

계획된 경로를 가진 이동 객체의 불확실한 미래 시간 추정

원호경, 정영진, 이양구, 류근호

충북대학교 전자계산학과

e-mail : {hogyong, yjjeong, leeyangkoo, khryu}@dmlab.cbu.ac.kr

Prediction of Uncertainty Future Time of Moving Object on Planned Route

Ho Gyeong Won, Young Jin Jung, Yang Koo Lee, Keun Ho Ryu

Database/Bioinformatics Laboratory, Chungbuk National University, Korea

요 약

이동 객체 데이터베이스에서 위치 불확실성은 이동 객체의 고유한 성질 중 하나이다. 이것은 모델링과 질의 처리 및 질의 결과에 예상치 못한 문제들을 야기시키기 때문에 이를 해결하기 위해 많은 연구들이 진행되어 왔다. 이전의 연구들은 객체의 최근 속력과 방향 정보를 사용하여 불확실한 객체의 위치를 추정하였다. 이 방법은 추정이 간단하고 가까운 미래의 위치와 시간 추정에는 유용하지만 계획된 경로를 가진 미래의 먼 위치와 시간의 추정에는 적합하지 않다.

따라서, 이 논문에서는 계획된 경로를 가진 이동객체의 미래의 불확실한 시간을 추정하는 방법을 제안한다. 계획된 경로를 이동하는 객체일지라도 기계적인 오류와 예기치 못한 상황들로 인하여 실제 객체의 위치와 계획된 경로는 정확히 일치 하지는 않는다. 그렇지만 객체의 위치는 계획된 경로에 근접하여 위치할 확률이 가장 높으므로 우리는 계획된 경로에 객체의 궤적을 투영시킨다. 또한 미래의 시간을 추정을 위하여 웹사이트에서 제공하는 차량의 평균속도를 사용한다. 제공된 평균 속도는 일반 차량의 평균 속도이므로 우리는 이를 가공하여 미래 시간을 추정한다.

1. 서론

이동 객체의 저장과 처리는 이동 객체 데이터베이스 분야에서 많은 연구들이 진행되어 왔다. 이동 객체의 모델링과 질의 처리[1, 2, 3], 효과적인 검색과 업데이트를 위한 색인[1, 4, 5, 6], 불확실성을 반영한 위치 업데이트[3, 7, 8] 등 많은 분야에서 연구가 활발히 진행되어 왔다.

전통적으로 이동 객체의 궤적은 연속적인 삼차원의 직선으로 모델링 된다. 하지만 이동 객체의 연속적인 움직임, 네트워크의 지연, 그리고 기계적인 오류 등의 이유로 궤적은 항상 불확실성을 내포하고 있다 [8, 9, 10]. 우리는 이 논문에서 계획된 경로를 가진 이동 객체(버스, 물류 차량, 택배 차량 등)의 불확실한

미래 시간 추정을 제시한다. 기존의 연구는 주어진 이동 객체의 가장 최근 속도와 방향 정보를 사용하여 미래의 시간을 추정하였다. 이 방법은 가까운 미래의 위치 추정에는 유용하나 우리의 연구 대상인 계획된 경로를 가진 먼 미래의 불확실한 시간 추정에는 적합하지 않다. 또한 우리는 미래의 정보를 추정함에 있어서 교통 정보(구간을 지난 차량들의 평균 속도)를 사용한다. 제공되는 속도는 일반 차량들의 평균 속도이다. 그러므로, 우리는 제공된 속도를 대상 차량에 부합되도록 보정하여 미래의 불확실한 시간을 추정하였다.

이 논문은 다음과 같은 구조를 따른다. 2 장은 이동 객체의 궤적의 개념과 불확실성에 관한 연구를 소개한다. 3 장은 사용된 궤적 모델에 대해 설명한다. 그리고, 4 장은 궤적을 계획된 경로에 투영시키는 방법을 설명한다. 5 장에서는 이동 객체의 미래의 불확실한 시

이 연구는 산업자원부, 한국산업기술평가원 지정 청주대학교 정보통신 연구센터의 지원에 의한 것입니다.

간을 추정하는 방법과 제안된 알고리즘을 제시한다. 마지막으로, 6 장은 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

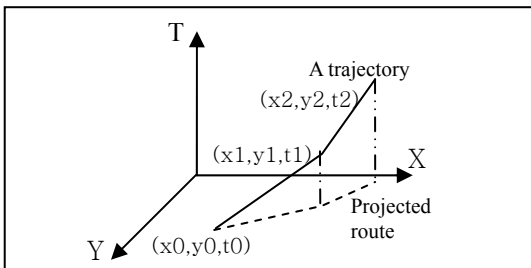
이동 객체의 시공간 특성을 저장하기 위하여 이동 객체의 연속적인 움직임의 묘사가 필요하다. 하지만 객체의 연속적인 움직임 전부를 저장, 관리하는 것은 현실적으로 불가능하다[8]. 그러므로 일정한 주기로 이동 객체의 위치를 이산적으로 저장, 관리한다. 전통적으로 이동 객체의 궤적은 삼차원 공간 상의 유한한 점들의 집합으로 표현된다. 이를 궤적이라 부른다[4]. 이동객체의 이산적인 저장과, 네트워크의 지연, 기계적인 오류 등의 이유로 이동 객체의 위치는 항상 불확실성을 내포하고 있다. 이동 객체의 불확실성은 공간적 측면과 시간적 측면에서 활발히 연구 되어왔다. 이동 객체는 샘플링 되지 않은 특별한 지점에서의 시간은 정확히 알 수 없다. 이것이 시간에 대한 불확실성이다. 그리고, 주어진 시간에 예상되는 이동 객체의 위치에 대한 연구가 공간의 불확실성이다[8, 9, 10].

우리는 이 논문에서 계획된 경로를 가진 이동 객체의 미래의 불확실한 시간의 추정 방법을 제시한다. 기존의 미래의 불확실한 시간에 대한 연구는 주어진 이동 객체의 가장 최근 속도와 방향 정보를 사용한다[11, 12]. 이 방법은 마지막에 샘플된 속도와 방향 정보를 사용하여 불확실한 미래의 시간을 추정하는 방법이다. 이는 가까운 미래의 위치 추정에는 유용하지만 우리의 연구 대상인 계획된 경로를 가진 이동 객체의 먼 미래의 불확실한 시간 추정에는 적합하지 않다. 또한 우리는 미래의 시간을 추정함에 있어서 교통 정보를 사용한다. 교통 정보는 일반 차량들의 구간의 평균 속도이다. 우리는 제공된 속도를 대상 차량이 그 구간을 지날 때의 속도로 보정하여 미래의 시간을 추정하였다.

3. 궤적 모델

이 장에서는 연구에서 사용된 궤적의 모델과 구성에 대해 소개한다. 궤적은 일정한 시간 주기로 객체의 위치를 샘플링 하여 그 위치를 점들의 집합으로 표현한다. 궤적은 시간에 관한 함수 $f : T \rightarrow (x, y)$ 수의 집합으로 표현한다.

$$(X_1, Y_1, t_1), (X_2, Y_2, t_2), \dots, (X_n, Y_n, t_n)$$



(그림 1) 궤적 모델

궤적은 세그먼트들로 구성이 되며, 한 세그먼트 내

에서 이동 객체는 직선, 등속 운동을 한다고 우리는 가정한다. 그리고 샘플 된 점들과 점들 사이의 위치는 선형 보간을 사용하여 위치와 시간을 추정 한다.

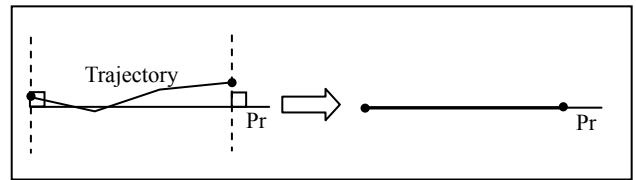
우리의 연구 대상은 계획된 경로를 가진 이동 객체이므로 계획된 경로에 대한 모델이 필요하다. 계획된 경로는 아래와 같이 시간 차원이 없는 점들의 서열로 구성된다.

$$(X_1, Y_1, t/f, V_{\text{traffic}}), \dots, (X_n, Y_n, t/f, V_{\text{traffic}})$$

여기서, t/f (true/false)는 이동 객체가 그 지점을 통과 여부를 뜻하고, Traffic 는 웹에서 제공되는 불특정 다수 차량의 구간별 평균 속도를 뜻한다.

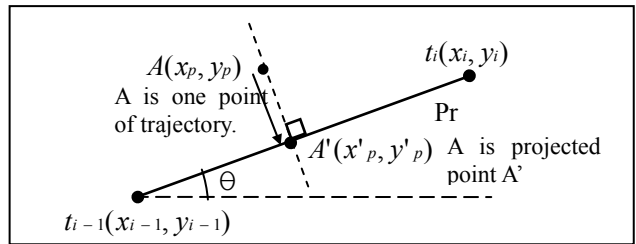
4. 궤적의 투영

계획된 경로를 가진 이동 객체라 할지라도 실제 객체의 위치와 경로는 정확히 일치하지는 않는다. 하지만 이동 경로가 사전에 계획되어 있으므로 계획된 경로 위에 객체가 위치할 확률이 가장 높다. 우리는 불확실한 이동 객체의 위치를 계획된 경로에 투영 (projection) 한다. 투영된 결과 정보는 미래 시간의 추정에 사용된다.



(그림 2) 궤적의 투영

(그림 2)는 객체의 실제 궤적을 계획된 경로에 투영하는 모습을 보여준다. 여기에서, 투영 작업은 궤적 전부를 투영할 필요는 없다. 단지 궤적의 양 끝점을 투영하여 필요한 정보를 얻는다.



(그림 3) 점의 투영

(그림 3)은 점 A 를 경로 Pr 로의 투영을 보여준다. 투영 된 점 A'은 점 A 를 지나면서 계획된 경로에 수직으로 만나는 점을 의미하며 이를 구하는 연산 식은 아래와 같다.

$$x'_p = \frac{x_p + \tan^2 \theta \times x_i + \tan \theta \times y_p - \tan \theta \times y_i}{\tan^2 \theta + 1}$$

$$y'_p = \tan \theta (x'_p - x_i) + y_i \quad \text{단, } \tan \theta = \frac{x_i - x_{i-1}}{y_i - y_{i-1}}$$

여기에서 tanθ 는 직선의 기울기를 의미한다.

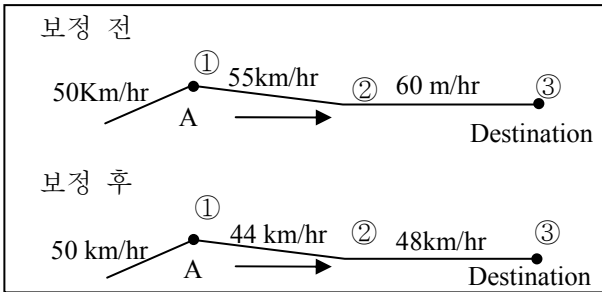
5. 미래의 불확실한 시간 추정

5.1 제공된 속도의 보정

우리는 미래의 시간 추정은 도로의 구간별 속도 정보를 사용한다. 제공되는 속도는 구간 내의 일반 차량의 평균 속도를 나타내며 제공되는 속도와 질의 대상 차량의 통과 속도는 오차가 발생한다. 우리는 이런 오차를 줄이기 위하여 제공된 일반 차량의 평균 속도를 대상 차량의 속도 정보로 보정하여 미래의 불확실한 시간을 추정하였다. 우리는 보정된 속도는 다음과 같이 제안하였다.

$$V_{\text{revision}} = \alpha \times V_{\text{traffic}} \quad \alpha = \frac{V_{p_traffic}}{V_{\text{object}}}$$

V_{object} 는 불특정 일반 차량의 구간별 평균 속도이고, $V_{p_traffic}$ 는 주어진 차량의 평균 속도를 뜻한다.



(그림 4) 제공된 평균 속도의 보정 예

(그림 4)에서 차량 A의 평균 속력이 40Km/hr 이라면 $\alpha = \frac{V_{p_traffic}}{V_{\text{object}}} = \frac{40}{50}$ 이므로 주어진 그림에서와 같이 보정이 된다. 이 방법은 일반적인 차량의 평균 속력에 질의 대상 차량의 특성이 반영되어 더 정확한 추정이 가능하다.

5.2 개체의 미래 시간 추정

이 장에서는 계획된 경로를 가진 이동객체 하나의 불확실한 미래 시간을 추정 하는 방법을 제시한다. 불확실한 미래 시간은 다음과 같이 구한다.

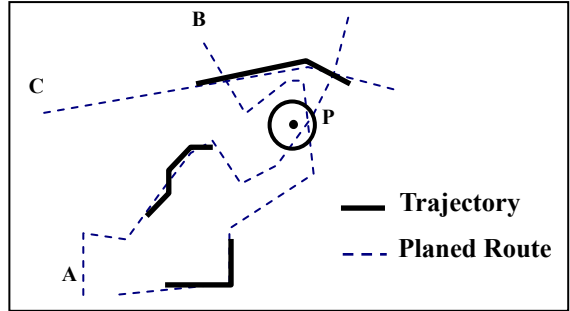
$$T_{\text{future}} = \sum \frac{D_{\text{distance}}}{V_{\text{revision}}}$$

이 식은 계획된 경로의 각 세그먼트의 시간의 총합을 의미한다. 예를 들면, 그림 4에서 구간 ①②의 거리가 1Km, 구간 ②③의 거리가 2Km 라면 객체가 모든 구간을 통과하는데 걸리는 시간은 3.86 분이 예상된다. 구해진 연산 식은 다음과 같다. $t = (\frac{1}{44} + \frac{2}{48}) \times 60$ 여기서, 60의 의미는 시간을 분 단위로 환산하기 위함이다.

5.3 다수의 객체들의 미래시간 추정

우리는 하나의 객체뿐만 아니라 다수의 객체를 고려

해야 한다. 단적인 예를 들면, “점 P를 지나는 가장 빠른 객체와 그 시간을 얼마인가?”의 질의에 대한 처리를 말한다.



(그림 5) 질의 포인트와 이동객체의 궤적들

위의 그림에서 실선은 객체의 궤적을, 점선은 계획된 경로를 의미한다. 질의 포인트 P는 반경을 가지는 원으로 확장되어 그 지점을 객체가 통과하는지의 여부를 판가름한다.

이 논문에서 제안된 알고리즘은 Filtering step 과 Refining step 로 구성된다. Filtering step 에서는 주어진 점을 확장한 원을 지나는 후보 객체를 선정한다.

```

Algorithm: Filtering step
Input: trajectory of objects
Output: candidateTr
Begin
  Loop
    If (distanceTr <= radius)
      candidateTr += result
    End If
  End loop
  Return candidateTr
End
    
```

(그림 6) Algorithm of Filtering Step

Filtering Step 에서 선정된 후보 객체들을 Refining step 에서 각각의 궤적을 계획된 경로에 투영하고 제공된 구간 별 속도를 보정하여 각각의 객체의 미래의 시간을 추정하여 결과를 출력한다.

```

Algorithm: Refining step
Input: candidateTr
Output: objectID, Time
Begin
  Loop(all of candidateTr)
    projection(candidateTr)
    assumeTime(all of point projectionTr)
    If (resultTime > assumeTime)
      resultID += assumeID
      resultTime += assumeTime
    End If
  End loop
  Return resultID + resultTime
End
    
```

(그림 7) Algorithm of Refining Step

(그림 5)에서 점 P의 영역을 지나는 A와 B 객체를 필터 단계에서 후보로 선정한다. 그리고 A와 B 객체 각각의 미래 시간을 추정하여 결과값을 출력한다. 제안된 알고리즘은 버스 서비스, 택배 서비스, 물류 회사 등에서 좀 더 빠른 서비스를 제공할 수 있다.

6. 결론

우리는 이 논문에서 계획된 경로를 가진 이동 객체의 미래의 불확실한 시간의 추정 방법을 제시하였다. 계획된 경로를 가진 이동 객체의 위치는 계획된 경로와 정확히 일치하지는 않는다. 하지만 객체의 위치는 계획된 경로에 있을 확률이 가장 높으므로 우리는 불확실한 이동 객체의 궤적을 계획된 경로에 투영하였다. 투영 시 궤적 전체가 아닌 궤적의 양 끝점만을 투영하여 필요한 정보를 얻었다. 또한 미래의 위치를 추정하기 위하여 웹사이트에서 제공하는 구간별 속도 정보를 보정하여 미래 시간을 추정하였다. 제공된 구간별 속도 정보는 불특정 다수 객체의 정보이기 때문에 대상 객체의 평균 속도로 보정하였다. 끝으로 하나의 객체가 아닌 다수의 객체를 고려한 알고리즘을 제안하였다.

우리는 연구는 객체의 불확실한 위치 추정은 고려하지 않고 미래의 불확실한 시간 추정에만 초점을 맞추어 진행하였다. 앞으로의 연구는 계획된 경로를 가진 이동 객체의 미래의 시간 추정뿐만 아니라 불확실한 위치도 고려한 통합된 질의 처리의 연구가 필요하다. 또한 대상 객체의 속도 정보만으로 미래 시간의 추정하였으나, 도로 정보, 날씨, 이동 객체의 상태, 그 밖의 환경 정보들을 반영한 더 세밀한 추정이 필요하다.

참고문헌

- [1] A.P.Sistla, O.Wolfson, S. Chamberlain, and S.Dao. "Modeling and querying moving objects." In 13th Intl Conf. on Data Engineering (ICDE), 1997.
- [2] M.Vazirgiannis and O. Wolfson. "A spatiotemporal model and language for moving objects on road networks." In SSTD, 2001.
- [3] A.P.Sistla, O.Wolfson, S. Chamberlain, and Y.Yesha. "Updating and querying databases that track mobile units." Distributed and Paralled Databases, 7, 1999.
- [4] D.Kollios, D. Gunopulos. And V.J.Tsotras. "On indexing Mobile objects". In 18th ACM PODS Conference, 1999.
- [5] A.P.Sistla, O.Jensen. "Indexing of moving objects for location-based services." In Intl. Conf. on Data Engineering, ICDE, 2002.
- [6] Y. J. Jung, K. H. Ryu, "A Group Based Insert Manner for Storing Enormous Data Rapidly in Intelligent Transportation System." ICIC2005, pp.296-305, August, 2005.
- [7] D.Pfoser and C.jensen. "Capaturing the uncertainty of moving objects representation." In SSDB, 1999.
- [8] G.Trajcevski, O.Wolfson, F.Zhang, and S. Chamberlain. "The geometry of uncertainty in moving objects databases." In EDBT, 2002.

- [9] G.Trajcevski. "Probabilistic Range Queries in Moving Object Database with Uncertainty." In Association for Computing Machinery, 2003.
- [10] G.Trajcevski, O.Wolfson, K.Hinrichs, S.Chamberlain. "Managing uncertainty in moving objects databases." In ACM Transactions on Database Systems (TODS), 29(3), pp. 463-507, 2004.
- [11] Y.A.Ahn, K.H. Ryu. "Management of Uncertain Position Information of Moving Objects." In The Research Institute for Computer and Information Communication, Vol. 9, No1. 2001.
- [12] J.S. Oh, E.J. Lee, K.H. Ryu. "Vehicle Location Management System in Mobile Environment." In KIPS, Vol. 9-D. No. 6. 2002.