

# 도로 네트워크에서 이동 객체 질의 처리를 위한 인덱싱 프레임워크

장민희, 김상욱  
한양대학교 전자컴퓨터통신공학과  
e-mail: zzmini@hanyang.ac.kr

## Indexing Framework for Efficient Processing of Moving Object Queries in Road Networks

Min-Hee Jang, Sang-Wook Kim  
Department of Electronics and Computer Engineering  
Hanyang University

### 요 약

도로 네트워크 공간에서 이동 객체 데이터베이스에 들어올 수 있는 질의의 종류는 매우 다양하다. 따라서 이러한 이동 객체 질의들을 처리하기 위한 효과적인 인덱싱 구성 기법이 요구된다. 기존에 연구되었던 인덱싱들은 처리할 수 있는 질의의 종류가 매우 한정적이었다. 본 논문에서는 도로 네트워크 공간에서 사용될 수 있는 이동 객체 질의들을 정의하고 이를 처리하기 위한 인덱싱 프레임워크를 제안한다. 이러한 인덱싱 프레임워크를 기반으로 도로 네트워크 상의 다양한 이동 객체 질의들을 효과적으로 처리할 수 있다.

### 1. 서론

최근 들어, 이동 객체 데이터베이스를 활용하여 사용자에게 여러 가지 위치 기반 서비스를 제공하는 응용에 대한 관심이 증대되고 있다. 이에 따라 이동 객체 데이터베이스에 들어오는 사용자의 다양한 이동 객체 질의를 처리하기 위한 인덱싱의 중요성이 점차 커지고 있다.

기존 대부분의 인덱싱 연구들은 이동 객체가 움직이는 공간에 제약이 전혀 없는 유클리드 공간에서 다양한 이동 객체 질의를 처리하기 위한 연구가 주를 이루었다. 그러나 실제 환경에서는 자동차가 움직이는 도로 네트워크 공간과 같이 이동의 제약이 있는 경우가 대부분이기 때문에 과거의 많은 연구들을 실제 환경에 적용하기는 어렵다. 최근, 도로 네트워크에서 이동 객체 질의를 처리하기 위해 FNR-트리, MON-트리등의 여러 가지 인덱싱들이 연구되어 왔다[1][2]. 그러나 이 연구들은 처리할 수 있는 질의의 종류가 매우 한정적이기 때문에 많은 종류의 사용자 질의를 처리할 수 없다.

본 논문에서는 도로 네트워크 공간에서 사용될 수 있는 다양한 이동 객체 질의를 정의하고, 이를 처리하기 위한 효과적인 인덱싱 프레임워크를 제안한다. 제안하는 구조는 이동 객체의 궤적을 관리하는 저장 구조를 고안하여 기존의 도로 네트워크 기반의 연구에서 처리하지 못하던 궤적 기반 질의를 효과적으로 처리할 수 있다. 또한, 도로 네트워크 공간에 기반한 다양한 종류의 이동 객체 질의를 효과적으로 처리할 수 있기 때문에 실제 환경에 유용하게

적용될 수 있다.

### 2. 이동 객체 질의의 종류

본 장에서는 도로 네트워크 공간에서 사용될 수 있는 다양한 이동 객체 질의를 정의한다. 이동 객체 질의는 크게 좌표 기반 질의, 궤적 기반 질의, 복합 질의, 그리고 비공간 질의로 나눌 수 있다[3].

첫 번째로 좌표 기반 질의는 시공간 삼차원으로 이루어진 공간상에서 좌표 조건을 만족하는 이동 객체들을 검색하는 질의이다. 이 좌표 조건에 따라 점 질의와 영역 질의로 세분화된다. 점 질의는 시공간상에서 주어진 하나의 점과 관련된 이동 객체의 유무를 검색한다. 영역 질의는 특정 영역 내에 이동 객체의 유무를 검색한다.

두 번째로 궤적 기반 질의는 위상 질의와 항해 질의로 나눌 수 있다. 위상 질의는 이동 객체 궤적의 움직임을 추적하는 질의로서 시간에 따라 이동 객체가 어느 도로 세그먼트를 이동했는지 검색한다. 항해 질의는 이동 객체의 궤적 정보를 통하여 속도나 방향 등을 계산한다.

세 번째로 복합 질의는 영역 질의를 통하여 검색된 이동 객체를 대상으로 궤적 기반 질의를 수행하는 질의이다. 영역 질의를 수행하기 위하여 질의 영역이 주어 졌을 때, 질의 영역에 해당하는 이동 객체를 검색하고 검색된 이동 객체에 궤적 기반 질의를 수행하여 질의 영역 이후의 일정 시간 동안에 대하여 궤적의 움직임을 추적하는 질의이

다. 마지막으로 비공간 질의는 특정 이동 객체에 대한 움직임 및 과거 또는 현재 위치를 물어보는 질의이다.

### 3. 제안하는 구조

본 장에서는 2장에서 언급한 이동 객체 질의들을 효과적으로 처리하기 위한 인덱싱 프레임워크에 대하여 자세히 설명한다. 제안하는 구조는 크게 네 가지로 구성되어 있다. 첫번째로 도로 네트워크를 관리하는 R\*-트리[4], 두번째로 이동 객체의 궤적 정보를 저장하는 블록, 세번째로 도로 세그먼트와 궤적 정보 저장 블록을 연결하는 1차원 R\*-트리, 그리고 네번째로 이동 객체의 정보를 관리하는 B+-트리[5]로 이루어져 있다. 그림 1은 본 논문에서 제안하는 전체적인 인덱싱 프레임워크를 나타내고 있다.

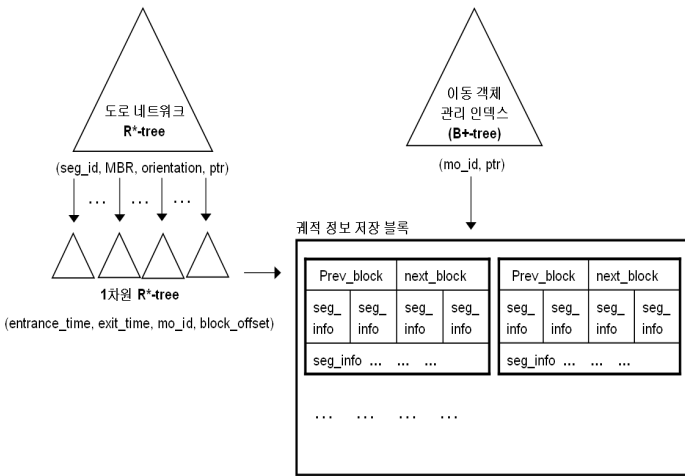


그림 1. 다양한 사용자 질의를 처리하기 위한 인덱싱 프레임워크

도로 네트워크를 관리하는 R\*-트리는 세그먼트 단위로 도로 네트워크를 관리한다. 이 인덱스의 단말 노드는 <seg\_id, MBR, orientation, ptr>로 구성되어 있다. 여기서, seg\_id는 도로 네트워크 세그먼트의 ID를 나타내고, MBR은 세그먼트를 포함하는 최소포함사각형(minimum bounding rectangle)의 좌표를 나타낸다. 또한, orientation은 세그먼트의 방향성을 나타내는 것으로 0 또는 1을 가진다. 마지막으로 ptr은 궤적 정보를 관리하는 1차원 R\*-트리를 가리키는 포인터이다.

이 1차원 R\*-트리는 도로 네트워크의 각 세그먼트마다 하나씩 존재한다. 이 인덱스는 이동 객체가 해당 세그먼트에 들어온 시간을 키로 가지는 인덱스로 <entrance\_time, exit\_time, mo\_id, block\_offset>으로 구성되어 있다. entrance\_time은 이동 객체가 해당 세그먼트에 들어온 시간을 의미하며 exit\_time은 이동 객체가 해당 세그먼트를 나간 시간을 의미한다. mo\_id는 그 시간에 해당 세그먼트에 존재한 이동 객체의 궤적 ID이다. block\_offset은 궤적 정보가 저장되어 있는 블록에서 해당 세그먼트의 위치를 찾기 위한 offset을 의미한다. 이 1차원 R\*-트리는 이 offset을 통하여 궤적 정보를 저장하는 블록에 접근한다.

이동 객체의 궤적 정보를 저장하는 블록은 다음과 같다. 하나의 궤적은 여러 블록으로 저장될 수 있다. 하나의 블록은 <prev\_block, next\_block, seg\_info>로 구성된다. 여기서 prev\_block은 하나의 이동 객체의 궤적이 여러 개의 블록으로 저장되었을 때 궤적의 이전 블록을 가리킨다.

마찬가지로 next\_block은 궤적이 저장되어 있는 다음 블록을 가리킨다. 마지막으로 seg\_info는 이동 객체의 궤적을 구성하는 세그먼트들의 정보를 나타낸다. 이 seg\_info는 <seg\_id, entrance\_time, exit\_time, speed, direction>으로 구성되어 있다. seg\_id는 도로 세그먼트의 ID를 나타내고, entrance\_time은 이동 객체가 해당 세그먼트에 들어온 시간, exit\_time은 이동 객체가 해당 세그먼트를 나간 시간을 의미한다. speed는 이동 객체의 해당 세그먼트에서의 속도를 나타내고, 마지막으로 direction은 이동 객체가 어느 방향으로 이동하였는지에 대한 정보를 나타낸다.

마지막 구조로 이동 객체의 정보를 관리하는 B+-트리의 단말 노드는 <mo\_id, ptr> 형태로 구성된다. mo\_id는 이동 객체의 ID를 의미하고, ptr은 해당 이동 객체의 궤적을 검색하기 위하여 해당 이동 객체의 궤적이 저장되어 있는 블록을 가리키는 포인터를 의미한다. 이 포인터를 통하여 궤적 저장 구조에 접근하여 비공간 질의들을 처리한다. 이와 같은 인덱싱 프레임워크를 적용함으로써 기존 기법으로 처리하지 못하던 다양한 사용자 질의를 효과적으로 처리할 수 있다.

### 4. 결론

본 논문에서는 도로 네트워크 공간에서 사용 가능한 다양한 이동 객체 질의를 정의하였으며 그 이동 객체 질의를 효과적으로 처리하기 위한 인덱싱 프레임워크를 제안하였다. 제안하는 구조는 기존에 처리하지 못하던 궤적 기반 질의를 효과적으로 처리할 수 있다. 이 외에도 제안하는 구조를 적용함으로써 도로 네트워크 공간에 기반한 다양한 종류의 이동 객체 질의를 처리할 수 있기 때문에 실제 환경에 유용하게 적용될 수 있다.

### 감사의 글

본 논문은 제주대학교를 통한 정보통신부 및 정보통신진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 지원을 받았습니 다. (IITA-2005-C1090-0502-0009)

### 참고문헌

- [1] E.Frentzos, "Indexing objects moving on fixed networks," In *Proc. of the 8th Intl. Symp. on Spatial and Temporal Databases(SSTD)*, pp. 289-305, 2003.
- [2] Victor Teixeira de Almeida, Ralf Hartmut Güting, "Indexing the Trajectories of Moving Objects in Networks," In *Proc. of the 16th Intl. on Statistical and Scientific Database Management (SSDBM)*, pp. 322-331, 2004.
- [3] D. Pfoser, C. Jensen, and Y. Theodoridis, "Novel Approaches in Query Processing for Moving Object Trajectories," In *Proc. Int'l. Conf. on Very Large Data Bases, VLDB*, pp. 395-406, 2000.
- [4] N. Beckmann et al., "The R\*-tree: An Efficient and Robust Access Method for Points and Rectangles," In *Proc. ACM Int'l. Conf. on Management of Data, ACM SIGMOD*, pp. 322-331, 1990.
- [5] D. Comer, "The Ubuquitous B-tree," *ACM Computing Surveys*, Vol. 11, pp. 121-137.