유지·관리하기 위한 이동체 데이터베이스 시스템의 활용이 지속적으로 제기되고 있다. 이에 반해 객체의 공간적 속성이 시간에 따라 연속적으로 변하는 이동체에 대해 위치기반서비스를 위한 지도 데이터베이스와 연계된 연구가 미비한 실정이다. 이에 본 연구에서는 시간의 변화에 따른 이동체의 위치와 질의 처리가 가능한 효율적인 시공간 이동체 색인 구조와 이를 지원하는 새로운 실증적 모델의 정립을 목적으로 한다. 본 연구에서 제시한 단계별 고정 그리드 인덱스를 이용한 시공간 이동체 모델은 대용량의 위치 기반 데이터의 효율적인 필터링을 통해 검색을 위한 공간 개체 수를 줄일 수 있었다. 또한 축척별 지도 표시를 위해 레벨을 조건으로 제약시켜 계층적 데이터 접근이 허용도록 효율적으로 구성되었음을 확인할 수 있었다.

핵심어 : 모바일 웹 GIS, 이동체, 그리드 인덱스, 위치기반서비스

Abstract

In mobile environment supporting mobility technologies, user requirements have been increased with respect to utilization of location information. In particular, moving object DBMS has consistently posed in order to efficiently maintain traffic information related to location of vehicle which tends to tremendously change over time. Despite the fact that these sorts of researches must be taken into consideration, empirical studies on moving object in terms of map database for lbs service, spatial attribute of which is continuously changed over time, have rarely performed. Therefore, aim of this paper is to suggest efficient spatial index scheme, which is capable of supporting query processing algorithm and location of moving object over time, by developing new empirical model. As a result, we can come to the conclusion that moving object model based on multi-fixed grid index makes it possible to cut down on the number of entity for retrieving. What's more, this model enables hierarchical data to be accessed through efficient spatial filtering on large-scale lbs data and constraints in accordance with level in order to display map.

Keywords : Mobile Web GIS, Moving Object, Grid Index, Location Based Service

1. 서론

최근 GPS와 무선 인터넷 및 이동 컴퓨팅 기술의 발달로 이를 이용한 응용 서비스에 대한 관심이 고조되고 있으며, 그 중 위치 기반 서비스(Location-Based Services)가 무선 인터넷 시장의 중요한 이슈가 되고 있다(Yun, 2003). 특히 이동체의 위치를 기반으로 하는

교통관리, 물류 및 수송 관리, 항공 교통 통제와 같은 응용 분야의 연구와 이동 장비 사용자의 위치와 관련된 차별화된 서비스에 대한 요구가 증가되고 있다(양영규, 2001). 위치 기반 서비스의 주요 응용 대상인 차량, 비행기, 선박, 휴대용 전화기, 노트북 컴퓨터, PDA 등은 모두 자유롭게 이동하면서 그 위치를 변경할 수 있는 특징을 가진다. 이 처럼 시간의 흐름에 따라 객체가 이

2011년 5월 23일 접수, 2011년 6월 29일 채택

* 정희원 · 서울시립대학교 도시과학연구원 융합도시연구센터 연구교수(yjjoo75@uos.ac.kr)

동하면서 그 위치와 모양을 연속적으로 변경하는 특징을 가지는 데이터를 이동체(Moving Object)라 한다(Guting, 2000). 위치 기반 서비스에서 가장 기본적으로 선행되어야 할 사항이 바로 이동체의 위치 정보를 효과적으로 관리하는 방법에 대한 연구이다. 또한, 현재 이동체를 위한 차량 항법용 데이터 구조는 파일 기반의 미디어 포맷으로 설계 되어있어 이동체 데이터에 대한 변경과 관리 기능에 많은 제약사항을 지니게 된다(Joo, 2006). 이동체의 위치 정보는 시간이 흐름에 따라 변화량이 방대하게 증가되기 때문에 대용량 데이터를 효과적으로 관리하고 표현하기 위한 데이터베이스 시스템의 활용이 반드시 필요하다(이기준, 2000). 일반적으로 불연속적으로 변하는 시공간 객체에 대한 모델링이나 색인방법, 그리고 저장 시스템을 구축하는 것은 어느 정도 기존의 시공간 데이터베이스의 연구로 인해 시작되었다(Erwig, 1999). 또한, 이동성을 지원하는 모바일 환경에서 위치정보의 활용과 사용자 요구가 증가되고 있으며, 시간 흐름에 따라 변화량이 크게 증가되는 지도 데이터와 차량의 위치 정보를 효과적으로 유사관리하기 위한 데이터베이스 시스템의 활용이 지속적으로 제기되고 있다(Lee, 2003).

객체의 공간적 속성이 시간에 따라 연속적으로 변하는 이동체에 대해 텔레매틱스 DB와 연계된 실증적 연구가 미비한 실정이며, 차량 및 교통 분야에 대표적인 임베디드 시스템 응용분야인 위치기반서비스에도 대용량 공간 데이터의 실시간 처리와 효율적인 저장 및 관리가 가능한 RTOS(Real Time Operating System) 기반의 임베디드 데이터베이스 시스템이 요구된다. 또한, 현재 구축한 DB를 최종적으로 휴대 단말기에 서비스하는 모바일 서비스 플랫폼의 설계 면에 있어서도 기존 읽기 위주의 파일 기반 위치 응용 서비스의 제약을 극복하기 위한 최적화된 지도 데이터베이스 모델이 필요하다. 그러므로 본 연구에서는 이동체 주행 안내 등 위치기반 서비스를 가능하게 하는 다단계 그리드 인덱스 기반 시공간 데이터베이스 모델을 설계하고, 효과적인 서비스 모델을 구현하기 위한 공간 연산 및 질의처리에 대한 방법론을 제시하는 것을 목적으로 하였다.

2. 이동체 관련 주요 연구 고찰

2.1 이동체 데이터베이스 개념

이동체란 시간에 따라 위치가 변하는 객체를 의미하며, 이러한 이동체의 위치정보를 효과적으로 저장, 관리해주는 시스템을 이동체 데이터베이스라 한다. 이동체 즉, 이동 단말기나 텔레매틱스 차량과 같이 위치 변

화가 빈번하고 과거의 위치 정보를 가지는 데이터를 일반 상용 DBMS에서 관리하는 것은 어렵다. 가령 현재 이동 중인 자동차로부터 가장 가까운 병원을 조회하는 질의를 처리하기 위해 시간의 변화에 따른 함수를 사용하여 이동체의 위치 표현과 질의 처리가 가능해야 한다. 따라서 일반 속성 데이터에 비해 대용량의 이동체를 관리하는 시스템은 새로운 데이터 모델, 질의어, 색인 및 저장소뿐만 아니라, 실시간 처리가 가능해야 한다(한국 전자통신연구원, 2005).

우선, 이동체는 다양하게 모델링 될 수 있는데, 차량이나 사람의 경우 점으로 모델링되어 궤적으로 표현될 수 있고, 태풍이나 홍수 피해 지역과 같이 모양과 영역이 변하는 정보에 대해서는 영역 모델링을 통해 시간에 따른 모양과 움직임이 함께 표현될 수도 있다. 이동체가 2차원 공간상에서 이동하느냐 아니면 실내의 같이 3차원 공간상에서 움직이느냐에 따라 이동체 데이터베이스의 차원이 3차원 또는 4차원이 될 수 있다.

2.2 선행 연구 고찰

이동체 데이터베이스에서는 이동체의 과거 궤적을 효율적으로 처리하기 위한 구조와 현재 및 근접미래의 위치를 효율적으로 처리하기 위한 두 가지 모델링 기법을 제공하고 있다. 우선, 이동체의 위치(x, y)와 타임스탬프(t)로 이루어진 좌표들을 선형으로 보간하여 궤적 정보를 저장하고(샘플링된 좌표들을 선형으로 연결), 시공간 질의 및 과거 궤적 질의를 제공하는 방식이 있다(Pfoser, 2000). 이러한 질의를 위해 ETRI 연구에서는 MOQL이라는 언어를 제공하고 있으며(Nam, 2004), 효율적인 질의 처리를 위해 Pfoser(2000)는 R-tree를 변형한 STR-tree 및 TB-tree를 제시하고 있다. 다음으로, 시작점과 속도벡터를 저장하여 이동체의 현재 또는 근접미래에 대한 질의를 제공하는 방식이 있다(Saltenis, 2000). 이에 대한 효율적인 질의 처리를 위해 TPR-tree와 같은 색인에 대한 연구가 이루어지고 있다(Saltenis, 2000). 또한 미래 질의의 추정치에 대한 불확실성 처리에 관한 연구와 유비쿼터스 센서 네트워크 응용 분야 중 이동체의 경로를 트래킹 하는 연구(김용기, 2009; Li, 2003; Kung, 2003)와 이동 객체 환경에서 연속 처리 기법을 위한 질의처리와 관련한 연구가 이루어지고 있다(박용훈, 2009).

이동체 데이터베이스는 기존의 데이터베이스 시스템의 요구사항과는 달리 업데이트의 빈도가 매우 높고, 이동체의 과거 궤적 및 미래의 위치에 대한 추정치를 질의의 결과로 되돌려 줄 수 있어야 하므로 시공간 데이터베이스의 특화된 형태로 발전되어 왔다. 특히 이동

체 데이터베이스에 탑재된 디지털 맵 데이터에 대한 온라인 교환과 업데이트 빈도 최소화에 관한 연구로 ActMap / FeedMap(ERTICO, 2007; Loewenau, 2008) 과 ETRI의 Map Air Update가 있다. ActMap 시스템은 유럽 자동차 회사들과 디지털 지도 제작 업체와의 프로젝트 팀에 의해 제안되었으며 이동체에 탑재된 단말 기기에 무선 네트워크를 이용하여 지도의 최신 변경 사항을 반영할 수 있도록 지원한다. 맵 데이터의 부분 업데이트, 파티션 및 버전 관리, 필터링, 위치참조, Pull/Push 업데이트 지원 기능을 포함하여 연구가 진행되었다. 또한 위치기반시스템용 모바일 단말기에 내장된 맵 데이터를 무선 통신망을 이용하여 온라인 업데이트 하는 개방형 서비스 프레임워크 개발을 진행되었다(한국전자통신연구원, 2008; 민정욱, 2008). 단말 지도 제공자, 지도 갱신 서버와 모바일 단말 시스템 간 데이터 생성, 전송을 위한 모바일 데이터베이스 기반 맵 등록 기술과 제공 기술에 관한 연구가 진행되었다.

2.3 연구 착안점 정립

지금까지 살펴본 이동체 관련 국내외 선행연구들을 중심으로 연구 분야에 따른 주요 연구 흐름은 표 1과 같다.

선행 연구 고찰을 통한 본 연구의 착안점으로, 우선 이동체는 달리 업데이트의 빈도가 매우 높고, 이동체의 궤적과 위치에 대한 추정치를 질의의 결과로 되돌려 줄 수 있어야 하므로 시공간 데이터베이스의 특화된 형태로 발전되어야한다. 위치 기반 서비스의 응용에 포함된 연구가 시기적으로 필요하고 중요성을 인식함에도 불구하고 아직까지 주행 안내 서비스를 위한 이동체 DBMS 모델에 관한 실증적 연구가 미비한 실정이다. 그러므로 본 연구에서는 위치 기반 서비스를 위한 소프트웨어 인프라로 이동체의 효율적인 위치관리 측면에서 시간의 변화에 따른 함수를 사용하여 이동체의 위치와 질의 처리가 가능한 이동체 색인 구조를 설계하였

다. 또한 이를 지원하는 새로운 실증적 모델을 개발하고 이를 임베디드 모바일 DBMS에 적용하여 성능 분석 결과를 제시하였다.

3. 이동체 공간 인덱스 설계

3.1 스토리지 모델 구조

본 절에서는 시공간적 연속성에 기반한 이동체 데이터를 관계형 데이터베이스에 저장과 질의처리를 구현하기 하기위한 스토리지 모델을 정의한다. 데이터 저장 구조는 관계형 인덱싱을 지원하기 위한 것으로써 SQL 만으로도 공간 질의가 가능하도록 설계하였다. 저장 구조는 관계형 데이터베이스를 대상으로 공간 데이터베이스로의 확장을 위해 제안되는 표준 스키마인 OGC의 "SQL92"를 바탕으로 하였다. 테이블은 지도 데이터 저장 구조를 공간 인덱싱을 위한 정보만을 저장하는 S 테이블과 실제적인 데이터가 저장되는 F 테이블, 다양한 속성정보가 저장되는 A 테이블로 구분된다. F 테이블은 물리적으로 바이너리 칼럼 안에 기하학적인 형상을 저장한다. A 테이블은 주행 안내를 위한 거리, 차선 수, 방면명칭 등 속성정보를 저장한다. 테이블 안에 각각의 행은 유일한 피쳐 구분자(FID)를 가진 하나의 공간 개체를 표현한다. 각 레코드는 이 유일한 객체 구분자로 지오메트리 정보를 저장하고 있는 피쳐 테이블(F table) 안에 행과 1 대 1로 대응된다. S 테이블은 공간 질의 시 인덱스 역할을 하는 테이블로써 해당 객체의 최소 경계 사각형인 MBR(Minimum Bounding Rectangle) 정보와 공간 인덱스인 그리드 인덱스의 아이디를 저장한다. 그리드 아이디를 관계형 액세스 방법의 인덱스 테이블에 저장하기 위해서는 일 대 다의 구조를 사용한다. A 테이블 스키마에서 공간 개체의 지오메트리 검색을 위해 SQL조건 절에 다중 행 비교를 위한 질의 처리를 수행한다. 하지만, 그리드의 크기가 너무 작아 개체가 많은 그리드 인덱스와 교차한다면 검색해야 할 그

표 1. 이동체 관련 주요 연구 종합표

| 연구 분야 | 주요 연구 흐름 |
|------------|---|
| 데이터 모델링 | <ul style="list-style-type: none"> 이동체의 과거 궤적을 효율적으로 처리하기 위한 구조 현재 및 근접미래의 위치를 효율적으로 처리 |
| 질의처리 및 연산자 | <ul style="list-style-type: none"> 특정 시간대에 특정 영역을 지난 이동체의 궤적을 찾는 질의 시작점과 속도벡터를 저장하여 이동체의 현재 또는 근접미래에 대한 질의 이동 객체 환경에서 연속 처리 기법 : K-최근접 질의, 연속 영역 질의 |
| 시공간 색인 구조 | <ul style="list-style-type: none"> 현재 또는 미래 위치 검색, 과거 위치 검색, 궤적 색인 검색 |
| 데이터 전송 관리 | <ul style="list-style-type: none"> ActMap/ FeedMap : GDF 데이터 모델에 기반 하여 XML을 이용한 표준 데이터형식과 시간 모델 정의 ETRI(FUNS : Flash-aware Ubiquitous Navigation System) : 이동체 데이터의 실시간 자료 갱신을 위한 객체 단위 이동체 DBMS 모델과 업데이트 전략 제시 |

리드 아이디 값이 많아 검색 성능을 저하될 수 있다. 이런 경우에는 인덱스 테이블 B의 일 대 일 구조를 사용하여 성능을 보완할 수 있다. 인덱스를 구성하는 그리드 아이디가 단일 행으로 저장되기 때문에 인덱스 테이블의 크기가 줄어드는 장점을 얻을 수 있기 때문이다. 따라서 일 대 다 구조를 사용하는 개체가 그리드 아이디 값이 많을 경우에는 인덱스 테이블 B가 저장하는 일 대 일 구조로 대체함으로써 효율적인 질의 처리에 적용할 수 있다.

3.2 다단계 이동체 색인 구조

그리드 방식은 대상지역을 선형 스케일로 구분된 그리드 셀로 나누어 저장하는 방식이다. 키 값의 범위를 선형 눈금자(Linear scale), 페이지(버킷) 번호를 격자 배열(Grid Array)이라 부르며, 선형 눈금자는 각 축 위의 눈금에 의해서 나타내고 격자 배열은 2차원 평면으로 표시한다. 이때 가장 작은 공간을 격자 블록이라 하고, 선형 눈금자와 격자 배열을 총칭하여 격자 디렉토리(Grid Directory)라 한다. 이 방식은 평면상의 공간을 선형 스케일을 사용하여 그리드 디렉토리를 구성하고, 이를 각 데이터 블록에 저장한다. 적은 디스크 I/O와 영역 질의에 효율적이며, 이동체 데이터 관리 단위인 파셀의 형태와 유사한 그리드 방식을 적용한다. 즉, 고정 그리드 인덱스는 포인트 쿼리를 기반으로 하는 다차원 인덱스 중의 하나로 질의처리에 대한 유연성과 성능을 제공한다. 특히, 다양한 크기의 그리드 인덱스는 이동체의 이동성과 계층별로 레벨화된 이동체 데이터 구조를 위한 질의 성능을 향상시킬 수 있다. 그러므로 본 논문에서는 디스플레이, 포인트와 영역의 공간데이터의 계산과 검색에 효율적인 고정 그리드 인덱스를 사용하여 이동체 데이터를 위한 공간 인덱스로 사용하였다. 그림 1은 2차원 그리드 디렉토리 구조를 나타낸 것이다.

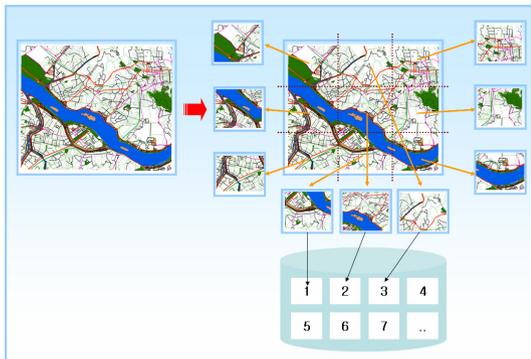


그림 1. 그리드 디렉토리 구성

지도 데이터를 선형 스케일을 사용하여 일정한 공간으로 분할하고 데이터 블록을 구성한 뒤 그리드 디렉토리를 구성하고 그것의 주소를 1차원 배열의 데이터 페이지로 저장한 것을 볼 수 있다. 이 배열은 그리드 디렉토리의 인덱스 식별로 사용되며 레코드의 블록 또는 버킷을 참조한다. 이러한 인덱스 구조를 관계형 액세스 방법을 적용해서 구현할 경우 그리드 디렉토리는 인덱스 테이블에 대응될 수 있고, 데이터 블록은 사용자 테이블에 대응하도록 설계 할 수 있다. 인덱스 테이블에는 공간 데이터가 가지는 MBR 값이 저장이 되며, 선형 스케일로 계산된 그리드 식별자 값이 저장이 된다. 고정 그리드 인덱스를 관계형 액세스 방법 기반으로 구현될 경우 메타 테이블, 인덱스 테이블, 사용자 테이블에 대한 내용을 구성해야 한다. 하지만, 본 과제에서는 실험데이터의 공간적 분포와 데이터 특성을 고려하여 메타 테이블이 존재하지 않아도 공간 인덱싱을 할 수 있는 인덱스 테이블, 사용자 테이블을 설계하였다.

3.3 시공간 색인 함수

고정 그리드 인덱스의 데이터 블록을 구성하기 위해서는 해당 데이터 블록의 식별자인 그리드 아이디를 계산해야 한다. 그리드 아이디를 구하기 위해서는 해쉬 함수가 필요하며 식 (1) 같이 정의할 수 있다.

$$\begin{aligned} Grid X(t) &= INT\left[\frac{x - MinX}{Size X}\right] \\ Grid Y(t) &= INT\left[\frac{y - MinY}{Size Y}\right] \end{aligned} \quad (1)$$

해쉬 함수를 구성하는 인자는 최하단의 값과 그리드의 크기를 필요로 한다. 선형 스케일을 통해 구성할 수 있는 그리드 아이디는 질의처리 과정에서 여과단계를 지원할 수 있는 정보로 활용이 되어 보다 빠른 검색이 이루어지게 할 수 있는 역할을 수행하게 된다. 예를 들어 그림 2는 평면상의 공간을 단위가 2m로 구성된 선형 스케일을 통하여 그리드 아이디를 구하는 과정을 나타낸다. 이동체의 임의의 시간 t에 측정된 위치정보 P(t)의 좌표 $x = 5, y = 7$ 이다. 그리드 영역을 결정하는 최소 영역의 좌표는 (0,0) 최대 영역의 좌표는 (10,10)으로 키 값의 범위를 2 간격으로 정의하면 격자 배열의 식별 번호가 정의된다. 따라서, 검색된 버킷의 그리드 번호는 그리드 X = 2, 그리드 Y = 3이 된다.

본 연구에서는 그리드 영역 정의는 한반도(북한지역 포함)의 모든 영토를 포함할 수 있도록 하고, 레벨별 크기를 km단위로 정수형이 되도록 하고 하위레벨에서 그

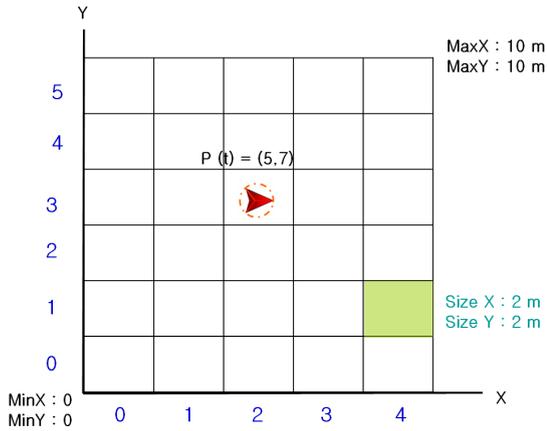


그림 2. 그리드 식별 번호 정의 예

리드의 가로와 세로의 길이가 동일하도록 설정하였다.

3.4 그리드 인덱스 기반 이동체 공간 연산

많은 위치 기반 서비스들은 실세계 모든 객체 대해 다양한 질의 처리 기법들을 이용하여 사용자에게 원하는 정보를 제공한다. 이때 자주 사용되는 질의가 최근접 질의이며 사용자의 선택 위치와 가장 가까운 곳에 존재하는 객체를 결과로 반환한다. 즉, 이동 중인 차량에서 반경 검색 범위내에 가장 가까이 위치한 POI를 검색하는 경우 등에 적용가능하다. 이 검색절차를 살펴보면 (1) 우선 최근접 검색을 위한 거리를 초기화한다. (2) 이동체의 현재 타임 스탬프(t)에서의 위치 좌표를 이용하여 해쉬 함수를 통해 그리드 번호를 반환한다. (3) 최근접 검색을 위한 최소 영역과 최대 영역의 그리드 번호를 구한다. (4) 마지막으로 최근접 검색을 위해 반환되는 그리드 번호를 이용하여 공간 개체를 검색한다. 최근접 검색에 제시된 그리드 인덱스를 적용하여 보면 표 2와 같다.

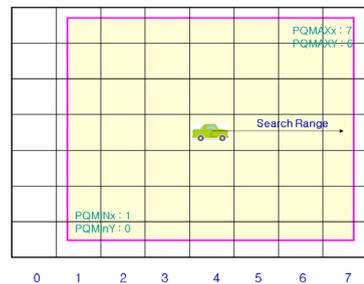
표 2. 최근접 질의 적용 예

| 그리드 인덱스 기반 최근접 공간 질의 연산 | |
|-------------------------|---|
| | 검색 절차 |
| 1) | Initialize SR = SearchRange |
| 2) | PositionG _X = HF(P _X ^t), PositionG _Y = HF(P _Y ^t) |
| 3) | PQMinx = int(Px - SR), PQMiny = int(Py - SR) PQMaxx = int(Px + SR + 0.5) PQMaxy = int(Py + SR + 0.5) |
| 4) | For(i = PQMinx ; I <= PQMaxx ; i++){ For(j = PQMiny ; j <= PQMaxy ; j++){ Feature Query In Grid [i , j]} |

4. 이동체 지도 데이터베이스 모델 구현

4.1 이동체 데이터베이스 스키마

시간의 변화에 따른 이동체의 화면 표시를 위한 지도 데이터 테이블은 지형지물, 행정경계, 텍스트 등 화면 디스플레이와 위치결정을 위한 개체 관리를 위해 설계되었다. 지도 데이터 테이블은 직사각형 형태의 등간격의 도엽 단위로 설계되었다. 또한 이 테이블은 실시간 축척을 처리하여 디스플레이하기 위한 다단계 구조를 지원할 수 있도록 설계하였다. 즉, 이동체의 위치를 중심으로 해당 계층에 해당하는 도엽 번호와 도로, 철도, 호수 행정계, 문자 등 데이터 종별로 정보를 지도 표시되어야 한다. 따라서 테이블에 대한 빠른 접근과 레벨링을 위해 미리 축척에 따라서 표현할 대상을 설정하고 별도의 수준으로 공간 데이터를 단순화하여 저장하기 위한 계층화 구조를 고려하여 단계 별 단위 도엽으로 테이블을 설계하였다. 각각의 공간 데이터는 피쳐 테이블에 개체 단위로 저장되고, 공간 인덱스 테이블과 일대다 관계로 매핑 된다. 주요 지도 데이터 테이블은 지오메트리 정보를 포함한 실제 공간 데이터가 저장된 BgF 테이블, 개별 개체의 빠른 접근을 위해 그리드 인덱스 정보를 저장한 BgS 테이블, 배경용 데이터의 화면 표시를 위해 각각의 개체 클래스 코드 별로 화면 표시 순서를 정의한 BgClass, 클래스 코드별 색상(RGB), 심볼을 정의한 BgSymbol 테이블, 좌표 정보와 해당 텍스트 정보를 저장한 BgA 테이블로 구된다. 또한 도엽별 피쳐 테이블을 접근하기위해 각 도엽의 공간적 위치 정보와 도엽번호를 저장한 MeshMetaTable을 추가하였다. BgF 피쳐 테이블은 피쳐에 대한 지오메트리 정보를 저장한다. 조회의 결과 형상정보와 종별 코드를 반환한다. BgS 인덱스는 배경데이터를 검색을 위한 테이블이다. MeshMetaTable에서 계산된 도엽번호를 이용하여 개체 검색을 위한 BgS 테이블을 접근한다. 2레벨 이하의 테이블은 일대다의 그리드 인덱스 구조를 형



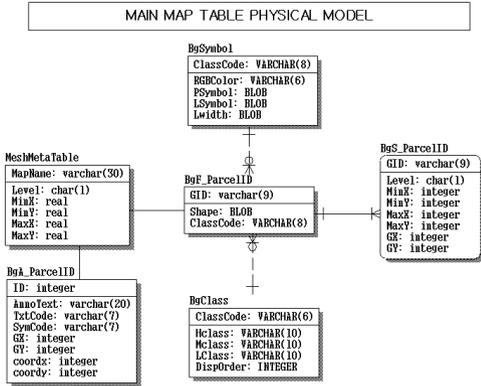


그림 3. 지도 데이터베이스 물리 모델

성하고, 3레벨 이상의 스키마에서는 일대일의 그리드 인덱스의 구조로 설계하였다. BgA 테이블은 텍스트 정보를 저장한다. 설계된 이동체 데이터베이스 스키마는 그림 3과 같다.

4.2 공간 질의 처리

공간 질의에 대한 공간 질의 처리기(Spatial query processor)는 구현하는 방법에 따라 PAMs(Point access methods)와 SAMs(Spatial access methods)으로 구분할 수 있다. PAMs는 k-d트리, k-d-B 트리, 그리드 파일 등 다차원의 포인터 정보로만 저장된 데이터베이스에서 공간 검색을 위해 설계된 방법으로 공간적 범위를 가지고 있지 않는 것을 특징으로 한다. 이에 반해 SAMs는 Space-filling Curves, R-tree 등 다차원 점, 선, 사각형, 또는 다른 기하학적인 객체들을 다루기 위해 설계된 기법으로 다차원 객체에 대한 공간적 범위를 관리하고 검색하기 위한 방법으로 사용되고 있다 (Gaede,1998). 이러한 PAMs, SAMs는 SQL을 확장하여 표현을 해야 하며 공간 데이터의 객체와 관련된 연산을 표현하여 사용자 데이터 타입을 정의하거나 BLOB과 같은 데이터 타입을 통해 공간 데이터를 처리한다. 본 논문에서 PAMs 기반으로 고정 그리드 인덱스로 공간 데이터를 인덱스하기 위해 설계된 공간 질의는 그림 4와 같다. 우선, 지도 표시를 위한 주요 지도 데이터는 레벨 별로 데이터를 구축하였기 때문에 레벨에 따른 질의 문을 구성하고 공간 개체의 지오메트리 정보 이외에 클래스 코드, 색상과 표시 순서에 대한 정보를 조회한다. 조건절에 표시레벨을 정의하고, 공간 인덱스 아이디는 BgGrid 테이블에 저장되어 있는 그리드 크기 값을 통해 계산된 검색영역 내의 그리드 아이디 값, 검색영역의 좌하단, 우상단의 좌표 값을 포함한

```

SELECT BgF492674.Shape, BgClassSymbol.ClassCode, BgClassSymbol.RGBColor, BgClassSymbol.DispOrder
FROM (
    SELECT DISTINCT(BgS492674.ID) as BgSID
    FROM BgS492674
    WHERE BgS492674.GX IN (266) and BgS492674.GY IN (53,54) AND
    BgS492674.Level = '0' AND
    BgS492674.MinX <= 266500 AND BgS492674.MinY <= 74406 AND
    BgS492674.MaxX >= 266100 AND BgS492674.MaxY >= 73966
) AS BgStable, BgF492674, BgClassSymbol
WHERE BgStable.BgSID = BgF492674.GID AND
BgF492674.ClassCode = BgClassSymbol.ClassCode
    
```

그림 4. 이동체 지도 표출을 위한 시공간 질의

다. 검색 조건을 만족시키는 공간 객체를 찾기 위해 우선 여과 단계가 이루어지게 되는데 레벨별로 정의된 그리드 식별자로 후보 셋을 구성하게 된다. 구성된 후보 셋은 응용계층에서 요구하는 검색영역에 포함이 되는지 확인하는 정제 단계를 거쳐 해당되는 공간 데이터만을 반환하게 된다. 즉 여과 단계에서 질의가 실행되어 지면 MBR을 계산하여 우선적으로 정제 단계를 위한 후보 셋을 형성하게 된다. 이 과정에서 후보 셋에 원하는 객체만 적절히 포함되어 있다면 질의에 대한 결과를 메모리상으로 보내지만, 그렇지 않으면 다시 정제 단계를 통해 필요 없는 객체를 제거하여 검색조건에 해당하는 객체만 보내게 된다.

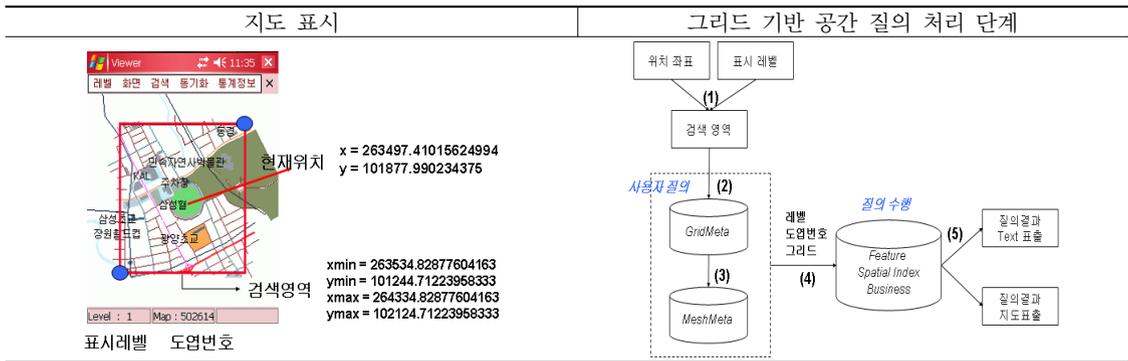
4.3 프로토 타입 시스템 구현

4.3.1 시스템 아키텍처

이동체 질의처리를 위한 데이터베이스 모델의 구현은 SQLite DBMS를 확장시켜 설계하였다. SQLite는 28KB의 light-weight 구조를 가진 디스크 기반의 모바일용 관계형 데이터베이스이다. SQL92를 지원하며 2TB까지 데이터를 저장 할 수 있어 대용량의 공간 데이터를 관리가 가능하다. 또한 질의 처리 면에서 기존 MySQL, PostgreSQL보다 성능이 우수하고, 다양한 플랫폼, Native C/C++ 표준 API와 프로그램 인터페이스를 지원하므로 상호운용이 가능한 소프트웨어의 개발과 복잡하고 다양한 공간 질의 구현이 용이하다. 따라서 이러한 SQLite의 경량화, 단순한 DB 구조는 차량항법 서비스를 위한 모바일 디바이스에 최적화된 성능과 개발 환경을 보장할 수 있다.

임베디드 공간 데이터베이스를 위한 프로토타입 시스템의 구현 환경으로는 Pocket PC 2003을 기반으로 SQLite-wince-3.3.5를 포팅을 하였으며, Pocket PC 2003 SDK으로 확대/축소 및 이동에 따른 지도 데이터 표시와 레벨간의 변화를 위한 API를 개발하였다. 원시 데이터는 레벨 별로 구분되어 변환되고, 데이터 경량화를 위해 공간 데이터는 압축을 통해 데이터베이스에 로

표 3. 이동체 지도 표출을 위한 공간 질의 수행 과정



딩이 된다. 각 테이블은 공간 인덱스 역할을 하는 S 테이블과 실질적인 데이터가 저장되는 F 테이블로 구성된다. SQL을 이용하여 간결한 공간, 비공간 질의를 수행하며, 구조의 변경과 데이터의 추가, 삭제를 할 수 있다. 공간 인덱스를 통해 검색 성능을 향상되고, API는 어플리케이션 소프트웨어 개발을 용이하게 하고 데이터베이스의 독립성을 보장한다. 검색과 디스플레이에 필요한 공간 질의를 수행하는 API를 통해 이동체 주행 서비스를 위한 각 어플리케이션과 통신이 가능하다

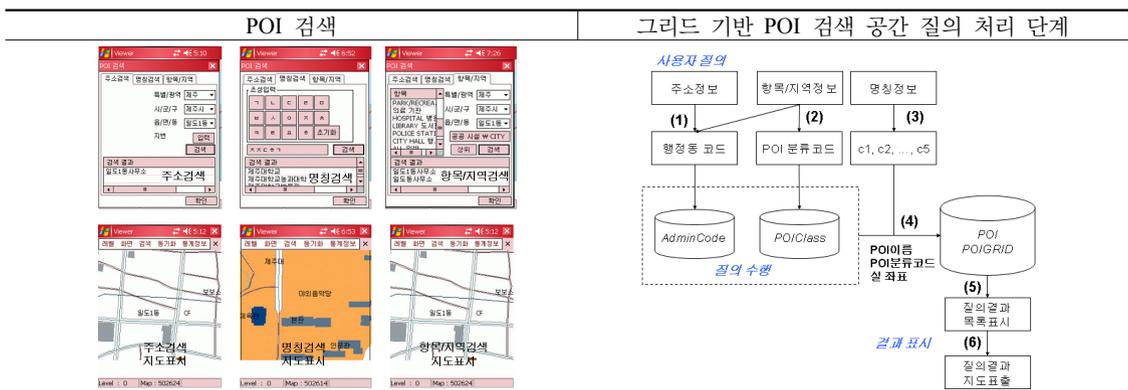
4.3.2 질의 처리 구현

① 이동체 지도 표출

지도 표시 API는 수계, 행정계, 철도, 시설, 지명 등 그래픽 요소들의 위치와 텍스트 데이터를 화면에 표시한다. 객체에 대한 구분보다는 공간을 인식 할 수 있도록 선, 면을 중심으로 전체적인 모양만을 저장하여 표현한다. 신속한 출력을 위하여 축척 별로 도엽과 레벨 별 표현 처리를 통해 그래픽 요소를 레벨링 한다. 모바일 기기에서 실시간으로 축척을 처리하여 디스플레이

하기가 어려우므로, 미리 정의된 축척에 따라 표현할 대상을 설정하고 별도의 수준으로 공간 데이터를 단순화하여 저장하기 위한 계층화 구조로 표현한다. 또한, 넘겨받은 공간 데이터를 파싱하여 모바일 장치 좌표로 변환하여 화면에 디스플레이하는 기능을 제공한다. 모바일 디스플레이 화면에 출력하기 위해 영역에 맞도록 좌표를 변환한다. 화면 표시단계는 이동체 위치에서의 검색 영역을 설정하고, 고정 그리드 인덱스의 아이디 값을 얻어 해당 되는 개체에 대한 정보를 검색하는 절차에 따라 실행된다. 즉, 사용자에게 의한 위치 좌표와 지도가 표시되기 원하는 레벨이 정의가 되면 개체를 검색하여 화면에 표출하는 과정이다. 구체적인 단계별 동작의 기본 개념은 표 3과 같다. 즉, 지도 표시를 위한 개체 질의의 단계는 (1) 현재 이동체 위치와 영역을 기준으로 해당 레벨의 윈도우 사이즈 계산 (2) 검색 영역에 대한 그리드 아이디 계산 (3) MeshMeta 테이블을 이용하여 도엽번호 계산 (4) Grid ID에 해당하는 개체 검색 (5) 실좌표 저장, 색상정보, 디스플레이 순서 저장 등 검색된 개체 메모리 할당 (6) 폴리곤/ 폴리 라인/

표 4. 이동체 POI 최근접 검색을 위한 공간 질의 수행 과정



Annotation(텍스트) / 도로 검색 을 통해 진행된다. 그래픽 요소들의 위치와 텍스트 데이터를 화면에 표시하고 축척 별로 도엽과 레벨별 표현 처리를 통해 그래픽 요소를 레벨링하고 배경 중별 색상과 디스플레이 순서에 따라 화면에 표시한다.

② POI 검색 및 배경 표시

서비스 및 POI 정보 접근 API는 사용자가 목적지로 관심 시설물을 찾기 위해 디렉토리 검색 서비스를 제공함으로써 POI 데이터를 검색할 수 있도록 한다. 주요 시설물, 역, 공항, 터미널, 호텔 등을 좌표로 지도에 표시하며 API 구현 시 기본적으로 목적지 검색을 위한 다양한 검색 유형이 지원되도록 하였다. 목표지 검색에서 사용자가 목적지에 대한 정보, 즉 목적지의 주소나 명칭을 알고 있는 경우 그 데이터를 직접 입력함으로써 직접 목적지를 검색할 수 있거나 반대로 목적지에 대한 정확한 정보를 갖고 있지 않을 경우에는 장르별 단계에 따라 단계적으로 최종 목적지를 검색 할 수 있도록 한다. 검색된 결과는 지도 상에서의 (x, y) 좌표, 텍스트, 그래픽 요소 등에 대한 정보를 저장하여 지도 위에 중첩하여 출력한다. 서비스 및 POI 정보 접근을 위한 주요 API는 표 4와 같다.

4.4 성능평가

모델의 성능 평가를 위하여 제시된 데이터 모델을 적용하여 그 결과를 질의 처리 측면에서 분석한다. 최종적으로 제시된 지도 데이터베이스 모델의 효율성과 타당성 분석 작업이 이루어진다. 연구지역은 제주도로 제주시, 서귀포시 등 도로와 건물 등이 밀집한 지역과 희소적인 지역이 고르게 반영 되어 있는 공간적 특성을 가진다. 즉, 제주시의 19개의 모든 행정구역을 다 포함하는 비교적 넓은 지역에서 개체 타입과 레코드 수에 따른 성능을 비교 하기위해 선정하였다. 0~2 상세 레벨에 해당하는 지역 중 제주시와 서귀포시를 중심으로 검색 영역을 포함시켜 총 12개의 영역 질의의 공간 분포에 해당하는 MBR영역을 선택하였다. 측정할 질의 처리 시간은 영역 질의 명령을 DB로 보내고 이를 처리해서 다시 결과를 반환하고 개체의 실좌표를 복원하는데 까지 걸린 시간을 사용하였다. 이와 같은 방법으로 관계형 인덱스에서 각각의 영역 질의에 대해 실질적인 시간을 측정하였으며, 각 질의의 수행 결과 정확성을 측정하기 위해 질의 수행 결과의 수행 시간을 산출하여 비교하였다. 영역 질의의 관계형 인덱싱을 이용하여 개체수와 포인트 수에 따른 수행 시간에 대한 순차 검색 질의와 그리드 인덱스 기반 다단계 계층탐색질의 실험

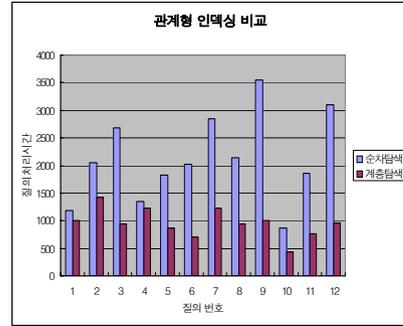


그림 5. 질의 처리 시간 비교 평가

결과를 그림 5와 같다.

위의 결과를 분석해 보면 개체수와 개체가 가진 형상 점 수에 따라 수행 시간이 증가 하는 것을 확인할 수 있다. 따라서 순차탐색과 비교하여 그리드 인덱스 구조를 이용한 계층 질의의 결과가 평균 54.86% 정도 전체적으로 빠른 것을 확인할 수 있다. 즉, 평균적으로 순차탐색의 경우 495개 미만의 결과 레코드를 반환하는데 2122.417ms가 소요된 반면, 계층탐색을 이용할 경우 958.0833ms가 소요되어 전체적으로 제시된 그리드 기반 계층탐색이 보다 좋은 성능을 보임을 확인할 수 있다. 이는 고정 그리드 인덱스를 이용하여 레벨별로 조정된 영역에 포함된 개체를 효율적으로 필터링하여 개체 수를 줄이고 축척별 지도 표시를 위해 레벨을 조건으로 제약시켜 계층적 데이터 접근을 허용하도록 구성되었기 때문으로 분석된다.

5. 결론

이동성을 지원하는 모바일 환경에서 위치정보의 활용과 사용자 요구가 증가되고 있으며, 시간 흐름에 따라 변화량이 크게 증가되는 지도 데이터와 차량의 위치 정보를 효과적으로 유지관리하기 위한 데이터베이스 시스템의 활용이 지속적으로 제기되고 있다. 이에 반해 객체의 공간적 속성이 시간에 따라 연속적으로 변하는 이동체에 대해 텔레매틱스 DB와 연계된 실증적 연구가 미비한 실정이다. 이에 본 연구에서는 시간의 변화에 따른 이동체의 위치와 질의 처리가 가능한 효율적인 시공간 이동체 색인 구조와 이를 지원하는 실증적 모델의 설계와 구현을 목적으로 하였다. 이를 위해 임베디드 관계형 DBMS를 이용하여 이동체 데이터베이스의 색인 구조와 이를 위한 테이블 구조를 설계하였으며, 이동체 지도 시각화와 위치 갱신을 위한 서비스 유형별 공산 연산 및 질의처리를 구현하여 이를 프로토타입 시

시스템에 적용하였다. 설계된 모델의 평가는 개체가 가진 MBR 정보만을 이용한 순차 검색과 단계별 그리드 인덱스를 활용한 계층 질의문과 비교하였다. 다단계 그리드 인덱스를 이용한 계층 질의의 결과가 평균 54.86% 정도 전체적으로 빠른 것을 확인할 수 있었다. 결론으로 본 연구에서 제시한 단계별 고정 그리드 인덱스 기반 시공간 이동체 모델은 모바일 LBS 시스템에서 대용량 데이터의 효율적인 필터링을 통해 검색을 위한 개체 수를 줄이고, 축척별 지도 표시를 위해 레벨을 조건으로 제약시켜 계층적 데이터 접근에 효과적인 모델로 활용될 수 있을 것이다.

감사의 글

이 논문 또는 저서는 2009년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF- 2009-413-D00001)

참고문헌

1. 김용기, 김영진, 윤민, 장재우, 2009, "센서네트워크에서 시그너처 기반 데이터 집계를 이용한 이동객체 트래킹 기법", *한국공간정보시스템학회*, 제11권, 2호, pp. 99-110.
2. 민경욱, 안경환, 김주완, 진성일, 2008, "실시간 맵 업데이트를 위한 모바일 공간 DBMS 개발", *한국GIS학회 2008 공동춘계학술대회*, 한국GIS학회, pp.37-40.
3. 박용훈, 성동민, 복경수, 이병엽, 유재수, 2009, "이동객체 환경에서 거리 관계 패턴 기반 k-최근접 질의 처리 기법", *정보과학회논문지: 데이터베이스*, 한국정보과학회, 제36권, 3호, pp.215-225.
4. 양영규, 2001, "위치기반 서비스(LBS: Location Based Service)기술 현황 및 전망", *한국정보처리학회지*, pp.4-6.
5. 이기준, 김경수, 2008, "이동체의 움직임에 대한 시간적 명세", *정보과학회논문지: 데이터베이스*, 한국정보과학회, 제16권, 1호, pp.1-18.
6. 한국전자통신연구원, 2005 "위치기반서비스 기술동향", 전자통신 동향분석 제20권 제3호.
7. 한국전자통신연구원, 2008, 텔레매틱스용 Map air update기술 개발에 관한 연구.
8. ERTICO, 2007, "ActMap White Paper and Interfaces to the Feed MAP framework", white paper.
9. Gutting, R. H., 2000, "A Foundation for Representing and Querying Moving Objects", *ACM Transactions on Database System*, Vol.25, No.1, pp.1-42.
10. Joo, Y. J., and Park, S. H., 2006, "Design and Implementation of Map Databases for Telematics and Car Navigation Systems using an Embedded DBMS", *The Journal of GIS Association of Korea*, Vol.14, No.4, pp.379-389.
11. Kung, H. T. and Vlah, D., 2003, "Efficient Location Tracking Using Sensor Networks", *Proc. of IEEE Wireless Communications and Networking Conference*, Vol.3, pp.1954-1961.
12. Lee, K. Y., Kim, D. O., Yun, J. K. and Han, K. J., 2004, "A Real-time Mobile GIS based on the HBR-tree," *Proc. of the 33rd International Conference on Computers & Industrial Engineering*, Computers and Industrial Engineering.
13. Li, X., Kim, Y., Govindan, R., and Hong, W., 2003, "Multi-dimensional range queries in sensor networks," *Proc. of ACM SenSys*, pp.63-75.
14. Loewenau, J., Durekovic S., Thomas, B., and Otto, H. U., 2008, "Improving Safety and Comfort for In-Vehicle Applications by Map Deviation Detection and Online Map Updating", *7th European Congress on ITS*, Geneva.
15. Martin Erwig, Ralf Hartmut Güting, Markus Schneider, Michalis Vazirgiannis, 1999, "Spatio-Temporal Data Types: An Approach to Modeling and Querying Moving Objects in Databases". *GeoInformatica*, Vol.3, No.3, pp.269-296.
16. Nam, K. W., Lee, J. H., Lee, S. H., Lee, J. W., and Park, J. H., 2004, "Developing a Main Memory Moving Objects DBMS for High-Performance Location-Based Services," *LNCS 3007*, pp.864-873.
17. Pfoser, D., Jensen, C. S. and Theodoridis, Y., 2000, "Novel approaches in query processing for moving objects," *Proc. of Int'l Conf. on Very Large Data Bases*, pp.395-406.
18. Saltenis, G. S., Jensen, C., Leutenegger, S. T., and Lopez, M. A., 2000, "Indexing the positions of continuously moving objects", *SIGMOD*, pp.331-342.
19. Sellis, T. K., 1999, "CHOROCHRONOS: Research on Spatiotemporal Database Systems", *DEXA Workshop*, pp.452-456.
20. Yun, J. K., Kim, D. H. and Han, K. J., 2003, "Development of a Real-Time Mobile GIS supporting the Open Location Service," *Proc. of Geotec Event Conference*, Geotec Media, Canada.