

# 이동객체 방향정보를 활용한 최근접 질의

최현미<sup>0</sup> 정영진 이웅재 류근호  
충북대학교 데이터베이스 연구실  
(hmchoi<sup>0</sup>, yjjeong, eungjae, khryu)@dbl-lab.cbu.ac.kr

## Nearest Neighbor Query using the Direction Information of the Moving Object

Hyon Mi Choi<sup>0</sup>, Young Jin Jung, Eung Jae Lee, Keun Ho Ryu  
Database Laboratory, Chungbuk National University

### 요 약

우리 주변의 실생활에서, 위급한 환자가 병원을 가려고 할 때 가장 가까이 있는 구급차를 부르거나, 차량에 대한 주유를 할 때 차량의 현재 위치와 가장 근접하게 위치한 주유소를 검색하는 등의 이동 객체에 대한 최근접(Nearest Neighbor) 질의가 빈번하게 발생되고 있다. 이와 같이 실생활에 응용되고 있는 기존 최근접 질의 처리 연구는 질의 객체와 대상 객체의 위치를 처리할 때 단순히 가장 가까운 거리를 가지는 객체를 찾아서 반환해 준다. 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. 따라서 이 논문에서는 실세계 환경에 적합한 최근접 질의 처리를 위해 이동 객체의 방향과 속도 값에 대한 가중치 함수를 사용하여 최근접 질의를 처리한다. 제안된 기법은 교통정보 시스템, 관광정보 시스템, 물류관리 시스템, 소방안전 시스템과 같은 응용 시스템에 적용할 수 있다.

### 1. 서 론

무선 및 유선 통신 기술의 급격한 발달로 인하여, GPS와 같은 위치 정보 수신기를 일반적으로 사용할 수 있게 되었다. 이로 인해, 현재의 위치 정보를 실시간으로 보다 정확하게 획득할 수 있게 되었고, 이러한 위치 정보를 이용하여 다양한 위치 정보 시스템을 개발할 수 있게 되었다.

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.

LBS 환경의 주요 응용 대상인 차량, 비행기, 선박, 휴대용 전화기 등은 모두 자유롭게 이동하면서 그 위치를 변경할 수 있는 특징이 있다. 이와 같이 시간의 흐름에 따라 객체가 이동하면서 위치 및 모양이 연속적으로 변하는 특징을 가지는 데이터를 이동객체(Moving Object)라 한다.[1]

이동 객체 응용에서 자주 사용되는 질의 처리 기법 중 하나인 최근접(Nearest Neighbor, NN) 질의는 사용자의 선택 위치와 가장 가까운 곳에 존재하는 객체를 결과로 반환하며, 다음과 같이 실세계의 다양한 요구를 처리하기 위한 질의 유형을 살펴본다. "운전 중인 A씨는 자신의 위치에서 가장 가까운 주유소를 검색한다(동적 질의-정적 대상 타입)". "급한 환자가 있는 한 가정에서 가까운 구급차를 부르려고 한다(정적 질의-동

적 대상 타입)". "청주 시내를 가고 싶은 B군이 자신의 위치와 가장 가까운 시내버스를 찾자고 한다(동적 질의-동적 대상 타입)". 정적 객체는 2차원 공간상의 고정된 공간 객체를, 동적 객체는 3차원 공간상의 이동 객체를 가리킨다.

이동 객체들은 시간의 흐름에 따라 연속적으로 자신의 위치를 변경하며 움직이기 때문에 어떤 한 시점에서 계산된 결과는 이후 시간에서 다른 결과로 변경 될 수 있다. 대부분의 기존 연구들은 단순히 이동 객체 질의 시점에서 객체간의 거리를 비교하여 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)[2] 질의 개념을 도입하여 처리하고자 하는 연구들이 진행되었지만, 실세계 이동 객체에 바로 적용하였을 경우, 실세계의 도로정보를 고려하지 않아 적절한 결과를 제공하지 못한다.

이 논문에서는 이동 객체의 방향, 속도 정보를 고려하여 실세계 환경에 적합한 최근접 질의를 처리하는 방법을 제안한다. 이 질의 처리 기법은 질의 처리 과정에서 이동 객체의 속도와 방향 정보가 반영 될 수 있도록 질의-대상 타입의 방향과 속도 정보를 가중치로 환산하여 질의 처리를 하는 기법이다.

이 논문의 전체적인 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 최근접 질의 기법들을 살펴 보면서 이들의 문제점을 알아보고, 3장에서는 실세계 환경에서의 최근접 질의 기법의 문제를 정의하고, 이러한 문제점을 바탕으로 속도, 방향을 고려한 최근접 질의 알고리즘을 설계하고, 마지막으로 4장에서 결론 및 향후 연구를 제시한다.

<sup>1</sup> 이 연구는 과학 기술부·한국과학재단 지정 청주대학교 정보통신 연구센터의 지원으로 수행되었음

2. 관련 연구

기존의 최근접 질의 논문에서는 정적 데이터에 대한 효율적인 질의 처리에 대해 많은 연구들이 제안되었다. R-tree를 사용한 최근접 탐색 알고리즘은 Roussopoulos[3]가 제안한 질의 점에 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)[4] 질의가 있는데, 라인 세그먼트 위의 모든 점의 NN을 탐색한다. ("충북대 앞을 지나가는 택시 B가 청주시내로 가고 있을 때, 가장 가까운 주유소를 찾아라") 결과는 <point, interval> 튜플 집합을 포함하고, 이 때 point는 대응되는 interval 안에 있는 모든 점들의 NN이 된다. 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)[5] 질의 기법이 제안되었다. 질의 객체와 대상 객체가 모두 이동 객체인 경우에 적합하게 사용되며, 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 제약궤적[6]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. 방향정보를 활용한 최근접 질의 처리 기법

3.1 문제 정의

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 이 점과의 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 후보키로 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 찾았을지라도 질의 객체와 대상 객체의 위치를 단순히 가장 가까운 거리를 가지는 객체를 찾아서 반환해 주는 문제점이 있다. 예를 들어, 사용자의 이동 방향과는 반대 방향에 위치한 객체가 질의 결과로 반환될 경우, 사용자가 검색된 객체에 접근하기 위한 시간과 비용이 증가하는 문제가 발생한다. 이러한 문제점들을 해결하고, 실세계 환경에 적합한 최근접 질의 처리를 하기 위해서 이동 객체 상에서의 새로운 기법이 제시되어야 한다.

3.2 최근접 질의 처리 기법 설계

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 이동 하는 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[6]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 가정하자. 이때 사용자의 이동 정보 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 이동중이다."

위 질의처리를 기존의 NN 질의를 사용하면, 질의 객체와 대상 객체간의 위치정보에 대해 가장 최소의 거리 값을 가지는 객체를 반환하게 된다. 그럼 1과 같이 가장 가까운 객체를 찾을 수 있다.

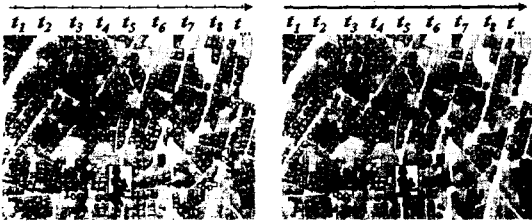


그림 1. 최근접 질의

가중치를 사용한 최근접 질의에서는, 이동 객체의 속도, 방향 정보에 대해 가중치를 부여하여 최근접 질의를 수행하게 된다. 이동 객체는 각 시간에서 <id, position(x, y), time, orient, speed> 형태로 저장된다. 이때, 질의 객체 위치에서 5분 이후의 위치에 대해 처리한다고 가정하고, 속도 정보는 항상 0 이상이라고 가정한다. 가중치 함수에 대한 수식은 다음과 같다.

$$\text{weight} = \text{position} + (\text{speed} \times \text{orient}) \quad (\text{식 1})$$

식1의 가중치 함수(weight)를 사용하여 각 택시에 대해 weight 정보를 부여하고 기존의 CNN 알고리즘[5]을 사용하여 최근접 질의를 처리하게 된다. 최근접 질의에 대한 결과는 그림 2와 같은 결과를 얻을 수 있다.

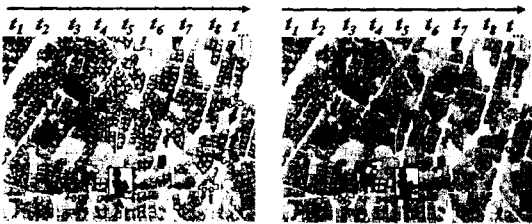


그림 2. 가중치를 사용한 최근접 질의

그림 3은 질의와 대상 객체가 모두 이동 객체인 경우 속도, 방향에 대한 가중치를 사용하여 최근접 질의를 처리하는 과정을 보인다.

알고리즘 1. 가중치를 사용한 최근접 알고리즘

```
function findNN(List WL)
input: 데이터객체 집합, 질의객체 위치정보
output: List WL // 가중치를 사용한 결과 리스트 WL
method:
단계 1. 특정 시간에서 방향, 속도 정보에 대한 가중치 부여
1.1 angle(weight) = (데이터객체 orient, 질의객체 orient)
// 0~360° 사이 방향 정보
result.angle(weight) = [360-angle]
1.2 result.speed(weight)
단계 2. 각 객체들간의 최근접 거리 계산
2.1 CNN 알고리즘을 이용하여 객체들간의 거리 계산
단계 3. 단계 1에서 구한 weight(angle, speed)와 단계 2의 거리 리스트를
가지고 최근접 질의 처리
3.1 WL = min((a*distant) + (b*result.angle(weight)) * (c*result.speed(weight)))
// a, b, c는 거리, 방향, 속도에 대한 상수
3.2 WL를 내림 차순으로 정렬 // 가장 최근접 처리 결과를 사용자에게 제공
```

알고리즘 1은 단계 1에서 질의 시간의 데이터 객체와 질의 객체 위치정보 정보를 가지고 속도, 방향에 대한 weight를 부여한다. 이때 각도를 0~360° 범위에서의 데이터 객체와 질의 객체가 같은 방향으로 이동하는지, 다른 방향으로 이동하는지

를 알아본다. 단계 2의 최근접 질의 계산은 기존의 CNN 알고리즘을 이용하여 데이터 객체와 질의 객체 간의 거리를 계산하고, 단계1, 2를 가지고 속도와 방향에 대한 가중치를 가지고 최근접 질의 결과 리스트를 얻게 된다.

4. 결론 및 향후 연구

최근접 질의는 주어진 질의 점에서 가장 가까운 객체를 찾는 질의로서, 공간 데이터베이스뿐만 아니라 이동객체 관리시스템에도 유용하게 사용되는 질의이다. 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 현재 우리는 이동객체의 방향, 속도뿐만 아니라 가격, 서비스, 개인 선호도에 따라 가중치를 부여하는 방법들을 연구하고 있다.

참고 문헌

- [1] R. H. Gutting, M. H. Bohlen, M. Erwig, C. S. Jensen, N. A. Lorentzos, M. Schneider and M. Vazirgiannis, "A Foundation for Representing and Querying Moving Objects", ACM Transactions on Database Systems, Vol.25, No.1, pp.1~42, 2000
- [2] A. P. Sistla, O. Wolfson, S. Chamberlain, S. Dao, "Modeling and Querying Moving Objects", ICDE, pp.422~432, 1997
- [3] N. Roussopoulos, S. Kelley, F. Vincent, "Nearest Neighbor Queries", SIGMOD Conference, pp.71~79, 1995
- [4] Y. Tao, D. Papadias, Q. Shen, "Continuous Nearest Neighbor Search", VLDB, pp.287~298, 2002
- [5] 최보윤, 지정희, 김상호, 류근호, "이동 객체 궤적에 대한 최근접 질의", 개방형 지리정보시스템 학회 추계 학술대회, pp. 169~174, 2003
- [6] 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(CaGIS), ACSM, Vol.26, No.2 April 1999