

이동객체 방향정보를 이용한 연속궤적최근접질의

조진연*, 이언배
방송통신대학교 정보과학과
e-mail: ranne@chol.com* lub@mail.knou.ac.kr

Continuous Trajectory Nearest Neighbor Query using the Direction Information of Moving Objects

Jin_Yeon Jo*, Eun-Bae Lee
Dept of Computer Science, Korea National Open University

요 약

최근접 질의 (NN: Nearest Neighbor Query)는 질의 요청자와 가장 가까운 곳에 위치한 대상 객체를 검색하기 위한 질의로서, 이 질의 방법을 실세계 이동 객체에 바로 적용하였을 경우, 실세계의 도로정보를 고려하지 않아 적절한 결과를 제공하지 못한다. 예를 들어, 사용자의 이동 방향과는 반대 방향에 위치한 객체가 질의 결과로 반환 될 경우, 사용자가 검색된 객체에 접근하기 위한 시간과 비용이 증가하는 문제가 발생한다. 또한 질의 객체와 대상 객체가 모두 이동할 경우에는 일정시점에서 질의한 결과는 조금만 시간이 지나면 유효하지 않게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 질의 객체와 데이터 객체가 모두 이동 객체인 경우에 적합하게 사용될 수 있도록 이동체의 궤적 정보를 방향정보 가중치로 환산한 근접 질의처리 방법을 제안한다.

1. 서론

위치기반서비스(Location Based System, LBS)는 이동중인 사용자에게 무선 통신을 통해 쉽고 빠르게 사용자의 위치와 관련된 다양한 정보를 제공하는 서비스로, 외부에서 이동중인 사람이나 차량 등을 효율적으로 관리하는데 이용된다. 이러한 LBS환경에서 시간의 흐름에 따라 객체가 이동하면서 위치 및 모양이 연속적으로 변하는 특징을 가지는 데이터를 이동객체(Moving Object)라 한다. 이동 객체 응용에서 자주 사용되는 질의 처리 기법 중 하나인 최근접(Nearest Neighbor, NN) 질의는 사용자의 선택 위치와 가장 가까운 곳에 존재하는 객체를 결과로 반환한다. 이동 객체들은 시간의 흐름에 따라 연속적으로 자신의 위치를 변경하며 움직이기 때문에 어떤 시점에서 계산된 결과는 이후 시간에서 다른 결과로 변경 될 수 있다. 대부분의 기존연구들은 단순히 이동 객체 질의 시점에서 객체간의 거리를 비교

하여 최근접 객체를 선택하거나, 샘플링 된 일정 간격 시간점 위에서 거리를 비교하여 결과를 반환한다. 최근의 이동 객체에 대한 최근접 질의 처리 연구에서 연속(Continuous) 또는 영속(Persistent)[1] 질의 개념을 도입하여 처리하고자 하는 연구들이 진행되었지만, 이들 연구는 궤적 정보를 전혀 고려하지 않았고, 또한 실세계의 도로정보를 고려하지 않아 적절한 결과를 제공하지 못한다.

이 논문에서는 객체간 궤적 정보를 비교하면서 연속적으로 질의와 가장 가까운 거리를 유지하며 움직이는 객체를 찾는 데, 이때 유클리디안 거리(Euclidean Distance)를 이용하여 질의 요청자의 이동 방향 정보가 질의 처리 과정에 반영될 수 있도록 확장한 방법을 제안한다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 서론에 이어 2장에서는 최근접 질의와 관련된 기존의 연구들을 살펴보고 3장에서는 이들의 문제점을 제시한다. 4장에서는

문제점을 해결한 제안된 방향 정보를 이용한 연속체 최적근접 질의 처리 방법을 소개하고, 마지막으로 5 장에서는 결론 및 향후 연구를 제시한다.

2. 관련연구

기존의 최근접 질의 논문에서는 정적 데이터에 대한 효율적인 질의 처리에 대해 많은 연구들이 제안되었다. R-tree를 사용한 최근접 탐색 알고리즘은 Roussopoulos[2]가 제안한 질의점에 대해 k개의 Nearest Neighbor를 찾는 Branch and Bound R-tree 탐색 알고리즘을 제안하였다. 이 알고리즘은 R-tree에서 질의 점이 주어졌을 때 질의 점과 최소 경계 사각형의 거리를 이용하여 최근접 질의를 처리하는 방법을 이용한다. 즉, 주어진 질의 점과 하나의 최소 경계 사각형 사이의 최소 거리를 MINDIST라고 정의하고, 노드를 방문할 때 MINDIST가 가장 작은 노드를 방문한다. 그러나 MINDIST는 질의 점에서 노드의 최소 경계 사각형과 가장 가까이 있어도 노드 안에 실제 객체와의 최소 근접성을 보장하지 못하고, 이 질의 기법은 정적인 객체에 대한 최근접 질의에 유용하므로 이 기법을 사용하여 시간에 따라 위치가 갱신되는 이동 객체 데이터베이스에 적용하는 것은 부적합하다.

이동 객체의 연속적인 최근접 질의 처리에 대한 연구로 CNN(Continuous Nearest Neighbor)[3] 질의가 있는데, 라인 세그먼트 위의 모든 점의 NN을 탐색한다. (“방송통신대 앞을 지나가는 택시 B가 시청으로 가고 있을 때, 가장 가까운 주유소를 찾아라”) 결과는 <point, interval> 튜플 집합을 포함하고, 이때 point는 대응되는 interval 안에 있는 모든 점들의 NN이된다. Continuous Nearest Neighbor Search에 대한 기존의 방법들은 단순 NN알고리즘의 반복적인 적용을 바탕으로 하고, 이는 심각한 오버헤드를 초래한다. CNN 질의는 이런 문제점을 해결하기 위해 전체 입력 세그먼트에 대해 단일 질의를 실행함으로써 이런 문제를 풀고자 하였다. 하지만, 이동 객체 수가 많을수록 큰 오버헤드를 초래할 수 있고 k-최근접 질의 처리만이 가능하다. CNN 질의의 오버헤드 문제와 이동 객체 질의의 부정확한 결과에 대한 문제를 풀기 위해 CTNN(Continuous Trajectory Nearest Neighbor)[4] 질의 기법이 제안되었다. 질의 객체와 대상 객체가 모두 이동 객체인 경우에 적합하게 사용되는, 객체 궤적에 대한 연속적인 질의 처리를 통해 정확한 결과를 얻을 수 있는

질의 기법이다. 이 처리 기법에서는 Approximate, Exact CTNN 기법을 제안하여, 오버헤드를 감소하고 보다 정확한 결과를 얻고자 제안된 기법이다. 이 기법에서는, 이동 객체의 궤적이 예측 가능한 제약 궤적[5]을 다루며, 실제 이동객체에 바로 적용하였을 경우 사용자에게 부적합한 결과를 제공해주는 단점이 있다. 이와 같이 정적인 객체의 최근접 질의를 다룬 Branch and Bound R-tree 탐색 알고리즘, 이동 객체의 연속적인 질의 기법인 CNN 탐색, 이동 객체의 궤적에 대한 질의 기법인 CTNN 질의 기법들에 대해 살펴보았다. 이들 연구 대부분은 정적인 객체를 대상으로 하며, 동적인 객체에 적용할 경우 도로 정보 및 현실의 제약사항을 고려하지 않아 사용자에게 많은 비용과 시간을 요구하므로 이동 객체의 속도와 방향 정보를 사용하여 이런 문제점들을 해결하려고 한다.

3. 문제정의

이 논문에서 다루고자 하는 주요 질의는, 질의로부터 가장 가까운 위치에서 움직이고 있는 객체를, 시간에 따라 연속적으로 이동하는 객체의 특징에 맞게 처리하고자 하는데 있다.

기존 방법에서는, 시작 시점에서 전체 데이터 객체들이 이점과의 거리 순서대로 정렬되고 그 중 가장 가까운 거리를 가지는 객체가 첫 시점과 마지막 시점 사이의 최근접 객체로 초기 설정된다. 맨 처음에 정렬되었던 순서에 따라 탐색 후보 키로 설정되면서, 그때마다 근접원에 포함되었는지를 판별하여, 포함된다면 최근접 객체라 결정하고 분할점 계산을 진행한다. 하지만, 데이터 객체가 시간의 흐름에 따라 움직이는 경우, 시작 시점에서 정렬되었던 객체들의 순서 정보는 부적합한 결과가 된다. 최근접 객체를 찾고, 분할점을 설정할 수 있었다 하더라도, 이 객체가 시간이 흐르면서 질의 궤적에서 멀어지는 위치로 움직이는지, 계속 가까운 위치에 머물러 있는지에 대한 판별이 어렵다. 그리고, 최근접 위치를 찾았을 지라도 질의 객체와 대상 객체의 위치를 단순히 가장 가까운 거리를 가지는 객체를 찾아서 반환해주는 문제점이 있다. 예를 들어, 자동차의 진행방향과 반대방향에 위치한 주유소나 길 건너편에 있는 택시 등 사용자의 이동 방향과는 반대 방향에 위치한 객체가 질의 결과로 반환될 경우, 사용자가 검색된 객체에 접근하기 위한 시간과 비용이 증가하는 문제가 발생한다. 이러한 문제점들을 해결하고, 실제 환경

에 적합한 최근접 질의 처리를 하기 위해서 이동 객체 상에서의 새로운 기법이 제시되어야 한다.

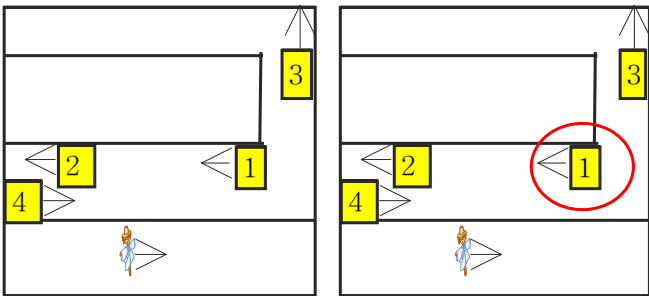
4. 방향정보를 고려한 최근접 질의 처리 기법

위의 문제점들을 바탕으로, 이 논문에서는 질의 객체와 대상 객체가 시간의 흐름에 따라 위치를 변경하는 이동객체인 경우, 속도와 방향 정보를 사용한 최근접 질의 처리기법을 제안한다.

다시 말하면, 질의 객체와 검색 대상 객체가 이동하는 경우, 이동 객체의 질의 경로에 따라, 이동 객체의 방향, 속도 정보를 사용하여 가장 가까운 위치의 객체를 연속적으로 찾는 것이다.

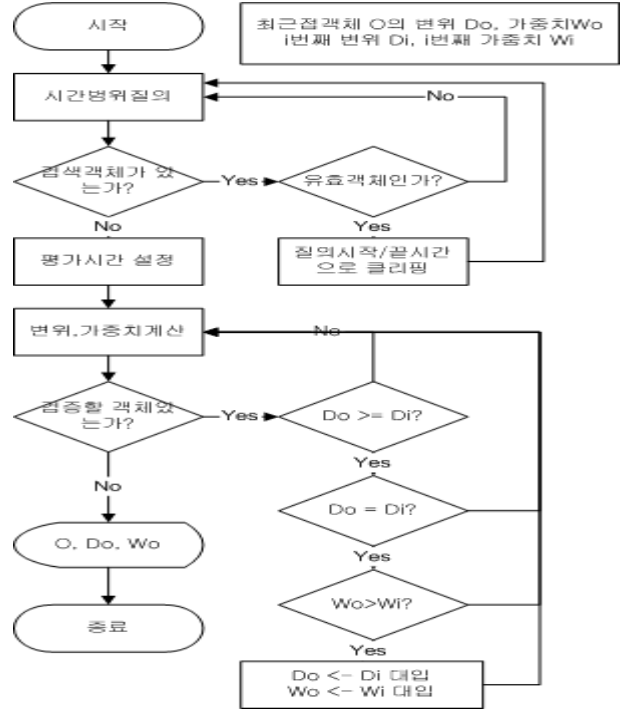
질의 객체와 대상 객체의 이동 경로에 대해 전체 궤적을 모르는 경우를 자유궤적[5]이라고 하는데, 이동 경로를 예측할 수 없는 객체인 ‘자유 궤적을 가진 객체’로 간주한다. 이동 객체의 최근접 질의의 예는 다음과 같다. 시내를 걷고 있던 A씨가 갑자기 급한 일이 생겨 택시를 타려고 한다. A씨는 가까운 곳에 있는 택시를 찾고자 한다. 모든 택시의 이동 경로 정보는 중계기를 통해서 미리 알 수 있다고 가정한다. 이때 사용자의 이동정보 중 방향정보가 동쪽이라고 가정하자. 중계기로부터 제공받은 택시들의 정보를 가지고 다음과 같은 응답을 얻을 수 있다. “택시 1은 서쪽으로 이동 중인 택시이고, 택시 2는 A씨와 가까이 있지만, 서쪽 방향으로 이동 중이고, 택시 3은 북쪽 방향으로 이동중이고 4는 A씨와 같은방향인 동쪽 방향으로 이동중이다.”

위 질의처리를 기존의 CTNN질의를 사용하면, 질의 객체와 대상 객체간의 위치정보와 거리와 방향정보를 고려하기 때문에 택시 1을 선택하게 된다(그림1) 그러나, 이는 도로사정을 고려하지 않은 질의 결과 택시가 유턴을 하거나 A씨가 길을 건너야 하는 불편함을 감수해야 한다.



(그림1) CTNN을 이용한 최근접 질의 (그림2)는 이동객체 방향정보를 이용한 연속 궤적 최근접 질의의 전체적인 흐름을 나타내었다. 이동

객체는 각 시간에서 <id, time, position(x,y)>에서 시간범위질의를 수행하고, 시간 필터링 단계를 거쳐 평가시간을 결정하고, 검색된 객체의 변위와 가중치에 따라서 최근접 객체의 우선순위를 정하여, 최근접 객체를 구하게 된다.



(그림2) 이동객체 방향정보를 이용한 연속궤적최근접질의처리

기존의 CTNN질의의 변위 계산시에 객체의 방향 성분을 가중치(Weight)로 환산하고, 구해진 가중치를 유클리디안 거리와 곱하여 줌으로써 최종적인 우선순위를 구하게 된다 (식1).

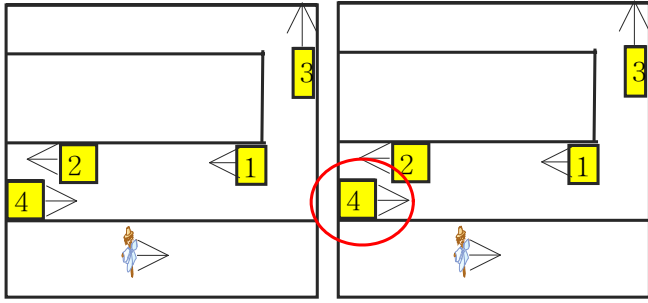
$$dist(q, p) = \sqrt{a^2 + b^2} \times Weight \quad (식 1)$$

<표1> 기호정의

기호	설명
W_{max}	가중치가 갖는 최대 값
W_{diff}	최대 가중치와 최소 가중치의 차
θ_{diff}	객체와 대상 객체 간의 각도 차

$$Weight = W_{max} - \frac{(180 - \theta_{diff})}{180} \times W_{diff} \quad (식 2)$$

이러한 가중치를 적용한 최근접 질의를 하게 되면 (그림3) 과 같은 결과를 얻을 수 있다.



(그림3) 가중치를 사용한 CTNN 최근접 질의
(그림4)는 질의와 대상 객체가 모두 이동 객체인 경우 적용 가능한 연속 최근접 질의 탐색 과정을 정리해서 보인다. 이 알고리즘에서 $Q[T_s, T_e]$ 는 질의 쿼리의 전체 시간 인터벌, $\{Q_i(x, y, t)\}_{T_s}^{T_e}$ 는 질의 쿼리를 구성하는 각 세그먼트의 좌표 값이다. SL은 두 추출시간 사이 $[ST_i, ST_{i+1}]$ 의 최근접 객체 정보쌍을 모아놓은 리스트이다. $S_i <(x_s, y_s, t_s), (x_e, y_e, t_e)>$ 는 세그먼트 i 의 시작 좌표와 끝 좌표를 나타낸다.

의이다. 기존 연구에서는 이동 객체의 공간 좌표를 비교하여 가장 가까운 객체를 찾는 것이 대부분이었다. 하지만, 동적으로 이동하는 질의 객체의 경우, 연속적인 위치 변화에 따른 질의 요청과 질의에 대한 응답을 받는 위치의 불일치가 발생하며 객체의 이동 방향에 따라 사용자의 원하는 정보가 달라지는 문제가 있다. 따라서 이 논문에서는 질의와 대상 객체가 모두 이동 객체인 경우에 가중치 함수를 사용한 최근접 질의 처리 기법을 제안하였다. 이동 객체의 질의와 대상 객체들의 속도, 방향 정보에 대해 가중치 함수를 사용하여 최근접 질의를 처리하였다. 제안된 최근접 질의 기법을 교통정보 시스템, 관광정보 시스템, 물류관리 시스템, 소방안전 시스템과 같은 응용 시스템에 적용할 예정이다. 그리고 앞으로 이동객체의 방향, 속도뿐만 아니라 가격, 서비스, 개인 선호도에 따라 가중치를 부여하는 방법들을 연구할 예정이다.

```
function findCTNN(List SL)
input: Q[Ts,Te],{Qi(x,y,t)}TsTe
output:List SL
method:
1.트리의 [Ts,Te]인터벌 안에서
   get Si<(xs,ys,ts),(xe,ye,te)>
2.질의 세그먼트 위쪽으로, 모든 세그먼트 대칭이동
3.추출시간 ST선택 (질의와 모든 객체에 대해)
   1)전체 Si(xs,ys,ts)와 Q(Te)의 t값
   2)세그먼트가 교차하는 지점의 t값
   SweepLine(x,t) -> return 교차점 집합 C의 좌표
   /* C를 가지는 세그먼트에 대해서만 */
   SweepLine(y,t) -> return 교차점의 시간 값
4.각 ST에서,질의와 객체간의 거리계산(가중치부여)
   2차원(x,y)상의 가중치 고려한 거리 계산
   -> return 최근접 좌표를 가지는 객체 id
   if 같은 좌표를 가지는 객체가 여러개라면, then
     -> return 가중치가 가장 낮은 객체 id
5. 리스트에 저장
List SL <- <NN,id,[STi, STi+1]>
```

(그림 4)연속 최근접 질의 탐색과정

참고문헌

[1] A. Prasad Sistla, Ouri Wolfson, Sam Chamberlain, Son Dao, "Modeling and Querying Moving Objects." ICDE 1997. pp422~432.
 [2] N. Roussopoulos, S. Kelley, F. Vincent, "Nearest Neighbor Queries", SIGMOD Conference. pp.71~79 1995
 [3] Y.Tao, D. Papadias, Q. Shen, "Continuous Nearest Neighbor Search", VLDB, pp.287~298, 2002
 [4] 지정희, 최보운, 김상호, 류근호 "이동객체의 쿼리에 대한 연속 최근접 질의 처리", 정보과학회논문지, 데이터베이스 제31권 제5호, pp492~594, 2004
 [5] J. Moreira, C.Ribeiro and J.M.Saglio, "Representation and Manipulation of Moving Points :An Extended Data Model for Location Estimation", Cartography and Geographic Information Systems(GaGIS), ACSM, Vol.26, No.2 April 1999
 [6] 이용재 정영진 최현미 류근호 이성호 "모바일 객체의 방향성을 고려한 최근접 질의 처리", 한국공간정보시스템학회 논문지, VOL.06, pp.59~71, 2004.06
 [7] 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.

4. 결론 및 향후 연구 과제

최근접 질의는 주어진 질의점에서 가장 가까운 객체를 찾는 질의로서, 공간 데이터베이스뿐만 아니라 이동객체 관리시스템에도 유용하게 사용되는 질