

위상 정보를 이용한 갱신 정책과 불확실한 위치 정보에 대한 추정 기법

심태정*, 김재홍**, 정원일*, 장용일*, 배해영*

*인하대학교 전자계산공학과

**영동대학교 컴퓨터 정보공학부

e-mail:g2021338@inhavision.inha.ac.kr

Update Policy and Estimation of Uncertain Position Using Trajectory Information

Tai-Jung Sim*, Jae-Hong Kim**, Won-Il Jung*, Yong-Il Jang*,
Hae-Young Bae*

*Dept of Computer Science & Engineering, In-Ha University

**Dept of Computer Science, Young-dong University

요 약

이동 단말의 보급이 보편화 됨에 따라 이동 객체의 위치 정보를 기반으로 사용자에게 사람이나 사물, 차량등과 같은 이동 객체의 위치를 파악하여 그에 대한 정보를 제공해 주는 시스템이 필요로 하게 되었다. 이러한 이동 객체 관리 시스템에서는 계속적으로 위치 정보가 변화하는 이동 객체의 특성상 데이터의 빈번한 갱신이 일어나게 되고 DBMS에 명시적으로 저장되지 않은 위치 정보에 대해서도 보다 정확한 위치를 사용자에게 제공해 주어야 한다.

그러나 차량의 위치 추적과 같이 적용 개체가 차량에 한정된 경우 이동 경로가 도로상으로 제한되어 있으므로 이동 경로를 예측하기 힘든 사람과 같은 객체와는 특성이 다르다. 따라서 차량 객체에 대해 보다 효과적인 서비스를 제공해 주기 위해서는 사람에 대한 위치 추적과는 다른 갱신 정책과 불확실한 위치의 추정 기법이 필요하다.

본 논문에서는 공간 데이터에 저장된 도로의 위상 정보와 차량의 속도 속성을 이용한 갱신 정책을 정하여 갱신 빈도수를 줄이고 도로 레이어의 위상 정보를 통해 불확실한 과거 및 미래의 위치를 추정하는 기법을 제안한다. 제안한 갱신 정책은 차량의 속도를 고려하여 현재의 위치에서 도로상의 교차점에 도착하는 시점의 위치를 예측하여 데이터의 갱신 시점으로 결정한다. 또한 불확실한 위치에 대한 추정은 이동 하는 도로와 대응되는 위상 정보를 기반으로 차량의 이동 방향을 예측하여 불확실한 미래의 위치를 결정할 수 있으며 명시적으로 저장되지 않은 과거 위치 정보의 검색에 대한 요청이 발생했을 경우 위상 정보를 이용하여 위치를 보정하고 사용자에게 보다 높은 정확성을 지닌 정보를 제공해 줄 수 있다.

1. 서론

측위 기술의 발달과 무선 통신이 가능한 이동 단말의 보급이 보편화됨에 따라 이동 객체들의 위치를 기반으로 정보를 제공해 주는 위치 기반 서비스에 대한 관심이 증가하고 있다. 이러한 위치 기반 서비스는 계속적으로 위치가 변하는 특성을 지닌 이동 객체의 정보를 저장 관리하고 요청되는 질의를 효과적으로 처리할 수 있는 위치 정보 관리 시스템이 요구된다.

이동 객체는 위치와 속도, 이동 방향 속성이 연속적으로 변화하는 특성이 있다. 이러한 이동 객체의 모든 정보를 저장하는 것은 이동 객체가 이동할 때마다 변경되는 위치 정보를 저장해야 하므로 지속적인 데이터의 갱신이 발생하게 되어 시스템의 성능을 크게 저하시킨다. 따라서 기존의 시스템에서는 이와 같은 성능저하를 막기 위해 일정한 시간 간격에 따라 데이터를 갱신하거나 속도나 이동 방향등의 속성을 이용한 함수에 의한 갱신 정책을 반영하여 데이터를 저장한다. [1][2]

또한 이동 객체 관리 시스템에서는 이러한 갱신 정책뿐만 아

니라 검색하고자하는 이동 객체의 위치 정보에 대한 정확성을 보장해 주어야 한다. 정확한 위치 정보의 제공은 과거의 정보뿐만 아니라 미래의 예측위치에 대해서도 적용되어야 한다. [1][5]

그러나 이동 객체 관리 시스템에서 높은 성능의 서비스를 사용자에게 제공해주기 위해서는 각 이동 객체의 특성을 고려하여야 한다. 특히 차량 객체와 같이 이동 경로가 도로 상에 한정되어 있는 경우 비교적 이동 경로가 자유로운 사람의 이동 데이터와는 다른 정책을 적용하여 성능을 향상 시킬수 있다.

본 논문에서는 이러한 목적으로 위상 정보를 이용한 데이터 갱신 정책과 불확실한 위치에 대한 추정 기법을 제안한다. 갱신 정책에서 제안한 기법은 이동 경로가 한정되어 있는 차량 객체의 위치 정보 저장 관리를 통해 방향과 경로의 정보가 반영된 위상 데이터와 현재 차량 객체의 속도를 이용하여 현재 위치로부터 도로간 교차점에 도달하는 시점을 갱신 시점으로 결정한다. 이는 최소한의 데이터만으로 차량 위치 정보에 대한 검색 질의를 수행할 수 있고 빈번한 디스크 접근을 억제시킬 수 있다. 또한 불확

실한 위치에 대한 추정은 도로의 통행 방향과 차량 객체의 현재 속도도를 고려하여 미래의 불확실한 위치에 대해 추정하고 DBMS에 명시적으로 저장되지 않은 과거 위치 정보에 위상 정보를 반영하여 보다 두 점의 위치 만으로 과거 위치를 추정하는 것보다 정확한 위치 정보를 제공할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구에 대하여 기술하고 3장에서는 본 논문에서 제안하는 위상 정보를 이용한 데이터 갱신 정책 및 불확실한 위치 추정에 대해 설명한다. 4장 성능 평가를 하고 5장에서 결론 및 향후 연구에 대해 기술한다.

2. 관련 연구

2.1 이동 객체 관리 시스템에서의 갱신 정책

이동 객체 관리 시스템은 계속적으로 변화하는 이동 객체의 정보를 효율적인 정책을 사용하여 DBMS에 저장하는 것이 중요하다. 이는 빈번한 갱신으로 인한 디스크 접근 비용을 줄이고 이와 더불어 최소한의 데이터를 저장하여 이동 객체에 대한 질의 처리의 성능을 개선 시킬 수 있다.

이를 위해 DOMINO에서는 비용을 고려한 갱신 정책과 이동 객체의 속도 변화값을 이용한 갱신 정책을 제안하고 있다.[1][2] 비용을 고려한 갱신 정책은 통신 비용, 불확실한 위치 정보에 대한 계산 비용, 갱신 연산 비용을 고려하여 한계값을 설정한 후 다음 갱신 시점을 결정한다. 그러나 이 한계값은 시스템 자원이 한정된 이동 단말에서 계산되어 시스템으로 전송되므로 이동 단말의 부하가 크고 서비스에 참여하는 이동 객체의 수가 증가할수록 객체 별로 복잡한 예측 모델을 적용해야 한다. 또한 속도의 변화값을 이용한 갱신 정책은 이동 객체의 속도를 이용해 단위 거리 증가당 걸리는 시간을 계산하여 갱신 시점을 결정하기 때문에 명시적인 갱신 질의 없이 자동적으로 연산을 수행할 수 있지만 이동 객체의 방향성에 대한 고려를 하지 않고 있고 단위 거리당 갱신 연산이 일어나므로 위치 정보의 정확성은 보장해 줄 수 있으나 디스크 접근 비용은 줄일 수 없다.

이와 다른 갱신 정책으로는 속도의 변화량과 이동 방향을 고려하여 갱신 시점을 결정하는 방법이 있다. 이는 이동 객체의 현재 상태에 대한 질의 처리를 위한 질의 릴레이션운 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.

2.2 불확실한 위치 정보의 추정

DBMS에 명시적으로 저장되지 않은 위치 정보를 사용자가 요구 하였을 경우 시스템에서는 이를 계산하여 질의에 대한 결과를 제공해 주어야 한다.

과거의 위치 추정

$t_i < t_p < t_{i+1}$ 의 조건을 만족하는 시점 t_p 의 위치 정보에 대한 추정을 할 경우 다음과 같은 식으로 계산한다.

$$x_p \leftarrow \frac{x_i - x_{i+1}}{t_{i+1} - t_i} (t_p - t_{i+1}) + x_{i+1}$$

$$y_p \leftarrow \frac{y_i - y_{i+1}}{t_{i+1} - t_i} (t_p - t_{i+1}) + y_{i+1}$$

미래의 위치 추정

미래의 위치 추정은 어떤 위치 정보를 저장하느냐에 따라 다양한 계산 방법이 사용되지만 대부분의 위치 정보 추정은 속도와

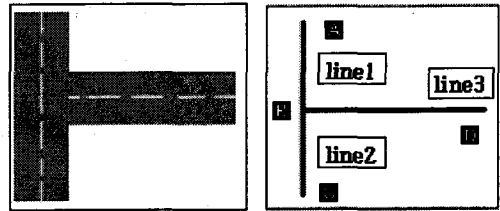
방향을 이용하여 계산한다. 현재 위치 정보에 저장된 속도 속성과 걸리는 시간을 곱하여 이동 거리를 구한 후 방향 속성을 고려하여 미래의 위치를 추정한다.

그러나 이러한 위치 추정 방법은 이동 경로를 고려하지 않고 있기 때문에 위와 같은 계산을 사용할 경우 과거 이동 하지 않은 위치를 지나온 것처럼 결과값이 나올 수 있고 도로 상에서 이동할 수 없는 지점을 미래의 위치값으로 추정할 수 있다.

3. 위상 정보를 고려한 갱신 정책 및 불확실한 위치 추정

3.1 위상 정보를 고려한 갱신 정책

본 논문에서는 최소한의 위치 정보를 명시적으로 저장하여 질의를 처리하기 위해 도로상의 쉐인 지점과 교차로에 차량이 도착하는 시점을 갱신 시점으로 정한다.



<그림 1> 삼거리 도로와 위상정보

<그림 1>은 삼거리 도로와 그의 위상정보를 나타낸 것이다. 이 도로는 노드 D에서 노드 B방향으로 이동할 경우 우회전 즉 노드 A로의 이동은 가능하지만 좌회전 즉 노드 D로의 이동은 불가능하다. 위상 정보에 나타난 각 노드와 라인의 정보를 다음과 같이 간단하게 나타낼수 있다.

현재 차량의 이동 방향이 노드 D에서 노드 B 방향으로 속도 V로 이동하고 있다고 가정하면 교차점 노드 B에 도착하는 예상 시간 $T1 = L3/V$ 으로 계산할 수 있다.

<표 1> 라인 정보

line ID	연결 노드 ID	라인 길이	라인 폭
line 1	(A, C)	L1	W1
line 2	(B, C)	L2	W2
line 3	(B, D)	L3	W3

<표 2> 교차점 노드 B의 정보

노드 ID	FROM	TO
B	line 1	line 2
B	line 3	line 1
B	line 2	line 3

차량이 B지점에 도착하면 다음 갱신 시점을 결정하게 되는데 이때 차량은 'line 1'로만 이동할 수 있으므로 노드B에서 노드A까지의 라인 길이인 L1을 이용하여 다음 갱신 시간을 결정한다. 만일 교차점에 차량이 도착했을때 다음 예상 도착 지점의 수가 다수 일 경우 가장 가까운 노드를 예상 도착 지점으로 정하여 갱신 시점으로 정하고 갱신을 수행한다. 이때 갱신을 수행한 지점이 노드가 아닌 라인 상에 위치한 지점일 경우 다시 노드에 도착할 시점을 계산하여 갱신을 수행한다. 알고리즘은 <그림 2>와 같다.

<그림 2>의 알고리즘 상의 CalNextUpdateTime는 현재 위치, 라인 ID, 차량의 속도를 이용해 도로의 길이를 추정하고 이에 따른 교차로 도착 시간을 유추한다. 이때 T시간만큼 지난 후 도착한 지점이 교차점이 아닌 위상 정보의 라인에 위치 할 경우 다음

교차점까지의 시간을 다시 계산한다.

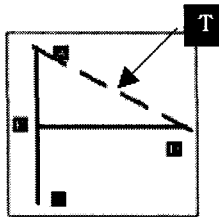
```
// 갱신 시점 결정 알고리즘
POSITIONCurPos: //현재 차량의 위치
LINE_IDnLineID: //현재 차량이 위치한 LINE
begin
    Update( CurPos );
    bOnNode = IsOnNode( CurPos );
    if( bOnNode ){
        nNodeNum = FindNextNodeNum();
        if( nNodeNum > 1 )
            nLineID = CalShortestLine();
        else
            nLineID= FindNextLine();
        T= CalNextUpdateTime( CurPos, nLineID, V );
    }
    else{
        nLineID= FindNextLine();
        T= CalNextUpdateTime( CurPos, nLineID, V );
    }
end
```

<그림 2> 갱신 시점 결정 알고리즘

3.2 위상 정보를 고려한 불확실한 위치 추정

<그림 1>과 같은 도로에서 노드 D에서 노드B로 이동하는 차량을 가정하고 노드 B에서 미래의 위치를 고려해보자. 노드B에서의 현재 이동 방향은 line 3과 수평한 방향이다. 기존의 기법에서 사용하는 방법처럼 현재 위치의 이동 방향만을 고려하여 미래의 위치를 추정한다면 노드B 지점에서는 더 이상 line 3과 수평한 방향으로 이동할 수 있는 경로가 존재하지 않기 때문에 차량이 이동하기에는 불가능한 지점이 위치로 추정될 것이다.

<그림 3>에서 노드 A와 노드D에 차량 객체가 도착하였을 경우 이 두 지점의 정보가 저장되었다고 가정하자.



<그림 3> 과거 위치 추정

노드D에서의 도착 시간을 T_1 라 하고 노드 A에서의 도착시간을 T_3 두 시점 사이의 중간 시점을 T_2 라 할 때 만약 명시적으로 저장된 두 점을 이용해 시점 T_2 의 위치 정보를 얻으려 한다면 기존의 기법에서는 화살표로 표시된 지점의 결과값으로 판단할 것이다. 그러나 실제계에서는 노드 B와 노드D사이의 라인 상에 객체가 위치하고 있었을 것이다.

현재 차량의 위치와 위상 정보를 이용한 미래와 과거의 불확실한 위치 추정 알고리즘은 다음과 같다.

```
// 미래 위치 추정 알고리즘
// Tf : 미래 시점, V: 현재 속도, CurPos: 현재 위치
begin
    // 시점까지 이동 거리 계산
    nLength = CalLength( CurPos, V, Tf );
    if( nLength <= CalLengthToNode( CurPos, CurLineID ) )
        FurPos = CurPos + V * Tf;
    else
        if( CalLineNum() == 1 )
            FurPos = CurPos + V * Tf;
end
```

<그림 4> 미래 위치 추정 알고리즘

미래의 위치 정보를 추정 할때는 위치 추정이 가능한 한계값을 계산한다. 한계값은 Tf시점까지 차량이 이동할 거리와 라인의 거리를 비교하여 결정한다. 차량이 이동 할 거리가 다음 도착 노드까지의 길이보다 작은 경우 위치 점을 간단히 계산할 수 있으나 길 경우 다음 도착 노드의 정보중 연결 라인들을 검색하여 이동 가능 경로가 하나 일 경우에만 위치 정보를 추정해낸다. 이는 미래의 위치를 검색하고자 할 경우 다수의 결과값이 나오는 것을 막기 위함이다.

과거의 위치 추정도 위상 정보를 이용할 수 있다. 위치 정보는 도로상의 꺾인 점과 교차점을 저장하여 최소한의 정보를 저장하는 갱신 정책을 사용하였기 때문에 한 시점을 포함하는 시점의 간격을 검색할 경우 이 두 시점 사이에는 최대 1개의 노드가 존재할 수 있다. 따라서 과거의 위치를 추정 할 때 두 시점 사이의 위상 정보에 노드가 존재 하느냐에 따라 계산 방법이 달라진다.

```
// 과거 위치 추정 알고리즘(시점Tb 정보가 저장되어 있지 않음)
// Tp : 과거 시점
begin
    // Tb < Tp < Tn 시점 Tb, Tn검색
    SelTime( Tp, Tb, Tn );
    nNodeID = ExistNode( Tp, Tn );
    Va = (nLengthp + nLengthn) / (Tn - Tb);
    if( nNodeID != -1 ){
        nLengthp = CalLength( Tb, nNodeID );
        nLengthn = CalLength( Tn, nNodeID );
        if( Va * (Tp - Tb) < nLengthp )
            PastPos = Posb + Va * (Tp - Tb);
        else
            PastPos = PosNode + Va * nLengthn / Va;
    }
    else
        PastPos = Posb + Va * (Tp - Tb);
end
```

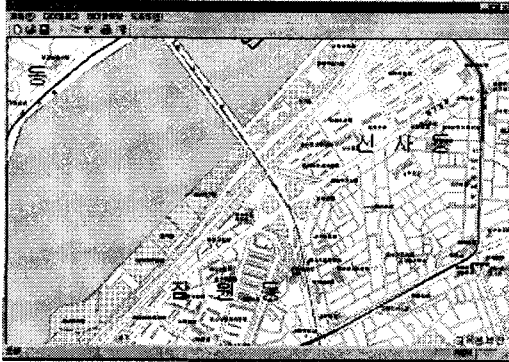
<그림 5>과거 위치 추정 알고리즘

본 논문에서 제안한 위치 추정 알고리즘을 적용할 경우 과거의 평균 속도의 계산하기 위해 디스크에 접근할 필요가 없고 차량의 이동 경로를 고려하고 있기 때문에 위치의 정확성을 사용자에게 보장해 줄 수 있다.

4. 실험 결과

본 논문의 실험은 GMS/LBS 상에서 강남 지역 교통도를 이용해 시뮬레이션하여 데이터를 저장하였다. 지도의 각 데이터는

건물, 도로, 도로명등의 레이어 파일로 이루어져있고 이와 더불어 위상 정보도 파일로 관리된다.



<그림 6> 강남 지역 교통도

다음은 백제 사거리에서 한남대교 입구까지 이동한 차량의 위치 정보이다. <그림 7>과 같이 5초 간격으로 한남대교 입구까지 위치를 획득할 경우 모두 18번의 디스크 접근이 이루어 지고 <그림 8>과 같이 위상 정보를 이용할 경우 6번의 디스크 정보만으로 서비스를 제공할 수 있다.

UpdateTime	PosX	PosY
2002-03-03-11-18-25	446658	515719
2002-03-03-11-18-30	446658	515719
2002-03-03-11-18-35	446658	515719
2002-03-03-11-18-40	446658	515719
2002-03-03-11-18-45	446658	515719
2002-03-03-11-18-50	446658	515719
2002-03-03-11-18-55	446658	515719
2002-03-03-11-19-00	446658	515719
2002-03-03-11-19-05	446658	515719
2002-03-03-11-19-10	446658	515719
2002-03-03-11-19-15	446658	515719
2002-03-03-11-19-20	446658	515719
2002-03-03-11-19-25	446658	515719
2002-03-03-11-19-30	446658	515719
2002-03-03-11-19-35	446658	515719
2002-03-03-11-19-40	446658	515719
2002-03-03-11-19-45	446658	515719
2002-03-03-11-19-50	446658	515719
2002-03-03-11-19-55	446658	515719
2002-03-03-12-00-00	446658	515719

<그림 7> 5 초간격 위치 획득

UpdateTime	PosX	PosY
2002-03-03-11-18-25	446658	515719
2002-03-03-11-18-30	446658	515719
2002-03-03-11-18-35	446658	515719
2002-03-03-11-18-40	446658	515719
2002-03-03-11-18-45	446658	515719
2002-03-03-11-18-50	446658	515719
2002-03-03-11-18-55	446658	515719
2002-03-03-11-19-00	446658	515719
2002-03-03-11-19-05	446658	515719
2002-03-03-11-19-10	446658	515719
2002-03-03-11-19-15	446658	515719
2002-03-03-11-19-20	446658	515719
2002-03-03-11-19-25	446658	515719
2002-03-03-11-19-30	446658	515719
2002-03-03-11-19-35	446658	515719
2002-03-03-11-19-40	446658	515719
2002-03-03-11-19-45	446658	515719
2002-03-03-11-19-50	446658	515719
2002-03-03-11-19-55	446658	515719
2002-03-03-12-00-00	446658	515719

<그림 8> 위상 정보를 이용한 위치 획득

차량이 신사역 부근의 도로를 이동하고 있다고 가정하고 이 시점의 위치를 얻기 위해 5초간격으로 위치를 획득한 정보 테이블과 위상 정보를 이용해 위치를 획득한 정보테이블에 다음과 같은 질의를 각각 실행하였다. 이 때 5초 간격으로 위치를 획득한 테이블의 결과값은 도로 상이 아닌 주택가의 한 부분에 위치 점이 나타나게 된다.

5초 간격 위치 획득	위상 정보 위치 획득
Select PosX, PosY From KangNam5 Where UpdateTime='2003-03-03-11-11-07'	Select PosX, PosY From KangNam Where UpdateTime='2003-03-04-15-42-33'

5. 결론 및 향후 연구

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 쪼인 지점의 위치 정보만을 저장함으로써 데이터의 양을 줄이고 디스크의 빈번한 접근을 막는다. 따라서 최소한의 정보만으로 검색 질의에 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.

참고문헌

- [1] Ouri Wolfson "Databases from Tracking Mobile Units in Real Time" ICDT'99, LNCS 1540, pp.169-186, 1998
- [2] A. Prasad Sista "Querying the Uncertain Position of Moving Objects"
- [3] Dieter Pfoser "Capturing the Uncertainty of Moving Object Representations" CHOSOCHRONOS, Technical Report CC-99-2
- [4] Eamonn Fallon "Dublin Bus Tracking Service" University of Dublin
- [5] Ouri Wolfson "DOMINO:Databases for Moving Objects tracking" SIGMOD '99 ACM 1999
- [6] 안윤애 "차량 위치 추적을 위한 이동 객체 관리 시스템의 설계" D 제9-D권 제5호, 2002년 10월
- [7] Dieter pfoser "Generating Semantics-Based Trajectories of Moving Objects" CHOSOCHRONOS, Technical Report CC-00-02