

이동객체 데이터베이스 시스템에서의 위상정보를 이용한 위치 정보 관리 기법

이현진⁰, 심태정, 정원일, 이순조, 배해영

인하대학교 컴퓨터공학과

hyunjin@dblab.inha.ac.kr

A Management of Tracking Data

for Moving Object Database System using Topology

Hyun-Jin Lee⁰, Tai-Jung Sim, Warnill Chung, Soon-Jo Lee, Hae-Young Bae

Dept. of Computer Science and Engineering, Inha University

요 약

이동 통신과 무선 단말기의 보급이 보편화되면서 사용자의 위치정보를 이용한 위치 기반 서비스(Location Based Service)에 대한 관심이 높아지고 있다. 이러한 위치 기반 서비스를 제공하기 위해서는 이동객체 위치 정보의 효율적인 저장 및 관리가 필요하며, 이를 위해 일정 시간 간격을 두고 위치 정보를 획득하여 저장, 관리하는 방법이 연구되어 왔다. 본 논문에서는 이동 객체의 이동 경로에 대응되는 위상 정보(Topology)를 이용하여 이동 객체의 위치 정보를 관리하는 기법을 제안한다. 본 기법은 이동 객체가 위상 정보의 노드에 해당하는 위치에 도착할 예상 시점을 계산하고, 그 시점을 위치 획득 시점으로 결정하여 위치 정보를 갱신하며, 또한 명시적으로 저장되지 않은 불확실한 위치 정보의 요청에 대해 위상 정보 노드의 속성 정보와 선형 함수를 이용해 위치 정보를 추정하여 제공한다. 본 기법은 위상 정보의 노드에 대응되는 위치를 획득하여 저장하기 때문에 갱신 횟수와 데이터의 양을 감소시키고, 불확실한 위치 정보에 대한 위치를 추정할 경우, 명시적으로 저장된 위치 정보에서 유추된 이동 객체의 정보와 더불어 이동 객체의 이동 경로를 고려한 위상 정보 속성을 사용하므로, 선형 함수나 스플라인 함수만을 적용하는 것보다 적은 오차를 발생시켜 위치 정보의 정확성을 향상시킬 수 있다.

1. 서 론

이동 통신 시장과 무선 인터넷 기술 및 서비스의 급속한 성장으로 무선 단말기의 보급이 보편화되면서 이를 이용한 다양한 형태의 응용 서비스들이 연구 개발되었고, 위치 기반 서비스(LBS : Location Based Service)에 대한 관심이 높아지고 있다. 위치 기반 서비스에 대한 정의는 기관별로 약간의 차이는 있지만 공통적으로, "이동 통신 망을 기반으로 사람이나 사물의 위치를 정확하게 파악하고 이를 활용하는 응용시스템 및 서비스"를 통칭한다 [1].

위치 기반 서비스를 효율적으로 제공하기 위해서는 계속적으로 움직이는 이동 객체의 이력 정보를 저장 관리하기 위한 이동 객체 데이터베이스 관리 시스템이 필요하며, 저장된 이력(historical) 정보를 이용해 이동 객체의 위치를 정확하게 분석하는 것이 중요하다 [15].

그러나 계속적으로 움직이는 이동 객체의 모든 트래킹 정보를 획득(sampling)하는 것은 불가능하기 때문에 일정 시간 간격을 두고 이동 객체의 위치 정보를 획득하여 데이터베이스에 갱신하는 방법이 연구되었으나, 이는 빈번한 위치 획득으로 인한 통신비용과 대량의 데이터를 발생 시킨다 [3, 5, 6]. 이러한 문제점을 해결하기 위한 기법으로 이동 객체의 이동 방향과 속도 속성을 측정하여 동적 속성 함수(dynamic attribute)에 적용하고 계산된 값이 정해진 한계치를 초과할 경우 데이터베이스에 갱신하는 방법이 있다 [2, 3, 5]. 그러나 이것 또한 이동 객체의 속성을 측정하기 위해 계속적으로 트래킹 정보를 획득해야 하므로 위치 획득으로 인한 비용은 줄일 수 없는

문제점이 있다.

이동 객체 데이터베이스 관리 시스템은 시간 간격을 두고 트래킹 정보를 획득하기 때문에 위치 정보의 불확실성(uncertainty)이 나타나게 된다 [5, 6]. 따라서 사용자가 위치 정보를 요청했을 경우, 저장된 이력 정보를 기반으로 데이터베이스에 명시적으로 저장되지 않은 위치 정보에 대한 추정이 필요하다. 불확실한 위치 정보에 대한 위치 추정은 이동 객체의 과거에 대한 위치 추정과 미래에 대한 위치 추정으로 나눌 수 있고, 기존의 기법에서는 선형 함수나 스플라인 함수를 이용하여 이를 추정한다. 그러나 선형 함수나 스플라인 함수만을 적용하여 불확실한 위치 정보에 대한 위치를 추정하는 경우, 이동 객체의 이동 경로를 고려하지 않기 때문에 누락된 정보에 대한 위치 추정의 정확성이 떨어진다.

따라서 본 논문에서는 이동 객체 데이터베이스 시스템에서 객체들 간의 관계와 객체의 속성에 대한 정보를 나타내는 위상 정보를 이용하여, 제한 계측을 가지는 이동 객체의 트래킹 정보를 저장 관리하는 기법을 제안한다. 제안된 기법은 위치 정보 관리자가 이동 객체가 현재의 위치로부터 위상 정보의 노드(node)에 해당하는 위치에 도착할 예상 시점을 계산하고 그 시점을 위치 획득이 발생할 시점으로 결정하여 획득된 트래킹 정보를 데이터베이스에 갱신한다. 또한 불확실한 위치 정보에 대한 검색 질의가 요청되었을 경우 저장된 이력 정보와 위상의 속성 정보를 이용함과 더불어 선형 함수를 적용하여 위치를 추정하여 사용자에게 제공한다.

제안된 기법은 이동 경로상의 굽은 점이나 교차로에 해당되는 위

치만을 저장하기 때문에 위치 획득의 횟수를 줄이고 갱신 비용과 위치 획득으로 인해 발생하는 통신비용을 감소시킬 수 있으며 최소한의 이력 정보만으로 이동 객체의 위치 정보를 제공할 수 있다. 또한 위상 정보를 이용하여 데이터베이스에 트래킹 정보를 갱신할 경우, 일정 시간 간격을 두고 획득된 근접한 두 점 사이의 경로가 다차 함수 형태의 경로로 나타나는 것과는 달리, 두 점 사이의 경로가 1차 함수로 표현되는 직선 경로만을 나타낼 수 있다. 따라서 이동 경로를 고려한 위상 정보와 함께, 이력 정보, 이동 객체의 속성 정보, 위상 정보를 이용하고 이와 더불어 선형 함수를 적용하여 불확실한 위치 정보에 대한 위치를 추정하는 것은 선형 함수나 스플라인 함수만을 적용하는 것보다 위치 정보에 대한 정확성을 향상시킬 수 있다.

2. 관련연구

2.1 공간 데이터베이스에서의 위상 정보

공간 데이터베이스에서 공간 객체의 집합 표현은 크게 인접(adjacency), 중복(overlapping), 흩어짐(disjointedness), 포함(inclusion) 관계 등 객체들 사이에 존재하는 공간적 관계의 표현 차이에 따라 스파게티(spaghetti) 모델, 위상(topology) 모델, 망(network) 모델의 세가지 방법으로 나눌 수 있다 [9].

스파게티 모델은 각각의 공간 객체를 벡터 모델에 기반한 폴리라인(polyline), 폴리곤(polygon), 영역(region)으로 구성하고 각 객체를 독립적으로 저장하여 관리하기 때문에 집합에 새로운 객체를 포함하기가 쉬운 장점이 있으나, 교차점이나 인접영역을 독립적으로 저장 관리하기 위해 중복이 심하다는 문제점이 있다.

위상 모델은 인접 폴리곤들을 평면으로 세분화하여 위상 정보를 표현한다. 폴리곤을 아크(arcs)의 리스트들로 표현하기 때문에 스파게티 모델과는 달리, 객체 점의 효율성을 고려한 데이터의 중복을 제외하고는 데이터의 중복이 거의 존재하지 않는다.

그러나 위상 모델은 실제세계의 평면 공간 객체와는 대응되지 않는 표현이 존재하고 선의 집합 검색과 같은 질의에 대한 응답 시간이 스파게티 모델에서보다 느리다. 또한 새로운 객체의 삽입이 발생할 경우 아크 리스트로 표현되는 폴리곤의 특성에 따라 인접 그래프들에 대한 계산이 필요하다.

망 모델은 운송 서비스나 전기, 전화와 같은 공공 사업에서의 망 상 조직을 표현하기 위해 설계되었다. 객체의 표현을 위해 노드(node)와 아크(arc)를 사용하고 각 노드들의 연결 관계를 아크를 이용해 표현한다. 이러한 표현은 선의 연결성의 검색과 망의 계산에 효율적이다.

망 모델은 가장 실제세계와 흡사하게 망 조직을 표현할 수 있는 모델로서 최적 경로 검색과 같은 연결성 개념을 지닌 검색에 효율적이다.

2.2 이동 객체의 위치 정보에 대한 갱신 정책

이동 객체 데이터베이스 관리 시스템은 계속적으로 변화하는 이동 객체의 위치 정보를 효율적인 갱신 정책을 사용하여 저장하는 것이 중요하다. 데이터 전송의 지연이나 누락된 시점에 대한 위치 정보의 존재로 인해 위치 정보의 부정확성은 불가피하다 [12]. 그러나 효율적인 갱신 정책의 선택으로 데이터의 정확성을 높이는 것과 더불어 위치 정보 전송에 의한 통신 비용 및 데이터베이스에 위치 정보를 저장하는 갱신 비용을 줄일 수 있다 [10].

이를 위해 DOMINO에서는 빈번하게 발생하는 디스크 접근에 따른 갱신 비용을 줄이기 위한 정책과 비용을 고려한 갱신 정책을 제안하고 있다[8].

디스크 접근에 따른 갱신 비용을 줄이기 위한 정책은 속도의 변화량과 이동 방향을 고려하여 갱신 시점을 결정하는 방법이다. 이는 이

동 객체의 현재 상태에 대한 질의 처리를 위한 질의 릴레이션을 두어 이동 객체로부터 전송된 위치 정보와 질의 릴레이션에 저장된 위치 정보를 비교하여 계산된 오차값에 도달할 경우에만 데이터를 삽입한다. 그러나 이 기법은 이동 객체에 적용되는 한계값을 설정하는 것이 애매하고 이동 경로를 고려하지 않으므로 불확실한 위치 정보의 추정에 있어 정확성을 보장하기가 어렵다.

비용을 고려한 갱신 정책은 갱신 시점을 결정할 한계값(threshold)을 설정하여 각 한계값에 따라 위치 정보를 갱신한다. 한계값은 갱신 후 다음 갱신이 발생할 때까지 이동이 진행되는 동안에 발생할 수 있는 위치 정보에 대한 탈선(deviation) 정도와 불확실성의 정도, 그리고 이동 객체에서 시스템으로 위치 정보가 전송되는 갱신 비용을 종합하여 계산된다. 그러나 한계값을 적용하는 갱신 정책도 계속적으로 위치 정보를 전송 받아야 하므로 데이터 전송에 대한 비용은 줄일 수 없다.

2.3 불확실한 위치 정보의 위치 추정 기법

계속적으로 움직이는 이동 객체의 모든 위치 정보를 저장하는 것은 불가능하다. 따라서 이동 객체 데이터베이스 시스템에 저장되는 위치 정보는 본질적으로 데이터의 정확성에 제한이 발생한다. 이동 객체 데이터베이스 시스템에서 불가피하게 나타나는 위치 정보의 이러한 특성을 불확실성(uncertainty)이라 한다 [11].

데이터의 누락으로 인한 질의 결과의 부정확성을 줄이기 위해 이동 객체 데이터베이스 시스템에서는 불확실한 위치 정보에 대해 추정이 가능해야하며, 이는 과거 위치 정보에 대한 추정과 미래 위치 정보에 대한 추정으로 구분할 수 있다.

이를 위해 DOMINO에서는 이동 객체의 위치 정보를 나타내는 속성 중 현재 위치, 속도, 방향을 토대로 하여 이동 객체의 위치 정보를 추정한다. 그러나 이는 미래의 위치 추정에만 한정되어 있고 과거의 위치를 추정하는 방법에 대해서는 언급하고 있지 않다 [7].

또한 CHOROCHRONOS 프로젝트에서는 선형 보간법을 이용한 위치 추정과 확률적인 정확성 표현의 방법을 제시하고 있다[4, 5].

[그림 1]은 CHOROCHRONOS에서 시점 t_x 의 위치에 대해 요청을 했을 경우, t_x 에서의 불확실한 위치 정보에 대한 정확성의 확률적 표현을 간략하게 나타낸 것이다. 여기서 반경 r_1 과 r_2 는 다음과 같이 나타낼 수 있고 어두운 영역이 이동 객체가 존재할 가능성이 있는 영역을 나타낸다.

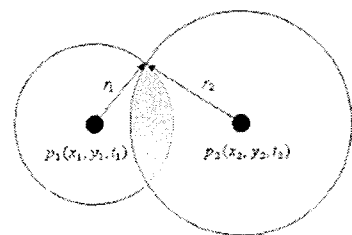
$$r_1 = v_m(t_1 + t_x)$$

$$r_2 = v_m(t_2 - t_x)$$

이것은 아래와 같은 선형 보간법을 이용하여 계산한 것이다.

$$x_t = \frac{x_{i+1} - x_i}{t_{i+1} - t_i}(t_x - t_{i+1}) + x_{i+1}$$

$$y_t = \frac{y_{i+1} - y_i}{t_{i+1} - t_i}(t_x - t_{i+1}) + y_{i+1}$$



[그림 1] 획득된 위치 사이의 확률적 정확성

선형 보간법의 사용만으로는 위치 추정에 대한 정확성이 떨어지기 때문에 오차율을 낮추기 위한 방법으로 3차 스플라인 보간법을 이용한 위치 추정 방법이 제안되었다.

3차 스플라인 보간법을 이용한 위치 추정은 두 시점의 위치 정보만으로 불확실한 위치 정보를 추정하는 선형 보간법과는 달리 네 개 시점의 위치 정보를 이용하여 위치 정보를 추정한다 [14].

그러나 제안된 선형 보간법과 3차 스플라인 보간법은 이동 객체의 이동 경로를 전혀 고려하지 않고 있기 때문에 정확성이 떨어진다.

3. 위상 정보를 이용한 위치 정보 관리

본 장에서는 위치 정보 관리자와 제안된 기법을 설명하기 위해서 본 논문에서 사용하는 위상 정보의 속성에 대해서 설명한다. 또한 위상 정보를 이용한 갱신 정책과 불확실한 위치 정보에 대한 위치 추정 기법에 대해 설명한다.

3.1 이동 객체 데이터베이스 시스템에서의 환경

3.1.1 이동 경로를 표현하기 위한 위상 정보 속성

본 논문에서 제안하는 위치 정보의 갱신 정책과 불확실한 위치 정보에 대한 추정을 하기 위해서는 이동 객체의 이동 경로를 나타내는 위상 정보가 필요하다 [13]. 이를 나타내기 위해 경로를 나타낼 수 있는 공간 데이터베이스에서의 위상 정보 모델 중 망 모델에 기반하여 속성 정보들을 저장한다.

본 논문에서는 이동 객체가 이동할 수 있는 경로들 중 도로 망만을 위상 정보로 저장하여 관리하고 실험한다. 도로 망 데이터베이스는 노드(node)와 링크(link) 정보로 구성되어 각각의 테이블로 관리한다. 이때 링크는 망 모델에서의 아크와 동일한 의미를 지닌다.

[표 1]은 링크 정보를 나타내는 테이블이다. 이 테이블은 기본적인 도로의 정보들을 포함하고 있으며 불확실한 위치 정보 추정 시 이들 속성을 이용하여 정확성에 대한 확률을 산술적으로 표현할 수 있다.

[표 2]는 노드 테이블의 속성을 나타내고 있다. 링크와 연결된 노드들의 위치 정보는 갱신 정책 적용시 갱신 시점을 결정하는 조건이 된다.

[표 1] 위상 정보 링크 테이블의 속성

이름	설명	코드설명(코드)
LinkID	링크 ID	-
StartNodeID	시작 노드 ID	-
EndNodeID	끝 노드 ID	-
Length	링크 길이	-
LinkCode	링크 종류	미조사 (0), 연결로-JC(1), 교차로(2), 연결로-IC(3)
RoadCode	도로 종류	고속도로(0), 도시고속도로(1), 국도(2), 지방도(3), 세도로(4), 단지 내 도로(5)
LinkFacility	시설물 종류	일반도로(0), 교량(1), 터널(2), 고가도로(3), 지하도로(4)
RoadNum	도로번호	-
Width	도로폭	1.5m~3.3m(1), 3m~5.5m(2), 5.5m~13m(3), 3m~25m(4), 25m~50m(5), 50m~75m(6), 75m이상(7)
Lane	차선수	-
RoadName	도로명	-

[표 2] 위상 정보 노드 테이블의 속성

이름	설명	코드설명(코드)
NodeID	노드 ID	-
NodeAttr	노드 속성	도로 교차점(0), 도로 종료점(1), 교차점(2), 유턴 노드(3), 철도 교차점(4), 톨게이트(5), 건물목(6), 행정계 노드(7)
NodeRange	노드 반경	-
NodeName	교차점 명칭	-
NumLink	연결 링크 수	-
LinkID#	연결링크 ID#	-
DLinkID#	방면 명칭을 가진 링크 ID	-
DText#	방면 명칭	-
AdjNodeID	인접 노드	-
X	노드의 X 좌표	-
Y	노드의 Y 좌표	-

3.2 위상 정보를 이용한 갱신 정책

본 논문에서는 최소한의 위치 정보를 명시적으로 저장하여 질의를 처리하기 위해 도로상의 꺾인 지점과 교차로에 차량이 도착하는 시점을 갱신 시점으로 정하고, 명시적으로 데이터베이스에 저장한다.

이러한 위상정보는 위치 기반 서비스를 제공하기 위해 공간 데이터베이스가 구성될 때 미리 시스템에 저장되어 있어야 한다.

이동객체가 갱신 시점을 결정하여 이동 객체의 다음 위치 정보를 획득하기 위해서는 현재의 위치로부터 가장 가까운 곳에 존재하는 경우 노드, 즉 현재 이동 객체가 위치하는 링크와 연결되어 있는 노드에 도착할 예상 시간을 계산해야만 한다. 현재 위치로부터 예상 경우 노드까지 거리는 시간을 계산하려면 이동 객체의 이동 속도를 알아야 하며, 이동 객체의 속도는 데이터베이스에 저장되어 있는 이력 정보를 이용하여 평균 속도를 구한 후 이를 적용한다.

이동객체 MOB_i 에 대해 시간 T_n 일 때 점 X_n, Y_n 에 위치해 있는 이력정보가 있다면, 다음 식을 이용하여 평균속도를 계산할 수 있다. 이 때 전체 이력 정보를 이용해 평균속도를 계산하는 것은 성능을 저하시키므로 성능 향상을 위해 K 의 값을 시스템에서 제한하여 속도를 계산할 수 있다.

$$v = \frac{\sum_{k=1}^{K-1} \sqrt{(x_{k+1} - x_k)^2 + (y_{k+1} - y_k)^2}}{\sum_{k=1}^{K-1} (t_{k+1} - t_k)}$$

이동객체 MOB_i 가 하나의 노드로부터 다음 노드까지 이동할 경우 걸리는 시간은 다음과 같이 계산된다. L 은 두 지점간의 거리를 나타낸다.

$$t = \frac{L}{v}$$

저장된 이력 객체의 이력정보로부터 평균속도 v 와 걸리는 시간 t 를 계산하였다면, 최종적으로 갱신 시점을 결정할 수 있다. 이 때 $UpdateTime$ 은 위치 정보가 획득되어야 하는 예상 갱신 시점이고, $CurrentTime$ 은 현재 시간을 나타낸다.

$$UpdateTime = CurrentTime + t$$

위에서 살펴본 것처럼 현재 위치한 노드의 링크와 연결된 노드의 수가 단일인 경우와는 달리, 이동 객체가 이동하면서 경유할 가능성이 있는 노드의 수가 여러 개일 경우에는 일정 시간 간격을 두고 이동 객체의 위치 정보를 획득하여 갱신하는 기존의 방법을 사용한다.

이러한 위상 정보를 이용한 이동 객체의 위치 정보의 갱신 정책은 [알고리즘 3-1]과 같다.

[알고리즘 1] 갱신 시점 결정 알고리즘

```
// 갱신 시점 결정 알고리즘
Input : 이동 객체의 현재 위치 CurX, CurY
Output : 갱신 시점
Procedure DecideUpdateTime( CurX, CurY )
Begin
  /*현재 이동 객체의 위치가 노드에 대응될 수 있는지 검사한다.*/
  bOnNode := IsOnNode( CurX, CurY);
  /*이동 객체의 현재 위치가 노드에 대응되는 경우*/
  if( bOnNode)
    /*대응되는 노드와 연결된 링크의 수를 검색한다.*/
    LinkNum := FindLinkNum(CurX, CurY);
    /*검색된 링크의 수가 다수 개일 경우 기존의 기법을 적용한다.*/
    if(LinkNum = 1)
      /*대응되는 노드ID를 검색한다.*/
      LinkID := FindLink( CurX, CurY );
      /*링크와 연결된 또 하나의 노드ID를 검색한다.*/
      NodeID := FindNode(LinkID);
      /*갱신 시점을 계산하여 결과값을 반환한다.*/
      Return DecideUpdateTime(CurX, CurY, LinkID, NodeID)
    Else
      /*상수값으로 정해놓은 갱신 시점을 반환한다.*/
      Return LimitTime;;
    endif
  /* 이동 객체의 현재 위치가 노드에 대응되지 않는 경우*/
  Else
    /*이동 객체의 위치와 대응되는 링크ID를 검색한다.*/
    LinkID := FindLinkID(CurX, CurY);
    /*경유할 노드ID를 검색한다.*/
    NodeID := FindNode(LinkID);
    Return DecideUpdateTime(CurX, CurY, LinkID, NodeID)
  End if
End
```

법안으로도 정확성을 향상시킬 수 있다.

그러나 갱신 시점의 잘못된 예측으로 인해 인접 두 시점 간의 이동 경로가 잘못 획득되어 저장될 수 있다. 이와 같은 경우 선형 보간 법안을 사용하는 것은 잘못된 결과를 발생시킬 수 있다. 따라서 먼저 두 인접 시점의 위치 정보 사이에 노드가 존재하는지를 확인해야 한다. 두 시점 사이에 노드가 존재 할 경우 데이터베이스에 명시적으로 저장되지 않은 노드를 이동 객체가 경유하였다고 가정하고 이를 고려해 선형 보간법을 적용한다.

위상 정보를 이용한 과거의 불확실한 위치 정보에 대한 위치 추정 알고리즘은 [알고리즘 2]와 같이 나타낼 수 있다.

[알고리즘 2] 과거의 불확실한 위치 정보 추정 알고리즘

```
//과거 위치 정보 추정
Input : 위치 정보가 요청된 과거 시점 PastTime, 이동 객체의 ID MObj
Output : PastTime 시점에서의 위치 정보 PastX, PastY
Procedure FinePastPosition( PastTime, MObj )
Begin
  /*요청한 시점이 데이터베이스에 명시적으로 저장된 시점인지를 검사한다.*/
  bTimeExist = FindTime(PastTime, MObj);
  if(bExist)
    return Select(PastTime, MObj);
  /*데이터베이스에 존재하는 시점이 아닐 경우*/
  else
    /*PastTime을 포함하는 두 개의 인접 시점을 구한다.*/
    FindAdjTime(PastTime, BeforeTime, NextTime, MObj);
    /*두 인접 시점의 위치 정보 사이에 노드가 포함되는지를 검사한다.*/
    bNode = ExistNode(BeforeTime, NextTime, MObj);
    /*노드가 존재할 경우*/
    if(bNode)
      /*노드의 위치 정보를 검색한다.*/
      NodePosition = FindNode(BeforeTime, NextTime, MObj);
      /*검색한 노드를 경유한 경로를 고려해 위치 정보 추정한다.*/
      return FindPos(BeforeTime, NextTime, PastTime, NodePosition, MObj);
    Else
      /*두 시점 사이의 위치 정보를 추정한다.*/
      return FinePos(BeforeTime, NextTime, PastTime, MObj);
    Endif
  Endif
End
```

3.3 위상 정보를 이용한 위치 추정 기법

본 장에서는 이동 객체의 과거나 미래의 위치 정보에 대한 검색 요청이 발생할 경우, 요청한 위치 정보가 데이터베이스에 명시적으로 저장되어 있지 않을 때 이력 정보와 위상 정보를 통해 불확실한 위치 정보를 추정하는 기법을 설명한다. 불확실한 위치 정보에 대한 위치 추정은 크게 과거에 대한 위치 추정과 미래에 대한 위치 추정으로 나눌 수 있다.

3.3.1 불확실한 과거 위치 정보에 대한 위치 추정 기법

위치 정보가 불확실하다는 것은 요청된 이동 객체의 위치 정보가 데이터베이스에 저장되어 있지 않다는 것을 의미한다. 과거 특정 시점의 위치 정보에 대한 검색 요청이 발생했을 경우 데이터베이스에 저장된 이력 정보를 이용하여 질의의 결과에 대한 위치 정보를 제공한다. 그러나 만일 요청된 과거 시점의 위치 정보가 누락되어 데이터베이스에 명시적으로 저장되어 있지 않을 경우 추정을 하여 위치 정보를 제공할 수 있어야 한다.

위상 정보를 이용한 갱신 정책을 적용한 이력 정보 데이터베이스에 저장된 두 인접 시점간의 위치 정보는, 동일한 링크와 연결된 양 끝의 노드이거나 동일한 링크에 있는 두 점이다. 즉, 두 인접 시점간에 이동 객체가 이동한 경로는 직선 경로에 한정될 수 있다는 것을 의미한다.

따라서 위상 정보를 이용한 갱신 정책을 적용하여 이동 객체의 위치 정보를 저장한 후, 불확실한 과거 위치 정보에 대한 추정을 할 경우, 이동 경로를 고려하지 않은 갱신 정책을 사용하여 인접 두 시점간의 이동 경로가 직선만이 아닌 기존의 기법들과는 달리, 선형 보간

3.3.2 불확실한 미래 위치 정보에 대한 위치 추정 기법

미래의 위치 정보는 과거 불확실한 위치 정보에 대한 추정이 어렵 정보를 이용하여 추정하는 것과는 달리 위상 정보에 있는 이동 경로 속성만을 통해 추정할 수 있다.

기존의 기법들에서는 현재 이동 객체의 속도와 방향성을 우선적으로 반영하여 미래의 예상 위치를 추정한다. 그러나 이 기법을 적용할 시 진행방향만을 고려하여, 도로가 아닌 곳으로 미래의 위치를 추정하는 등 정확성이 떨어진다.

이러한 문제점을 해결하여 미래의 위치 정보 추정에 대한 정확성을 높이기 위해 본 논문에서는 위상정보를 이용한다.

미래의 위치 정보에 대한 추정은 이동 객체의 현재의 위치로부터 임의의 시간이 지난 후 이동 객체의 위치를 알아내는 것이다. 이를 위해서 이동 객체의 현재 위치와 함께 이동 객체가 위치하는 경로의 위상 정보가 필요하다. 앞서 [표 1]과 [표 2]에서 보았듯이, 위상 정보의 링크와 노드 테이블은 이동 경로의 다양한 속성 정보를 저장할 수 있으며, 필요에 따라 경로의 상황을 나타낼 수 있는 다양한 속성들을 추가하여 이를 이용할 수 있다.

[표 3] 불확실한 미래의 위치 추정을 위한 추가적인 노드 테이블 속성

이름	설명
LinkID#	연결링크 ID#
TLinkID#	LinkID#링크의 통행링크

[표 3]에서는 [표 2]에는 나타나지 않고 있는 추가적인 속성 TLinkID# 를 볼수 있다. TLinkID# 는 LinkID# 와 동일한 #값을 가지는 속성으로 각 LinkID#와 연결된 링크 중 이동 객체가 실제 이동 가능한 연결 링크의 LinkID를 TLinkID#에 저장한다.

미래의 불확실한 위치 정보 추정 알고리즘은 [알고리즘 3]과 같다.

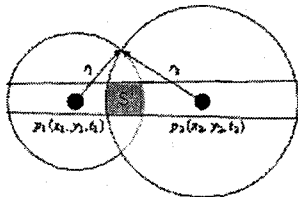
[알고리즘 3] 미래의 불확실한 위치 정보 추정 알고리즘

```
//미래 위치 추정
Input : 이동 객체의 현재 위치 정보 CurX, CurY, 요청된 미래 시점 FutureTime,
        이동 객체 ID MOID
Output : 추정된 미래의 위치 정보 FutureX, FutureY
Procedure FindFuturePosition(CurX, CurY, FutureTime)
Begin
    /*이동 객체의 평균 속도를 계산한다*/
    Vel = CalVelocity( MOID );
    /*현재 이동 객체의 위치와 대응되는 링크 ID를 검색한다*/
    LinkID = FindLinkID(CurX, CurY);
    /*해당 링크와 연결되는 노드ID를 검색한다*/
    NodeID = FindNode( LinkID, CurX, CurY );
    /*현재 이동 객체의 위치에서 검색된 노드까지 걸리는 시간을 T와 비교한다*/
    if( CalTime( CurX, CurY, NodeID, Vel) <= T )
        return FindPosition( CurX, CurY, LinkID, Vel );
    else
        /*검색된 LinkID와 예상 경우 노드를 통해 이동 가능한 링크 ID를 검색*/
        ConLinkID = FindConLink(LinkID, NodeID);
        /*연결된 링크를 고려하여 시간 T에 해당하는 위치 정보를 검색한다*/
        return FindPosition( CurX, CurY, LinkID, ConLinkID, Vel);
    Endif
End
```

3.3.3 위치 추정의 확률적 정확성 표현

불확실한 위치 정보에 대해 추정을 할 경우, 추정된 결과값에 대한 정확성의 확률적 표현을 [그림 1]와 같이 나타낼 수 있음을 앞서 살펴보았다. [그림 1]에서 어두운 영역으로 표시된 지역이 이동 객체가 위치할 가능성이 있는 영역을 나타내며, 표시된 영역의 넓이가 줄어들수록 추정된 위치 정보의 정확성이 향상됨을 나타낸다.

위상 정보를 나타내는 속성은 경로의 길이와 넓이에 대한 정보를 포함하고 있다. 이러한 정보들을 이용하여 추정된 위치 정보의 확률적 정확도를 [그림 2]와 같이 나타낼 수 있으며, 이 때 추정된 위치 정보의 확률적 정확도는 1/S' 로 [그림 1]보다 높은 정확성을 나타낼 수 있다.



[그림 2] 위상 정보를 이용한 확률적 정확도

4. 성능평가

본 장에서는 두 가지 기법에 대한 성능을 비교 평가한다.

먼저 기존의 이동 객체 데이터베이스 시스템에서 사용되는 위치 정보에 대한 갱신 정책을 일정 거리에 대한 갱신 횟수를 통해, 본 논문에서 제안한 위상 정보를 이용한 갱신 정책과 비교 평가한다. 그리고 불확실한 위치 정보에 대한 추정의 경우, 기존의 기법과 본 논문에서 제안한 기법을 추정된 위치 정보에 대한 정확성을 비교 함으로써 성능을 평가하도록 한다.

4.1 평가 환경

본 평가에서 비교할 이동 객체 데이터베이스 시스템에서의 두 가

지 위치 정보 관리 기법은 인하대학교 데이터베이스 연구실에서 개발한 고가용성 클러스터 시스템 기반의 이동 객체 데이터베이스 시스템인 GMS/LBS에서 구현되었으며 시스템 환경은 [표 4]와 같다.

[표 4] 시스템 환경

컴퓨터	IBM PC
CPU	Pentium IV 1.8 GHz
메인 메모리	1GB
디스크 크기	80GB
운영 체제	Windows 2000 Professional
네트워크 환경	1Gbp
Programming Language	C+

본 논문에서는 제안한 위치 관리 기법들을 비교 평가하기 위해 이동 객체의 움직임을 나타내는 데이터 샘플을 만들어 실험하였다. 이동 객체의 위치 정보에 관한 샘플 데이터를 획득하기 위해 인하대학교를 포함한 인천광역시의 지도 데이터와 도로 위상 정보를 이용하여 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션을 하는 이동 객체의 속도는 시속 60Km와 30Km로 제한하였으며 이동 경로는 인하대학교 주변 도로로 하였다. 실험에서 사용된 데이터 환경은 [표 5]와 같다.

[표 5] 데이터 환경

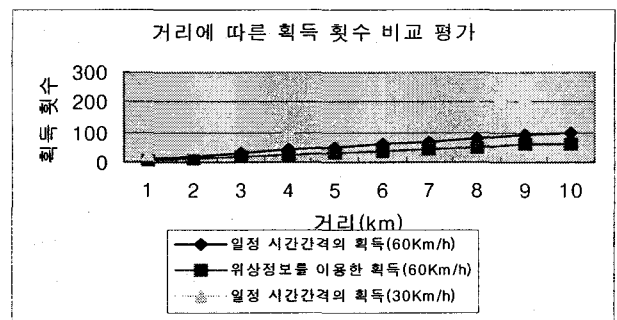
노드 레코드	9176개(251KB)
링크 레코드	14111개(1.32MB)

4.2 평가

4.2.1 일정 거리에 대한 갱신 횟수 비교 평가

본 절에서는 일정 거리에 대한 갱신 횟수를 측정한다. 이 실험은 일정 시간 간격으로 위치를 획득할 경우와 위상 정보를 이용하여 위치를 획득할 경우에 대해 위치 정보의 갱신 횟수를 평가한다.

[그림 3]은 거리에 따른 갱신 횟수를 나타낸 것이다. 일정 시간 간격의 위치 획득은 5초 간격으로 위치를 획득하였으며 인하대학교를 포함한 인천광역시의 지도 데이터를 기반으로 실험하였다.



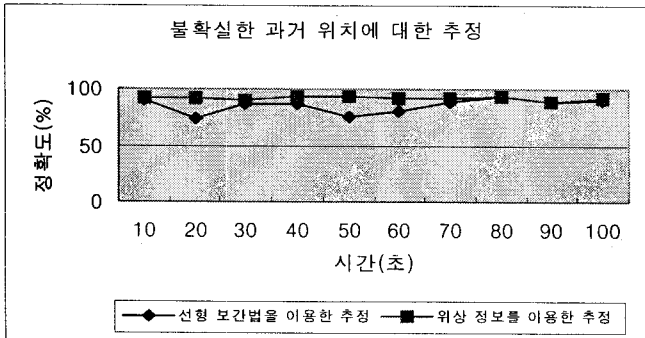
[그림 3] 거리에 따른 위치 획득 횟수의 비교 평가

[그림 3]에서 보는 것처럼 일정 시간 간격으로 위치를 획득하는 것은 일차 함수의 형태로 일정하게 증가한다. 이러한 경우 이동 객체의 속도가 느릴수록 더 많은 위치 획득을 필요로 하게 되어 빈번한 디스크 접근과 위치 정보 전송을 발생시켜 성능을 저하시킨다. 그러나 이와 비교하여, 위상 정보를 이용한 획득은 이동 객체의 속도와는 관계없이 거리에 따른 위치 획득의 횟수는 변화가 없으며 거리가 점차 증가할수록 위치 획득의 횟수가 줄어들어 이러한 성능 저하를 막을 수 있음을 알 수 있다.

4.2.2 불확실한 위치 정보에 대한 정확성 평가

본 절에서는 과거와 미래의 불확실한 위치 정보에 대한 정확성을 비교 평가한다. 기존의 선형 보간법과 위상 정보를 이용한 선형 보간법을 사용하여 특정 시점에 대한 위치 정보의 검색 질의를 요청한 후 그 결과 값을 비교한다.

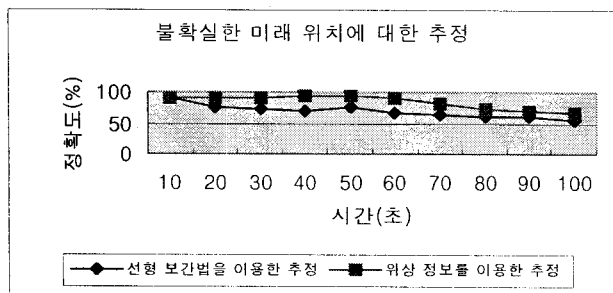
[그림 4]는 시간에 따른 불확실한 과거의 위치 정보에 대한 정확성을 나타낸 것이다. 이 실험은 이동 객체의 저장된 이력 정보를 이용하여 시간 검색에 대한 제약 조건을 10초 단위로 하여 질의를 요청한다.



[그림 4] 불확실한 과거 위치에 대한 추정

[그림 4]의 결과에서 위상 정보를 이용한 추정은 일정한 정확도를 보이고 있다. 그러나 위상 정보를 이용하지 않고 선형 보간법만을 이용한 추정은 정확도가 불규칙하게 나타나는 것을 알 수 있다. 이것은 이동 객체가 교차로를 지나거나 꺾인 경로를 지날 경우 이동 객체의 이동 경로가 될 수 없는 점의 좌표 값이 결과로 반환된 것을 나타낸다.

[그림 5]는 불확실한 미래 위치에 대한 추정에 대한 정확성을 나타낸 것이다. 이 실험도 [그림 4]의 실험과 동일한 방법으로 시간 검색에 대한 제약 조건을 10초 단위로 질의를 요청한다. 현재 위치로부터 미래의 위치에 대한 질의를 요청할 경우 더 먼 미래에 대한 검색 요청은 낮은 정확성을 보인다. 그러나 위상 정보를 이용한 추정은 멀지 않은 미래에 대한 위치 추정의 경우 과거의 불확실한 위치 추정과 별다른 정확도의 차이를 보이지 않는다.



[그림 5] 불확실한 미래 위치에 대한 추정

5. 결론

이동 객체의 위치 관리를 위해 지금까지 연구된 시스템들은 일정 시간 간격으로 위치 정보를 저장하거나 방향과 속도등의 변화량을 고려해 위치 정보를 저장하였다. 이는 특정 시간대의 검색 질의에 대해 이동 경로를 고려하지 않아 정확한 위치 정보의 제공이 어렵고 데이터의 양이 기하급수적으로 늘어난다. 본 논문에서는 이러한 문제점들을 해결하고자 위상 정보를 이용한 갱신 정책과 불확실한 위치 정보에 대한 추정 기법을 제안하였다.

제안된 기법 중 위상 정보를 이용한 갱신 정책은 교차로나 꺾인 지점의 위치 정보만을 저장함으로써 데이터의 양을 줄이고 디스크의 빈번한 접근을 막는다. 따라서 최소한의 정보만으로 검색질의에 대한 응답을 하므로 빠른 응답시간을 보장할 수 있다. 또한 위상 정보를 이용한 불확실한 위치 정보에 대한 추정 기법은 차량 객체의 특성을 고려하여 명시적으로 저장되지 않은 데이터에 대해 사용자가 검색을 요청했을 경우 보다 정확한 위치 정보를 제공해 줄 수 있다.

본 논문에서의 실험은 시뮬레이션을 이용했기 때문에 향후 실제 세계에서 차량이 이동할 경우 전송되는 위치 정보의 오차를 고려해 데이터를 저장할 수 있는 보정 기법이 연구되어야 하며 대량의 시공간 데이터를 효과적으로 처리할 수 있는 인덱스 기법이 연구되어야 한다.

참고 문헌

- [1]3rd Generation Partnership Project: Technical Specification Group Services and System Aspect ; Location Services(LCS); Service description, Stage1(Release4), 3GPP TS 22.071
- [2]A. Prasad Sistla, Ouri Wolfson, Sam Chamberlain, Son Dao, "Modeling and Querying Moving Objects", ICDE 1997, pp.422-432
- [3]A. Prasad Sistla, Ouri Wolfson, Sam Chamberlain, Son Dao, "Querying the Uncertain Position of Moving Objects", Temporal Databases, Dagstuhl, 1997, pp. 310-337
- [4]Dieter Pfoser, nectaria Tryfona, "Requirement, Definitions and Notations for Spatiotemporal Application Environments", CHOROCHRONOS, Technical Report CH-98-09, Nov., 1998
- [5]D.Pfoser and C.S.Jensen, "Capturing the Uncertainty of Moving Object Representation s", CHOROCHRONOS, Technical Report CC-99-2, Apr., 1999
- [6]D.Pfoser and N.Tryfona, "Fuzziness and uncertainty in Spatiotemporal Applications", CHOROCHRONOS, Technical Report CH-00-04, Feb., 2000
- [7]Ouri Wolfson, Bo Xu, Sam Chamberlain, Liqin Jiang, "Moving Objects Databases : Issues and Solutions", SSDBM 1998, pp.111-112
- [8]Ouri Wolfson, A. Prasad Sistla, Bo Xu, Jutai Zhou, Sam Chamberlain, "DOMINO : Database fOr MoniNg Objects tracking", SIGMOD Conference, 1999, pp. 215-223
- [9]Philippe Rigaux, Agnes Voisard, Michel O. Scholl, "Spatial Database : With Application to GIS", Morgan Kaufmann Publishers, 2001
- [10]Shiow-yang Wu, Kun-Ta Wu, "Dynamic Data Management for Location Based Services in Mobile Environments", IDEAS, 2003
- [11]The CHOROCHRONOS Participants, "CHOROCHRONOS : A Research network for Spatiotemporal Database systems", SIGMOD Record, Vol.28, No.3, September, 1999
- [12]U.Leonhardt, "Supporting Location-Awareness in Open Distributed Systems", PhD thesis, Department of Computing, Imperial College, London, May. 1998
- [13]심태경, 김재홍, 정원일, 장용일, 배해영, "위상 정보를 이용한 갱신 정책과 불확실한 위치 정보에 대한 추정 기법", 한국정보처리학회 춘계 학술발표대회 논문집 제 10권, 제 1호, 2003.5
- [14]안윤애, 류근호, "이동 객체의 불확실한 과거 및 미래의 위치 추정", 정보과학회 논문지, 데이터베이스 제 9권, 제 6호, 2002.12
- [15]정원일, 장용일, 김호석, 박순영, 김명근, 배해영, "GMS/LBS : 고가용성 공간 데이터베이스 클러스터를 내장한 LBS플랫폼", ITRC Forum, Tutorial Proceeding, 2003