

특집  
04

텔레매틱스를 위한 데이터베이스 기술 현황

특 기

1. 서 론
2. 데이터 모델링
3. 질의의 종류
4. 질의 처리 및 인덱싱
5. 결 론

김상욱 · 이상철 · 장민희 · 차장일  
 김중대 · 백지행 · 원정임  
 (한양대학교)

### 1. 서 론

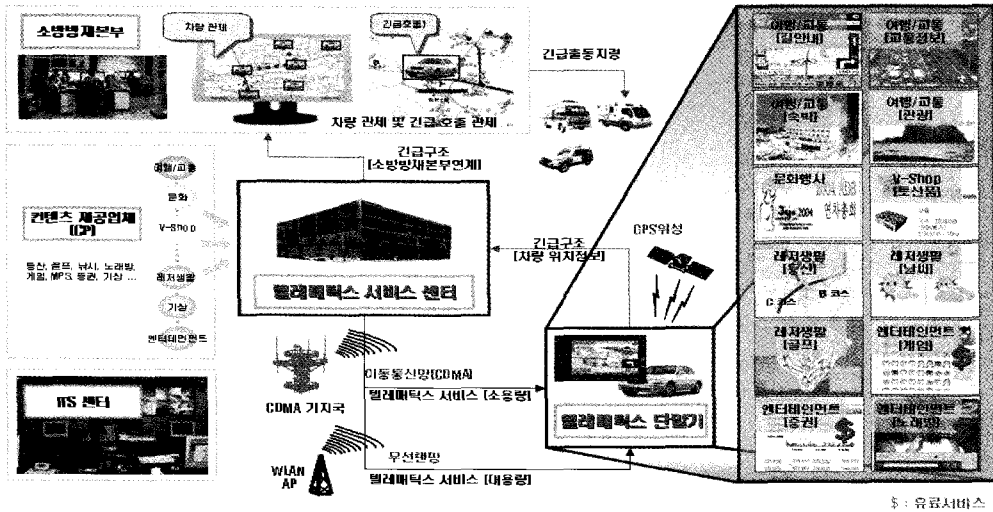
최근 들어, 위성 항법 시스템(global positioning system)과 이동 통신망의 발달로 인하여 다양한 위치 기반 서비스(location-based service)가 이루어지고 있다[Wu06]. 그 대표적인 예로 텔레매틱스(telematics)를 들 수 있다[Dur04]. 텔레매틱스는 무선 통신 기술, 위성 항법 장치 등을 이용하여 자동차, 선박 같은 이동 객체(moving object)에 위치 정보 서비스를 지원하는 새로운 응용 분야이다.

텔레매틱스가 제공하는 위치 정보 서비스로는 비상 구난, 차량 보안, 차량 항법, 교통 정보, 위치 기반 맞춤형 정보 서비스 등이 있다[Dur04]. (그림 1)은 텔레매틱스를 위한 위치 정보의 흐름을 설명하는 그림이다. 예를 들어, 자동차 사고가 발생했을 경우 인근 경찰서와 구급 센터에 연락하여 신속하게 인명 구조 및 교통 정리를 해야 한다. 이 때, 자동차 내에 있는 텔레매틱스 단말기는 자동차의 위치 정보, 도로 정보, 경찰서나 구급 센터 등 시설물의 위치 정보를 이용하여 가장 가까운 경찰서와 구급 센터의 위치를 찾는 서비

스를 제공한다. 이러한 위치 정보 서비스를 효과적으로 제공하기 위해 이동 객체와 시설물과 같은 정적 객체에 대한 위치 정보를 효과적으로 저장 관리하는 기술들이 요구된다.

이동 객체 및 정적 객체의 위치 정보를 효과적으로 관리하기 위해서는 우선 객체들이 위치하고 있는 공간의 특성을 파악해야 한다. 여기서, 공간은 이동 객체 움직임의 제약 유무에 따라 이동의 제약이 전혀 없는 공간과 이동이 제약된 공간으로 나눌 수 있다[Weg04, Spe03]. 제약이 전혀 없는 공간의 대표적인 예는 유클리드 공간(Euclidean space)이 있다[Kel75]. 유클리드 공간상의 이동 객체로는 바다 위를 항해하는 배나 하늘을 나는 비행기 등을 들 수 있다. 제약이 있는 공간의 대표적인 예는 네트워크 공간(network space)이 있다[Vaz01]. 네트워크 공간상의 이동 객체로는 도로 네트워크를 움직이는 자동차와 선로를 움직이는 기차 등을 들 수 있다.

이동 객체 및 정적 객체의 위치 정보 관리 기술로는 데이터 모델링, 질의 처리, 인덱싱 등이 있다. 데이터 모델링은 질의 처리를 위하여 이동 객체가 움직이는 공간의 제약과 이동 객체 및 정적



(그림 1) 텔레매틱스를 위한 위치 정보의 흐름

객체의 위치 정보를 표현하는 연구 분야이다 [Pap03, Tao02, Sha02]. 질의 처리는 사용자가 검색하고자 하는 이동 객체와 정적 객체의 위치 정보를 명세하기 위한 질의어와 이를 처리하는 방식을 연구하는 분야이다 [Ben02, Zhe03, Tao02, Sha02]. 또한, 인덱싱은 질의를 효과적으로 처리하기 위한 인덱스 구조에 대한 연구 분야이다 [Mok03, Tao03, Alm05]. 본 논문에서는 이동 객체 및 정적 객체의 위치 정보를 위한 각 기술들에 대하여 서술하고, 현재의 기술 동향에 관하여 논의하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 이동 객체와 정적 객체를 위한 데이터 모델링 기법에 대해서 서술한다. 제 3장에서는 이동 객체 데이터베이스를 위한 질의의 종류를 서술한다. 제 4장에서는 인덱싱 및 질의 처리 방안에 대하여 서술한다. 마지막으로 제 5장에서는 본 논문을 요약하고, 결론을 내린다.

## 2. 데이터 모델링

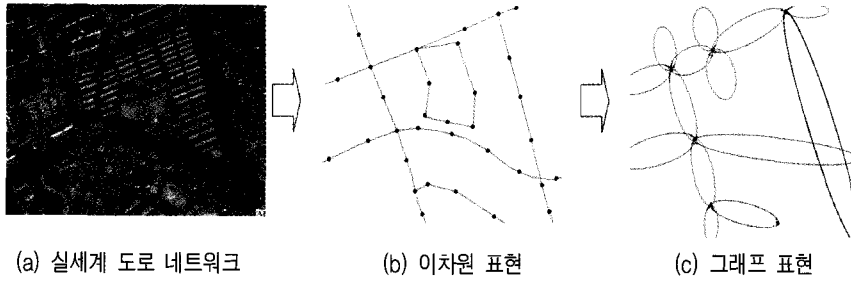
### 2.1 개요

데이터 모델링은 크게 이동 객체 및 정적 객체

에 대한 모델링과 이런 객체들이 위치하는 공간에 대한 모델링으로 나눌 수 있다.

이동 객체의 모델링은 시간적 관점에 따라서 크게 2가지로 구분된다. 첫째, 이동 객체의 현재 및 미래 위치를 표현하는 MOST(moving object spatio-temporal) 모델 [Pra97]이 있다. MOST 모델은 이동 객체의 현재 위치, 이동 속도, 이동 방향 등을 이용하여 현재 및 미래 위치를 표현하는 방식이다. 둘째, 이동 객체의 과거 움직임을 표현하는 시공간 데이터 모델(spatio-temporal data model) [Vaz01]이 있다. 시공간 데이터 모델은 공간 (x, y)과 시간 (t)의 특성을 함께 가지고 있는 삼차원 공간 (x, y, t) 상에서 객체들이 이동한 경로를 표현하는 방식이다. 이렇게 표현된 객체의 이동 경로를 궤적(trajectory)이라 부른다 [Pfo00, Pit01, Sal00].

공간 모델링은 이동 객체 움직임의 제약에 따라서 크게 두 가지로 구분된다 [Spe03]. 첫째, 이동 객체의 움직임에 아무런 제약이 없는 공간으로 유클리드 공간(Euclidean space)이 그 대표적인 예이다. 예를 들어 배가 항해하는 바다와 같이 이동 객체의 움직임이 자유로운 공간을 말한다. 둘째, 움직임에 제약이 강한 공간으로 도로 네트



(그림 2) 네트워크 공간의 모델링

워크 공간(road network space)이 대표적인 예이다. 도로 네트워크 공간은 일방 통행, 좌회전 금지, 유턴 가능 여부 등 자동차가 움직이는데 여러 가지 구조적 제약 조건을 가지고 있다.

과거 많은 연구에서 데이터 모델링은 유클리드 공간에서 범위 질의(range query), 인접 이웃 질의(nearest neighbor query), 역 인접 이웃 질의(reverse nearest neighbor query) 등의 여러 가지 질의 타입을 효율적으로 지원하기 위해서 제안되었다[Ben02, Sal00, Wol98]. 그러나 실제 환경에서는 도로 위를 이동하는 자동차와 같이 이동의 제약이 있는 경우가 대부분이기 때문에 과거의 많은 연구들은 실제 환경에 응용할 수 없다. 이에 따라 도로 네트워크 구조 및 제약 조건을 반영하기 위한 이차원 표현 방식이 제안되었다[Pap03, Tao02]. 이 연구들은 도로 네트워크의 구조적 제약 조건을 정밀하게 표현하는데 초점을 맞추고 있기 때문에 질의 처리 성능을 고려하지 않고 있다. 최근에는 질의 처리 성능을 높이기 위하여 도로 네트워크의 구조와 제약을 단순화한 그래프 표현 방식이 제안되었다[Sha02]. (그림 2)는 실세계의 도로 네트워크를 이차원 표현 방식과 그래프 표현 방식으로 모델링한 예를 보이고 있다.

본 장에서는 텔레매틱스와 같은 실제 응용에 적용되는 도로 네트워크 공간의 모델링 표현 방식에 대해서 기술한다[Spe03, Weg04].

## 2.2 표현 방식

도로 네트워크 공간을 위한 모델링 방식은 이동 객체의 정확한 위치를 표현 할 수 있는 이차원 표현 방식과 효율적인 질의 처리 성능을 위해 사용되는 그래프 표현 방식으로 나눌 수 있다. 본 절에서는 이 두 가지 방식에 관하여 서술한다.

### 2.2.1 이차원 표현

이차원 표현 방식(2D representation)[Spe03]은 실제 도로의 제약 속성들과 정적 객체의 위치 등을 정확히 표현하기 위해 사용하는 모델링 기법이다.

이차원 표현 방식에서의 도로 네트워크는 도로 선분과 연결점의 집합으로 표현된다. 도로 선분은 시작점과 끝점이 있는 직선으로 표현되며, 시작점, 끝점, 이동 객체 및 정적 객체의 위치, 이동 객체의 이동 방향, 속도, 속도 변화 등을 나타낼 수 있다. 연결점은 선분들이 연결되는 지점이며, 실제 도로에서의 교차로를 말한다. 연결점은 교차로에서 만나는 선분의 집합과 좌회전 금지 등의 제약 조건을 나타내는 연결 행렬(connection matrix)을 통해 표현된다. 정적 객체는 점으로 표현되며, 접근 속성 및 위치 정보와 함께 저장된다. 정적 객체의 위치 정보는 정적 객체가 속한 선분, 위치 좌표, 접근 속성 등으로 표현된다. 질의 점은 질의 위치 좌표, 질의가 포함되어있는 선분 등으로 표현된다.

도로 네트워크 공간에서 도로 거리(road

distance)는 임의의 두 객체간의 실제 거리로서 도로 선분의 길이의 합으로 표현된다. 반면, 여행 거리(travel distance)는 도로 선분의 접근 속성과 도로 제약 등의 다양한 도로 사정을 반영한 가중치를 부여하여 계산된 거리를 의미한다.

### 2.2.2 그래프 표현

그래프 표현 방식(graph representation) [Spe03, Weg04]은 효율적인 질의 처리를 위하여 이차원 표현 방식보다 좀 더 추상화된 그래프를 이용한 모델링 기법이다.

그래프 표현 방식에서 도로 네트워크는 그래프와 상호-간선(co-edge)으로 표현된다. 상호-간선은 두 정점을 왕복하는 간선의 쌍으로 정의된다. 그래프는 정점과 간선의 집합으로 표현된다. 간선은 정점의 시작점과 끝점, 여행 거리를 위한 가중치, 도로 거리로 표현된다. 정적 객체는 정적 객체의 위치, 정점과의 여행 거리를 위한 가중치, 도로 거리로 표현된다.

효율적인 질의 처리를 위해 앞에서 서술한 이차원 표현 방식은 그래프 표현 방식으로 변환될 수 있다. 이차원 표현 방식에서 그래프 표현 방식으로 변환하기 위해서는 도로 선분의 연속으로 표현되는 체인(chain)에서 연결점을 정점으로, 연속된 선분을 하나의 간선으로 변환한다. 이차원 표현 방식의 여러 가지 도로 제약 조건을 그래프 표현 방식으로 변환하는 자세한 방식은 참고 문헌[Spe03]에 기술되어 있다.

## 3. 질의의 종류

### 3.1 개요

이동 객체 데이터베이스를 위한 질의의 종류는 크게 정적 객체 질의와 이동 객체 질의로 나눌 수 있다. 정적 객체 질의는 사용자가 관심이 있는 정적 객체를 대상으로 하는 질의이다. 예를 들어, 사용자로부터 일정 거리 이내에 있는 주유

소를 찾는 질의가 이에 해당된다. 정적 객체 질의의 종류로는 영역 질의(range query), 인접 이웃 질의(nearest neighbor query), 연속 인접 이웃 질의(continuous nearest neighbor query), 공간 조인 질의(spatial join query) 등이 있다[Pap03].

이동 객체 질의는 모바일 장치를 가지고 움직이는 차량, 항공, 선박 등의 이동 객체를 대상으로 하는 질의이다. 예를 들어, 질의 영역이 주어졌을 때 그 영역을 통과하는 자동차를 검색하는 질의가 이에 해당된다. 이동 객체 질의의 종류는 시간에 따라 과거 질의와 미래 질의로 나눌 수 있으며, 과거 질의는 세부적으로 좌표를 기반으로 하는 점 질의(point query), 영역 질의(range query), 인접 이웃 질의(nearest neighbor query)와 궤적을 기반으로 하는 위상 질의(topological query), 항해 질의(navigational query)가 있다 [Pfo00]. <표 1>은 전체 질의들을 분류한 것을 나타낸다.

이동 객체 질의와 정적 객체 질의는 유클리드 공간과 도로 네트워크 공간상에서 모두 정의가 가능하다. 그러나 질의의 대상이 되는 공간에 따라 그 처리 방식은 달라진다. 질의 처리 방식은 제 4장에서 자세히 다루도록 하고, 본 장에서는 각 질의에 대하여 자세히 살펴해보도록 한다.

<표 1> 질의의 분류표

이동 객체 질의	과거 질의	좌표 기반 질의	점 질의
			영역 질의
		궤적 기반 질의	인접 이웃 질의
			항해 질의
	미래 질의		
정적 객체 질의	영역 질의, 인접 이웃 질의, 연속 인접 이웃 질의, 공간 조인		

### 3.2 정적 객체 질의

본 절에서는 정적 객체 질의의 대표적인 질의인 영역 질의, 인접 이웃 질의, 연속 이웃 질의, 공간

조인 질의를 서술하고 그 예를 보이도록 한다.

#### (1) 영역 질의

영역 질의는 질의 점으로부터 일정 거리 안에 존재하는 정적 객체들을 검색한다. 예를 들어, 자동차로부터 5km 이내에 있는 호텔들을 모두 검색하라는 질의가 이에 해당된다.

#### (2) 인접 이웃 질의

인접 이웃 질의는 질의 점으로부터 가까운 순으로 주어진 개수의 정적 객체들을 검색한다. 예를 들어, 자동차로부터 가까운 순으로 5개의 호텔들을 검색하라는 질의가 이에 해당된다.

#### (3) 연속 인접 이웃 질의

연속 인접 이웃 질의는 질의점이 주어진 경로로 움직일 때, 각 위치에서 인접 이웃 질의의 결과를 반환한다. 예를 들어, 자동차가 회사에서 집으로 가는 경로가 주어졌을 때, 경로를 따라가며 매순간 가장 가까운 3개의 주유소를 검색하라는 질의가 이에 해당된다. 이는 인접 이웃 질의를 확장한 방식으로서, 주어진 경로 내에서 인접 이웃이 바뀌는 지점과 그 지점부터의 새로운 인접 이웃을 저장한다.

#### (4) 공간 조인 질의

공간 조인 질의는 서로 다른 두 종류의 정적 객체들 사이의 거리가 가장 가까운 쌍을 검색한다. 예를 들어, 거리가 가장 가까운 호텔과 음식점의 쌍을 검색하라는 질의가 이에 해당된다. 이러한 질의는 데이터베이스에 저장되어 있는 호텔에 대한 위치 정보와 음식점에 대한 위치 정보를 이용하여 가장 가까운 쌍을 검색하게 된다.

### 3.3 이동 객체 질의

이동 객체 질의는 처리 대상이 되는 시간에 따라 과거 질의, 현재 질의, 미래 질의로 구분할 수 있다[Xu90, The96, Sis97]. 이 중에서 현재 질의는 과거 질의 혹은 미래 질의와 같은 방식으로 처리할 수 있다. 따라서 본 절에서는 이동 객체 질의를 과거 질의와 미래 질의로 구분하여 서술한다.

#### 3.3.1 과거 질의

과거 질의는 질의 영역 내에 단순히 이동 객체가 있었는지 유무를 검색하는 질의와 질의 영역 내에서 특정 이동 객체의 궤적 정보를 검색하는 질의가 있다. 전자를 좌표 기반 질의(coordinate-based query)라 하고, 후자를 궤적 기반 질의(trajjectory-based query)라 한다[Pfo00].

##### (1) 좌표 기반 질의

좌표 기반 질의는 시공간 삼차원으로 이루어진 공간상에서 좌표 조건을 만족하는 이동 객체들을 검색하는 질의이다. 점 질의는 시공간상에서 주어진 하나의 점과 관련된 이동 객체의 유무를 검색한다. 예를 들어, 오후 3시에 좌표 (30, 50)에 이동 객체가 있었는지를 검색하는 질의가 이에 해당된다.

영역 질의는 특정 영역 내에 이동 객체의 유무를 검색한다. 예를 들어, 오후 2시부터 3시까지 x좌표가 20에서 40, y좌표가 50에서 80까지의 영역 내에 존재한 적이 있는 이동 객체들을 검색하는 질의가 이에 해당된다. 특별히 시간 영역의 간격이 0에 가까운 질의를 시간 슬라이스 질의(time-slice query)라 한다.

인접 이웃 질의는 주어진 질의 점으로부터 가장 가까운 k개의 이동 객체들을 검색한다. 예를 들어, 오후 3시에 좌표 (30, 50)이 주어졌을 때, 질의 점으로부터 가장 가까운 5개의 이동 객체를 검색하는 질의가 이에 해당된다.

##### (2) 궤적 기반 질의

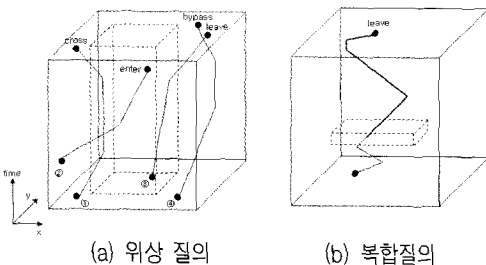
궤적 기반 질의는 위상 질의(topological query)와 항해 질의(navigational query)로 나눌 수 있다[Pfo00]. 위상 질의는 이동 객체 궤적의 움직임을 추적하는 질의로서 이동 객체가 질의 영역에 대해 들어왔는지, 나갔는지, 통과해 갔는지, 우회했는지를 검색한다. 예를 들어, 질의 영역이 주어졌을 때, 주어진 질의 영역으로부터 밖으로 나간 이동 객체를 검색하는 질의가 이에 해당된다.

향해 질의는 이동 객체의 궤적 정보를 통하여 속도나 방향 등을 계산한다. 예를 들어, 특정 이동 객체가 오후 3시에 움직인 속도를 계산하는 질의가 이에 해당된다.

(그림 3a)는 궤적 기반 질의 중 위상 질의의 예를 보이고 있다[Pfo00]. 실선으로 표시된 정육면체 영역은 이동 객체가 움직일 수 있는 전체 공간을 의미하며, 점선으로 표시된 직육면체 영역은 질의 영역을 의미한다. 또한, 각 점은 이동 객체를 의미하며, 점 사이의 실선은 이동 객체가 시간에 흐름에 따라 이동한 경로를 표현하고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 전체 공간에서 질의 영역과 4개의 이동 객체가 주어졌을 때, 위상 질의는 이동 객체의 궤적을 검색하여 결과를 반환한다. 예를 들어, 이동 객체 ①은 질의 영역을 가로질러 갔으며, 이동 객체 ②는 질의 영역 안에 들어왔으며, 이동 객체 ③은 질의 영역을 나갔으며, 이동 객체 ④는 질의 영역을 우회하였다는 결과를 반환한다.

(3) 복합 질의

복합 질의(combined query)는 영역 질의를 통하여 검색된 이동 객체를 대상으로 궤적 기반 질의를 수행하는 것이다. (그림 3b)는 복합 질의의 예를 보이고 있다. 영역 질의를 위하여 점선으로 표현된 질의 영역이 주어졌을 때, 질의 영역에 해당하는 이동 객체를 검색하고 검색된 이동 객체에 궤적 기반 질의를 수행하여 질의 영역 이후의 일정 시간 동안에 대하여 궤적의 움직임을 추적하는 질의이다.



(그림 3) 과거 질의의 종류

3.3.2 미래 질의

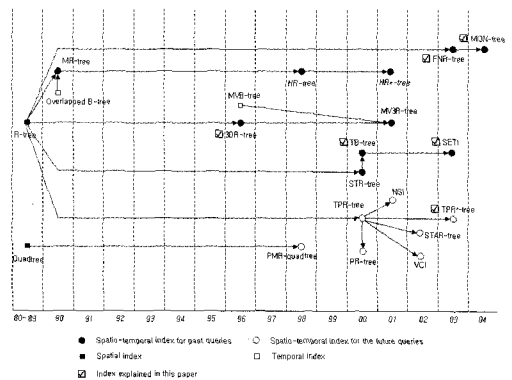
미래 질의는 이동 객체의 현재의 위치, 속도, 방향 등을 기반으로 이동 객체의 미래 위치를 예측하는 질의이다. 예를 들어, 5분 뒤에 반포 대교로 진입할 것으로 보이는 이동 객체를 검색하는 질의가 이에 해당된다.

4. 질의 처리 및 인덱싱

4.1 개요

사용자 질의에 대한 처리 방식은 객체의 종류와 공간 제약에 따라 다양한 방법이 존재한다. 또한, 동일한 질의라도 처리 방식에 따라 질의 처리 성능은 많은 영향을 받는다. 질의 처리 방식은 공간 제약에 따라 유클리드 공간상에서의 질의 처리와 네트워크 공간상에서의 질의 처리로 나눌 수 있다. 본 장에서는 각각의 공간에서의 효율적인 질의 처리 및 인덱싱 방식들에 대해 상세히 서술한다.

(그림 4)는 이동 객체 질의 처리를 효과적으로 지원하기 위한 대표적인 인덱싱 방식들을 제안된 연도 별로 나타낸 것이다[Mok03]. 그림의 선들은 각 인덱싱 방식과 그것이 기반으로 하는 인덱싱 방식과의 관계를 나타낸다.



(그림 4) 이동 객체 질의 처리를 위한 인덱싱 방식 분류

## 4.2 유클리드 공간상에서의 질의 처리

유클리드 공간상에서 정적 객체에 대한 질의 처리 방식은 이미 과거에 많이 연구된 바 있다. 본 논문에서는 현재 연구가 활발히 진행 되고 있는 이동 객체의 인덱싱 및 질의 처리 방식들에 대해서 다루도록 한다. 유클리드 공간상에서의 질의 처리 방식은 시간적 관점에 따라 과거 질의 처리를 위한 방식과 미래 질의 처리를 위한 방식으로 나눌 수가 있다.

### 4.2.1 과거 질의 처리 방식

이동 객체의 과거 질의를 처리하기 위한 대표적인 인덱스 구조로는 3DR-트리[The96], SETI[Cha03], TB-트리[Pfo00] 등이 있다.

3DR-트리[The96]는 시간 축을 하나의 새로운 공간 축으로 간주하며, 이에 따라 기존의 다차원 공간 인덱스인 R-트리[Gut84]를 그대로 사용하여 삼차원 공간상의 객체들을 관리한다. 이 인덱싱 방식은 영역 질의에 대해서는 좋은 성능을 보인다는 장점이 있다. 그러나 시간이 경과함에 따라 시간 영역의 범위가 증가하기 때문에 시간 슬라이스 질의에 대한 성능은 매우 떨어진다. 또한 시공간상에서 이동 객체의 위치와 시간 정보를 삼차원의 최소 경계 사각형(minimum bounding rectangle: MBR)[The96] 형태로 표현하여 저장하기 때문에 사각 영역(dead space)[Bec90]이 많이 발생하여 인덱스의 크기가 매우 커지게 된다.

SETI[Cha03]는 이동 객체 궤적의 변화가 공간 내에서는 상대적으로 적은 반면 시간 축에 대해서는 단조 증가한다는 특성을 고려하여 착안한 인덱싱 방식이다. 공간을 중복되는 영역 없이 같은 크기의 영역으로 분할하고, 각 영역마다 시간 축에 대한 일차원 R-트리를 최소 시간 인덱스로 유지한다. SETI는 인덱스 크기가 작다는 장점을 가지고 있지만, 질의 처리 시 여러 번의 정제 과정을 거치기 때문에 질의 처리 성능이 저하될

수 있다.

TB-트리[Pfo00]는 R-트리와 유사한 구조를 가지며, 이동 객체의 궤적 내 선분들의 순서를 보존하는 정책을 사용한다. 궤적 순서 보존을 위해 리프 노드는 같은 궤적에 속하는 선분만을 저장한다. 또한, 같은 이동 객체의 궤적이 저장된 리프 노드들은 이중 연결 리스트로 묶어 관리한다. 따라서 궤적 기반 질의와 복합 질의에 매우 우수한 성능을 보이고 있다. 그러나 공간을 고려한 분할을 하지 않기 때문에 영역 질의에 취약한 성능을 보인다[Cha03].

### 4.2.2 미래 질의 처리 방식

미래 질의를 처리하기 위한 방식들은 PRM-쿼드트리[Nel86, Tay98], VCI-트리[Pra02], TPR-트리[Sal00], TPR\*-트리[Tao03] 등이 있다. 이 중에서 TPR-트리의 단점을 개선한 TPR\*-트리가 가장 좋은 질의 처리 성능을 보이는 것으로 알려져 있다. TPR\*-트리는 R\*-트리[Bec90]를 기본 구조로 가지는 인덱스 기법으로, CBR (conservative bounding rectangle)이라는 개념을 사용하여 이동 객체들을 관리한다. CBR은 각 노드의 이동 객체들이 위치하는 공간과 그 노드의 이동 객체들이 공간상의 각 축에서 갖는 속도 중 최대, 최소값을 저장하여 이를 이동 객체의 미래 위치를 계산하기 위한 정보로 이용한다. 이러한 특성으로 인하여 간단하게 이동 객체의 미래 위치를 예측할 수 있지만 시간의 흐름에 따라 노드들의 사각 영역(dead space)이 증가한다는 문제점을 가지고 있다. 이는 인덱스 검색 시에 액세스되는 노드들의 수를 증가시켜 질의 처리 성능의 저하를 가져온다.

## 4.3 네트워크 공간상에서의 질의 처리

네트워크 공간상에서의 정적 객체와 이동 객체에 대한 질의 처리 방식은 최근 많은 연구가 진행되고 있다. 그러나 이동 객체에 대한 미래 질

의 연구는 네트워크 공간의 다양한 제약 조건으로 인하여 아직 미비한 수준이다. 따라서 본 절에서는 네트워크 공간상에서 정적 객체를 위한 질의 처리 방식과 이동 객체를 위한 과거 질의 처리 방식에 관하여 서술한다.

#### 4.3.1 정적 객체를 위한 질의 처리 방식

네트워크 공간에서 정적 객체 질의 처리에 대한 연구는 사용자의 현재 위치에서 가장 가까운 정적 객체를 검색하는 인접 이웃 질의에 초점을 맞추고 있다. 정적 객체 질의를 처리하기 위한 대표적인 방식들은 INE[Pap03], IER[Pap03],  $VN^3$ [Kol04] 등이 있다.

INE(Incremental network expansion)[Pap03]는 질의 점이 주어졌을 때, 우선 질의 점이 포함된 도로 선분을 찾는다. 그 후, 해당 도로 선분부터 시작하여 인접 도로 선분을 하나씩 확장해 가며, 해당 도로 선분에 정적 객체가 있는지의 여부를 정적 객체가 저장되어 있는 R-트리를 이용하여 검색한다. 위의 과정을 사용자가 요구한 k개의 정적 객체를 찾을 때까지 도로 선분을 확장한다. 이 방식은 저장 공간이 작다는 장점을 가지고 있지만, 도로 선분을 확장할 때마다 도로 선분에 대한 정보를 디스크로부터 액세스해야 한다. 또한, 정적 객체 유무에 대한 결과를 R-트리를 통하여 매번 검색해야하기 때문에 질의 성능이 떨어진다.

IER(Incremental Euclidean restriction)[Pap03]은 두 점간의 네트워크 거리는 유클리드 거리보다 항상 크거나 같다는 특성을 이용한다. 우선, 정적 객체가 저장되어 있는 R-트리를 이용하여 유클리드 거리를 기준으로 질의 점에서 가장 가까운 k개의 후보 정적 객체들을 검색한다. 그 후, 후보 정적 객체들에서 질의 점까지의 실제 네트워크 거리를 계산하여, 그중 가장 큰 값을 반지름으로 하는 영역 질의를 수행한다. 현 단계에서 검색된 정적 객체에서 이전 단계의 후보 정적 객체들을 제외하고, 유클리드 거리를 기준으로

가장 가까운 정적 객체를 찾아 질의 점과의 네트워크 거리를 계산한다. 이 거리가 후보 정적 객체들 중 질의 점과의 네트워크 거리 값이 가장 큰 정적 객체보다 가까우면, k번째 정적 객체는 후보에서 탈락시키고, 새로 검색된 정적 객체를 k개의 후보 정적 객체에 넣는다. 위의 과정을 계속 반복하여 질의 점에서 가장 가까운 k개의 정적 객체를 검색한다. 이 방식은 INE와 비슷한 저장 공간을 필요로 하지만 여러 번의 시행착오를 겪기 때문에 질의 처리 성능이 떨어진다[Pap03].

$VN^3$ (Voronoi network nearest neighbor)[Kol04]는 하나의 정적 객체와 인접한 다른 정적 객체간의 거리가 같은 지점을 경계로 셀을 나누어 두는 방식이다. 셀의 중심에는 한 개의 정적 객체만이 존재하게 되고, 셀 안의 어느 지역에서나 가장 가까운 정적 객체는 셀 중심에 있는 정적 객체가 된다. 셀 내부적으로는 노드와 정적 객체, 경계점과 정적 객체, 그리고 셀 안의 모든 경계점간 거리가 미리 계산 되어져 있다. 또한, 이 외에도 인접 셀에 대한 정보가 저장되어 있다. k-인접 질의 처리(k-nearest neighbor query) 시 k가 1일 때는 질의 점이 있는 셀 안의 정적 객체가 가장 가까운 정적 객체가 된다. k가 1이상일 때에는 해당 셀을 찾고 인접 셀들을 후보로 둔다. 질의 점과 질의 점이 포함된 셀의 경계까지의 거리를 계산하면, 후보의 셀 중 어떤 셀 안의 정적 객체가 두 번째로 가까운 정적 객체인지 알게 된다. 이렇게 두 번째 셀을 발견하게 되면 두 번째 셀의 인접 셀 역시 후보가 된다. k개의 정적 객체가 다 찾아 질 때까지 위의 질의 처리 과정을 반복한다. 이 방식은 질의 처리 성능이 매우 뛰어나다. 그러나 미리 계산하여 저장해야 할 정보가 많기 때문에 저장 공간의 오버헤드가 매우 심하다는 단점이 있다.

#### 4.3.2 이동 객체를 위한 질의 처리 방식

네트워크 공간상에서 이동 객체의 과거 질의



처리를 효과적으로 처리하기 위하여 여러 가지 인덱싱 방식이 제안된 바 있다. 대표적 인덱싱 방식으로는 FNR-트리[Fre03]과 MON-트리[Alm05]가 있다.

FNR-트리[Fre03]는 도로 네트워크의 선분을 이차원 R-트리로 구성하고, 각 리프 노드에는 일차원 R-트리에 대한 포인터를 저장한다. 이 일차원 R-트리는 도로 선분에 존재하였던 이동 객체와 그 이동 객체가 들어온 시간과 나간 시간을 저장한다. 도로 네트워크의 변화는 거의 없기 때문에 이차원 R-트리는 한번 생성이 되면 거의 갱신되지 않는다. 반면, 일차원 R-트리는 이동 객체의 움직임에 따라 빈번한 갱신이 이루어지게 된다. 이 방식은 네트워크상의 영역 질의의 성능을 개선시켜준다. 그러나 시간 슬라이스 질의에 취약하며, 이동 객체의 궤적의 순서를 보존하는 정책이 없기 때문에 궤적 질의와 복합 질의의 성능이 떨어진다.

MON-트리[Alm05]는 FNR-트리와 거의 유사한 구조로 두개의 R-트리로 구성되어있다. 첫 번째 R-트리를 상위 인덱스라 하고 두 번째 R-트리를 하위 인덱스라 한다. 상위 인덱스는 도로 네트워크를 인덱싱하는데, FNR-트리와 다른 점은 다중 선분(polyline)으로 R-트리를 구성한다는 점이다. 다중 선분이란 연속된 도로 선분의 집합을 하나의 긴 선분으로 보는 것이다. 상위 인덱스의 리프 노드의 각 엔트리에서는 하위 인덱스에 대한 포인터를 저장한다. 하위 인덱스는 이동 객체가 위치한 다중 선분에서의 머물렀던 시간 간격과 이에 따른 상대적 위치를 저장하는 이차원 R-트리이다. 이 방식은 이동 객체의 삽입 성능이 개선된다. 그러나 FNR-트리와 마찬가지로 이동 객체의 궤적의 순서를 보존하는 정책이 없기 때문에 궤적 질의와 복합 질의의 성능이 떨어진다.

## 5. 결론

본 논문에서는 텔레매틱스를 위한 이동 객체

데이터베이스 기술 현황에 대하여 고찰하였다. 텔레매틱스는 이동 객체 및 정적 객체의 데이터를 활용하여 사용자에게 유용한 정보를 제공하는 서비스이다. 텔레매틱스 사용자에게 다양한 정보를 제공하기 위해서는 이동 객체와 정적 객체에 대한 위치 정보를 효과적으로 관리하고, 이 객체들이 위치하는 공간의 특성을 파악해야 한다.

객체들이 위치하는 공간은 이동 객체의 움직임의 제약에 따라 유클리드 공간과 네트워크 공간으로 나눌 수 있다. 본 논문에서는 이 공간들의 특성을 반영한 데이터 모델링, 질의 처리 및 인덱싱에 대한 기술 현황을 자세히 서술하였다. 데이터 모델링에서는 이동 객체의 정확한 위치를 표현할 수 있는 이차원 표현 방식과 효율적인 질의 처리를 위한 그래프 표현 방식에 대하여 알아보았다. 객체의 질의 처리에 대해서는 정적 객체를 위한 질의와 이동 객체를 위한 질의로 분류하여 질의 종류를 서술하였으며, 각각에 대한 예를 보였다. 마지막으로 이 질의들에 관한 처리 방식과 이를 효과적으로 처리하기 위한 인덱싱 방식에 대해 기술하였다.

본 논문에서 살펴본 바와 같이 이동 객체 데이터베이스 기술에 대한 연구는 유클리드 공간상에서 활발하게 진행되어 왔다. 그러나 이에 비하여 네트워크 공간상의 연구는 아직 미비한 상태이다. 실제 텔레매틱스 환경은 네트워크 공간으로 모델링 될 수 있으므로 앞으로는 네트워크 공간상의 질의 처리 및 인덱싱에 대한 더 많은 연구가 필요할 것으로 보인다.

## 감사의 글

본 논문은 제주대학교를 통한 정보통신부 및 정보통신진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업(IITA-2005-C1090-0502-0009) 및 2005년도 한국학술진흥재단의 선도과학자(KRF-2005-041-D00651) 연구비 지원을 받았습니다.

## 참고문헌

- [Alm05] V. Almeida and R. Güting, "Indexing the Trajectories of Moving Objects in Networks," *Geoinformatica*, Vol. 9, No. 1, pp. 33-60, 2005.
- [Bec90] N. Beckmann et al., "The R\*-Tree: An Efficient and Robust Access Method for Points and Rectangles," In Proc. Int'l. Conf. on Management of Data, ACM SIGMOD, pp. 322-331, 1990.
- [Ben02] R. Benetis et al., "Nearest Neighbor and Reverse Nearest Neighbor Queries for Moving Objects," In Proc. Int'l. Conf. on Database Engineering Applications Symp., IDEAS, pp. 44-53, 2002.
- [Cha03] V. Chakka, A. Everspaugh, and J. Patel, "Indexing Large Trajectory Data Sets with SETI," In Proc. Int'l. Conf. on Innovative Data Systems Research, CIDR, pp. 164-175, 2003.
- [Dur04] S. Duri et al., "Data Protection and Data Sharing in Telematics," *Mobile Networks and Applications*, MONET, Vol. 9, No. 6, pp. 693-701, 2004.
- [Fre03] E. Frenzos, "Indexing Objects Moving on Fixed Networks," In Proc. Int'l. Symp. on Spatial and Temporal Databases, SSTD, pp. 289-305, 2003.
- [Gut84] A. Guttman, "R-Trees: A Dynamic Index Structure for Spatial Searching," In Proc. Int'l. Conf. on Management of Data, ACM SIGMOD, pp. 47-57, 1984.
- [Kel75] J. Kelley, *General Topology*, Springer-Verlag, 1975.
- [Kol04] M. Kolahdouzan and C. Shahabi, "Voronoi-Based K-Nearest Neighbor Search for Spatial Network Databases," In Proc. Int'l. Conf. on Very Large Data Bases, VLDB, pp. 840-851, 2004.
- [Nel86] R. Nelson and H. Samet, "A Consistent Hierarchical Representation for Vector Data," In Proc. Int'l. Conf. on Computer Graphics and Interactive Techniques, ACM SIGGRAPH, pp. 197-206, 1986.
- [Mok03] M. Mokbel, T. Ghanem, and W. Aref, "Spatio-Temporal Access Methods," *Bulletin of the IEEE Computer Society Technical Committee on Data Engineering*, Vol. 51, No. 10, pp. 40-49, 2003.
- [Pap03] D. Papadias et al., "Query Processing in Spatial Network Databases," In Proc. Intl. Conf. on Very Large Data Bases, VLDB, pp. 802-813, 2003.
- [Pfo00] D. Pfooser, C. Jensen, and Y. Theodoridis, "Novel Approaches in Query Processing for Moving Object Trajectories," In Proc. Int'l. Conf. on Very Large Data Bases, VLDB, pp. 395-406, 2000.
- [Pit01] E. Pitoura and G. Samaras, "Locating Objects in Mobile Computing," *IEEE Trans. on Knowledge and Data Engineering*, IEEE TKDE, Vol. 13, No. 4, pp. 571-592, 2001.
- [Pra97] A. Sistla et al., "Modeling and Querying Moving Objects," In Proc. Int'l.

- Conf. on Data Engineering, ICDE, pp. 422-432, 1997.
- [Pra02] S. Prabhakar et al., "Query Indexing and Velocity Constrained Indexing: Scalable Techniques for Continuous Queries on Moving Objects," In Proc. Int'l. Trans. on Computers, IEEE, Vol. 51, No. 10, pp. 1124-1140, 2002.
- [Sal00] S. Saltenis et al., "Indexing the Positions of Continuously Moving Objects," In Proc. Int'l. Conf. on Management of Data, ACM SIGMOD, pp. 331-342, 2000.
- [Sha02] C. Shahabi, M. Kolahdouzan, and M. Sharifzadeh, "A Road Network Embedding Technique for K-Nearest Neighbor Search in Moving Object Databases," In Proc. Int'l. Symp. on Advances in Geographic Information Systems, ACM GIS, pp. 94-100, 2002.
- [Sis97] A. Sistla et al., "Modeling and Querying Moving Objects," In Proc. IEEE Int'l. Conf. on Data Engineering, ICDE, pp. 422-432, 1997.
- [Spe03] L. Speicys, C. Jensen, and A. Kligys, "Computational Data Modeling for Network-Constrained Moving Objects," In Proc. Int'l. Symp. on Advances in Geographic Information Systems, ACM GIS, pp. 118-125, 2003.
- [Tao02] Y. Tao, D. Papadias, and Q. Shen. "Continuous Nearest Neighbor Search," In Proc. Int'l. Conf. on Very Large Data Bases, VLDB, pp. 287-298, 2002.
- [Tao03] Y. Tao, D. Papadias, and J. Sun, "The TPR\*-Tree: An Optimized Spatio-Temporal Access Method for Predictive Queries," In Proc. Int'l. Conf. on Very Large Data Bases, VLDB, pp. 790-801, 2003.
- [Tay98] J. Tayeb, O. Ulusoy, and O. Wolfson, "A Quadtree-Based Dynamic Attribute Indexing Method," The Computer Journal, Vol. 41, No. 3, pp. 185-200, 1998.
- [The96] Y. Theodoridis, M. Vazirgiannis, and T. Sellis, "Spatio-Temporal Indexing for Large Multimedia Applications," In Proc. Int'l. Conf. on Multimedia Computing and Systems, IEEE ICMCS, pp. 441-448, 1996.
- [Vaz01] M. Vazirgiannis and O. Wolfson, "A Spatiotemporal Model and Language for Moving Objects on Road Networks," In Proc. Int'l. Symp. on Spatial and Temporal Databases, SSTD, pp. 20-35, 2001.
- [Weg04] N. Weghe et al., "Representation of Moving Objects along a Road Network," In Proc. Int'l. Conf. on Geoinformatics, pp. 187-197, 2004.
- [Wol98] O. Wolfson et al., "Moving Object Databases: Issues and Solutions". In Proc. Int'l. Conf. on Scientific and Statistical Database Management, SSDBM, pp. 111-112, 1998.
- [Wu06] S. Wu and K. Wu, "Effective Location Based Services with Dynamic Data Management in Mobile Environments," Wireless Networks, Vol. 12, No. 3, pp. 369-381, 2006.

[Xu90] X. Xu, J. Han, and W. Lu, "RT-Tree: An Improved R-Tree Indexing Structure for Temporal Spatial Databases," In Proc. Int'l. Symp. on Spatial Data Handling, SDH, pp. 1040-1049, 1990.

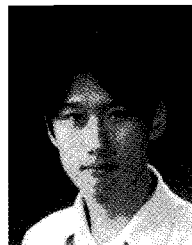
[Zhe03] B. Zheng, W. Lee, and D. Lee. "Search K-Nearest Neighbors on Air," In Proc. Mobile Data Management, MDM, pp. 181-195, 2003.

## 저자약력



**김 상 옥**

1989년 2월 서울대학교 컴퓨터공학과 졸업(학사)  
 1991년 2월 한국과학기술원 전산학과 졸업(석사)  
 1994년 2월 한국과학기술원 전산학과 졸업(박사)  
 1991년 7월~8월 미국 Stanford University, Computer Science Department 방문 연구원  
 1994년 2월~1995년 2월 KAIST 정보전자연구소 전문 연구원  
 1999년 8월~2000년 8월 미국 IBM T.J. Watson Research Center Post-Doc.  
 1995년 3월~2000년 8월 강원대학교 컴퓨터정보통신공학부 부교수  
 2003년 3월~현재 한양대학교 정보통신대학 정보통신학부 교수  
 관심분야 : 데이터베이스 시스템, 저장 시스템, 트랜잭션 관리, 데이터 마이닝, 멀티미디어 정보 검색, 공간 데이터베이스/GIS, 주기억장치 데이터베이스, 이동 객체 데이터베이스/텔레매틱스, 사회 연결망 분석, 웹 데이터 분석  
 이 메 일 : wook@hanyang.ac.kr



**이 상 절**

2005년 2월 한양대학교 소프트웨어학과 졸업(학사)  
 2005년 3월~현재 한양대학교 정보통신학과 재학(석사과정)  
 관심분야 : 데이터베이스 시스템, 데이터 마이닝, 공간 데이터베이스/GIS, 이동 객체 데이터베이스/텔레매틱스, 사회 연결망 분석  
 이 메 일 : korly@hanyang.ac.kr



**장 민 익**

2003년 2월 홍익대학교 신소재공학과 졸업(학사)  
 2006년 8월 한양대학교 정보통신학과 졸업(석사)  
 2006년 9월~현재 한양대학교 정보통신학과 재학(박사과정)  
 관심분야 : 데이터베이스 시스템, 데이터 마이닝, 공간 데이터베이스/GIS, 이동객체 데이터베이스, 사회 연결망 분석, 데이터베이스 보안  
 이 메 일 : zzzmini@hanyang.ac.kr



**박 상 일**

2005년 2월 성결대학교 컴퓨터공학과 졸업(학사)  
2005년 3월~현재 한양대학교 정보통신학과 재학(석사과정)  
관심분야 : 데이터베이스 시스템, 저장 시스템, 공간  
데이터베이스/GIS, 주기억장치 데이터베이스,  
이동객체 데이터베이스/텔레매틱스  
이 메 일 : charose@zion.hanyang.ac.kr



**백 지 영**

2005년 8월 단국대학교 전자컴퓨터학부 졸업(학사)  
2006년 3월~현재 한양대학교 정보통신학과 재학(석사과정)  
관심분야 : 데이터베이스 시스템, 데이터 마이닝, 시공간  
인덱싱, 공간 데이터베이스/GIS, 이동객체  
데이터베이스/텔레매틱스  
이 메 일 : oracle@zion.hanyang.ac.kr



**김 중 대**

2003년 2월 숭실대학교 컴퓨터학부 졸업(학사)  
2003년 3월~2006년 1월 에넥스 Information System 부서  
개발팀원  
2006년 3월~현재 한양대학교 정보통신대학 정보통신학부  
재학(석사과정)  
관심분야 : 데이터베이스 시스템, 데이터 마이닝, 시공간  
인덱싱, 플래쉬 메모리 DBMS  
이 메 일 : jdkim@zion.hanyang.ac.kr



**원 정 임**

1992년 2월 한림대학교 전자계산학과 졸업(학사)  
1997년 8월 한림대학교 전자계산학과 졸업(석사)  
2004년 2월 한림대학교 전자계산학과 졸업(박사)  
2000년 3월~2004년 2월 한림대학교 교양교육부  
강의전담교수  
2004년 3월~2006년 2월 연세대학교 컴퓨터과학과 연구교수  
2006년 3월~6월 서울대학교 유전자이식연구소 선임연구원  
2006년 7월~현재 한양대학교 정보통신대학 정보통신학부  
연구교수  
관심분야 : 데이터베이스 시스템, 데이터 마이닝, XML  
응용, 바이오 정보공학, 데이터베이스 보안,  
이동객체 데이터베이스, 텔레매틱스  
이 메 일 : jiwon@hanyang.ac.kr