

# 도로 상에서 움직이는 객체를 위한 교차점 도로 모델 기반의 효율적인 색인방식+

윤호원\*, 서동민\*, 복경수\*\*, 유재수\*, 조기형\*

\*충북대학교 정보통신공학과

\*\*한국과학기술원 전산학과

e-mail : {hwoon, dmseo}@netdb.chungbuk.ac.kr

ksbok@dbserver.kaist.ac.kr

{yjs, khjoe}@cbucc.chungbuk.ac.kr

## An Efficient Indexing Method for Network Constrained Moving Objects Based on Intersection-oriented Network Model

Ho-Won Yoon\*, Dong-Min Seo\*, Kyoung-Soo Bok\*\*, Jae-Soo Yoo\*, Ki-Hyung Cho\*

\*Dept of Computer and Communication Engineering,

Chungbuk National University

\*\*Dept of Computer, Korea Advanced Institute of Science and Technology

### 요 약

본 논문에서는 위치기반 서비스에서 도로 네트워크 상을 움직이는 객체들의 현재 위치를 효율적으로 갱신하는 색인 기법을 제안한다. 효율적인 시공간 질의 처리를 위하여 도로를 적절하게 분할하여 색인하게 된다. 기존의 도로 분할 방식은 연결정보를 포함하지 않기 때문에 객체가 현재의 도로 영역을 벗어났을 때 색인구조를 처음부터 검색해야 하는 단점이 있다. 제안하는 기법은 도로를 분할할 때 교차점을 포함하도록 분할하여 연결 정보가 유지되도록 한다. 이로 인해 제안하는 알고리즘은 객체가 색인된 현재의 도로 영역을 벗어났을 때 연결 정보와 NN(Nearest Neighbor) 검색 기법을 이용하여 벗어난 도로를 바로 찾아갈 수 있으므로 향상된 갱신 성능을 보인다.

### 1. 서론

최근 무선 통신 기술과 전자 기기의 발전은 GPS와 같은 위치 인식 장치와 결합되어 모바일 사용자에게 위치기반 서비스(Location Based Service)를 제공 하고 있다. 위치기반 서비스의 기반이 되는 것은 계속적으로 이동하는 많은 사용자들의 현재 위치를 중앙의 서버에서 유지하고 관리하는 것이다. 서버는 관심이 되는 모든 객체들의 위치를 저장하고 있으며 공간 질의를 빠르게 처리하기 위해 별도로 공간 색인구조를 사용하여 각 객체를 검색한다. 각 객체들은 일정 시간 혹은 어떤 이벤트에 의하여 가

장 최신의 위치를 서버로 보내오게 된다. 서버는 이러한 수천 수만의 객체들이 보내오는 위치 정보를 받아 색인 구조에 색인된 각 객체의 위치 정보를 갱신한다. 이와 같이 많은 갱신을 처리해야 하는 특성으로 인하여 객체의 위치를 효율적으로 갱신하는 기법이 중요하게 되었다.

대상이 되는 객체나 응용에 따라서 객체의 움직임 을 두 가지로 나누고 있다. 배와 같이 객체의 움직임에 제약이 두지않는 비제약 움직임(Unconstrained movement)과 도로의 자동차와 같이 제약된 움직임(Constrained movement)이 있다. 전자는 유클리드 공간상에서 어느 방향으로든지 움직일 수 있는 객체 들을 대상으로 하며 이와 관련된 많은 색인 구조들 이 제안되었다. 그러나 실제계에서 많은 객체들은

+ 본 논문은 정보통신부 IT 기초기술 연구지원(정보통신 연구진흥원)과 2006년도 교육인적자원부 지방연구중심대학 사업의 연구 결과물입니다.

미리 정의된 네트워크를 따라서만 움직이고 있는데 최근 이러한 특성을 고려하여 성능을 향상시킨 색인 구조들이 제안되고 있다[2-7].

본 연구에서는 기존의 네트워크 상에서 움직이는 객체의 현재 위치를 색인하는 기법의 성능을 향상시킨 색인 구조를 제안한다. 기존 방법들에서 사용하는 네트워크 모델이 연결성(Connectivity) 정보를 포함하지 않기 때문에 발생하는 비용을 없애기 위하여 교차점 기반의 네트워크 모델을 제안하고 이에 기반한 색인 구조를 제안한다.

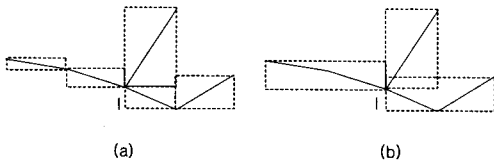
본 논문의 나머지 구성은 다음과 같다. 2장에서 관련 연구에 대하여 기술하고, 3장에서 본 논문에서 제안하는 기법에 대해 알아본다. 마지막으로 4장에서 결론을 내린다.

2. 관련연구

공간 상에서 움직이는 객체 색인은 공간질의를 처리하기 위하여 R-트리[1]와 같은 공간 색인구조를 사용한다. 유클리드 공간에서 객체의 움직임을 다루는 기존의 색인구조들은 객체 자신이 색인구조의 엔트리가 되지만 아래에 설명할 기법들은 적절하게 분할된 도로 부분들이 색인구조의 엔트리가 된다.

FNR-Tree 는 객체의 과거위치 색인을 위해 제안된 색인으로써 도로를 그림1의(a) 와 같이 line 단위로 나누고 각각의 line-segment 를 R-Tree에 색인한다.[2]

MON-Tree 역시 객체의 과거위치 색인을 위해 제안 되었으며 그림1의(b) 와 같이 line-segment 들을 연결한 poly-line 의 MBR(Minimum Bounding Rectangle)을 R-Tree에 색인하여 기존 line 단위로 도로를 분할하여 발생하는 많은 수의 엔트리에 따른 업데이트 비용을 줄였다.[3]



(그림 1) (a) line기반 도로 모델  
(b) Poly-line기반 도로 모델

IMORS 는 도로상에서 움직이는 객체의 현재 위치를 위한 색인 구조로써 마찬가지로 도로를 line-segment 또는 poly-line 단위로 나눈다.[4]

이 밖에 도로 네트워크 상에서 움직이는 객체들

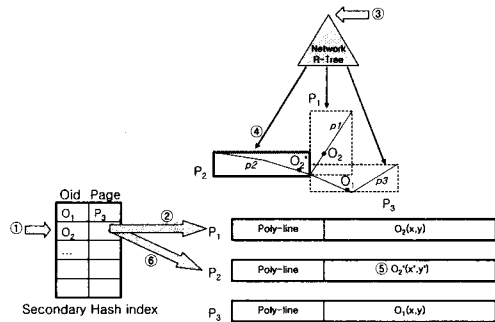
을 대상으로 하는 색인 구조로 [5-7]등이 있으며 모두 위와 같은 도로 모델을 사용한다.

도로를 line-segment 또는 poly-line 단위로 분할하는 것의 문제는 교차점 I는 항상 분할되기 때문에 도로의 연결성(Connectivity) 정보를 잃어버리게 되어 객체가 교차점과 연결된 하나의 line-segment (poly-line) 에서 교차점을 통하여 다른 line-segment(poly-line)로 이동했을 때 이동된 line-segment(poly-line)를 찾기 위한 별도의 비용으로 인해 성능을 저하 시킨다는 것이다.

3. 교차점 기반의 도로 색인 방식

본 절에서는 도로의 연결 정보를 잃지 않기 위해 도로의 교차점을 포함하도록 도로를 분할함으로써 기존 방식의 단점인 벗어난 도로를 찾기 위해 인덱스의 루트 노드에서부터 검색하는 비용을 줄인다.

그림 2는 기존 방식으로써 객체가 색인된 현재 도로 영역을 벗어났을 때 처리되는 과정을 나타내는 그림이다.



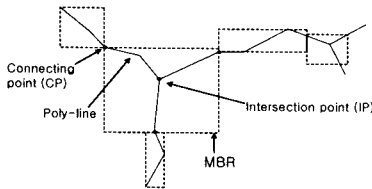
(그림 2) 기존 갱신 처리 방식

그림은 하나의 삼거리를 나타내고 있으며 poly-line  $p1, p2, p3$ 로 도로가 분할되어 각각의 MBR이 R-트리에 색인된 모습을 보여준다. 각 MBR은 내부의 도로 정보와 객체정보를 담고 있는 페이지를 가리키고 있으며 현재  $O_1$ 이  $p3$ 상에  $O_2$ 가  $p1$ 상에 있음을 나타낸다. 또한 보조 인덱스(Secondary Hash Index)는 특정 객체가 현재 어느 page 상에 있는가를 나타내는 일반적으로 사용되는 자료 구조로서 객체의 위치 정보가 갱신되었을 때 객체의 이전 위치를 색인구조의 루트부터 검색하지 않고 직접 찾아가기 위해 사용된다. 객체  $O_2$ 가  $p1$ 에서  $p2$ 상의  $O_2'$ 으로 이동되었다고 하자. 시스템은 보조 인덱스를 검색하여  $O_2$ 가 있던 이전 페이지  $P_1$ 에 접근한다(①,②).  $P_1$ 의 poly-line 정보를 통해서  $O_2$ 의 새로운 위치가 더 이

상  $PI$ 상에 있지 않음을 알게된다. 새로운 위치가 포함된  $P_2$ 를 찾기 위하여  $(x',y')$ 좌표로 R-트리의 루트에서부터 검색하여(③,④)  $P_2$ 를 찾고 객체를 삽입하게 된다(⑤). 마지막으로  $O_2$ 에 대한 다음 갱신 요청을 처리하기 위해 보조 인덱스의  $O_2$ 에 대한 페이지 정보를 갱신한다(⑥). 이러한 갱신 방식에서는 교차점에 이웃한 도로를 찾기 위하여 객체가 도로를 벗어날 때마다 ③,④ 번 과정의 검색이 필요하므로 성능을 저하 시킬 수 있다.

**3.1 제안하는 도로 모델**

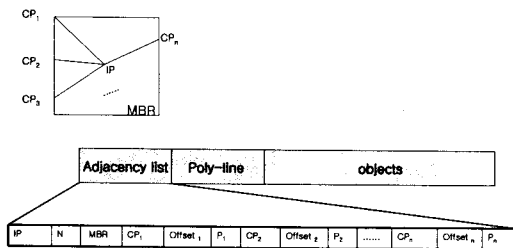
제안하는 도로 모델은 도로를 분할할 때 항상 교차점이 포함되도록 함으로써 연결정보(Connectivity)가 유지되도록 하는 것이다. 그림3 에서와 같이 교차점을 IP(Intersection Point)라 정의하고 MBR에 의해 잘린 도로의 각 점을 CP(Connecting Point)라 정의 한다.



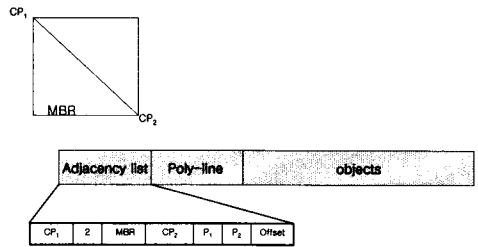
(그림 3) 교차점 기반 도로 모델

**3.2 노드구조**

제안하는 도로 모델에 따라 네트워크 R-트리의 단말 노드는 그림 4과 같이 교차점이 포함된 3개 이상의 CP를 가지는 도로를 나타내거나 그림 5와 같이 2개의 CP를 가지는 도로를 나타내게 된다.



(그림 4) CP가 3개 이상인 단말 노드 구조

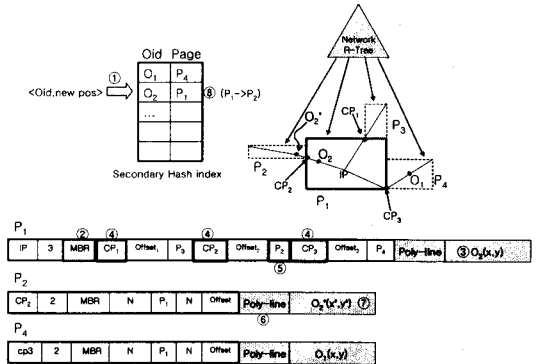


(그림 5) CP가 2개인 단말 노드 구조

두 경우 모두 단말 노드는 Adjacency list, Poly-line, objects 정보로 구성된다. 도로의 연결 정보를 나타내기 위해 Adjacency list 부분이 기존 방법과 다르게 부가적으로 추가되었다. 그림 4의 Adjacency list는 3거리 이상을 표현한 것으로, 교차점의 좌표를 나타내는 IP와 CP의 수를 나타내는 N으로 구성된다. MBR은 갱신 처리시에 현재 색인된 도로 영역을 벗어났는지 여부를 빠르게 판단하기 위해 추가 되었다. 그리고 N개의 CP에 대한 각각의 좌표, offset 그리고 Pointer 정보가 온다.  $offset_n$ 은 IP와 n번째 CP사이의 poly-line 정보를 가리키는 포인터로 Poly-line 정보의 한 지점을 가리킨다. Pointer  $P_n$ 은 n 번째 CP와 연결된 도로가 포함되어 있는 페이지를 가리킨다. 이 포인터를 통해서 해당 페이지로 직접 접근할 수 있다.

**3.3 삽입/갱신**

그림 6은 제안하는 색인 구조에서 각 객체의 갱신 요청이 처리되는 과정을 나타낸 것으로, 제안하는 도로 분할 방식에 의해 교차점을 포함하는 하나의 단말노드와 그렇지 않은 3개의 단말노드를 색인한 색인구조를 보여준다.



(그림 6) 제안하는 기법의 갱신 처리 방식

$P_1$ 은 교차점을 포함하는 단말노드에 대한 페이지로 객체  $O_2$ 의 위치정보, 3개의 CP( $CP_1$ ,  $CP_2$ ,  $CP_3$ )와 그에 대한 정보를 가진다.  $P_2$ ,  $P_4$ 는 각각  $CP_2$ 와  $CP_3$ 에 연결된 도로에 대한 정보를 가진다. 이와 같은 상황에서  $O_2$ 가 새로운 위치  $O_2'$ 으로 이동 되었을 때 처리되는 과정을 살펴보면, 우선 보조 인덱스를 통해  $P_1$ 에 접근한다(①). 그리고 객체의 새로운 위치가  $P_1$ 에서의 MBR 내에 포함되는지 검사한다(②). MBR 내에 포함되어 있다면 해당 객체의 위치 정보만 수정한다. 그러나 새로운 위치가 MBR 내에 포함되지 않으면  $O_2$ 를 삭제하고(③) 객체가 이동된 도로의 단말노드를 찾기 위하여 갱신된 객체의 위치와  $P_1$ 의 CP들 중에서 유클리드 거리 상으로 가장 가까운 CP를 찾는다(④).  $CP_2$ 가 가장 가까운 CP이므로  $P_2$ 에 접근한다(⑤). 실제로  $O_2$ 가  $P_2$ 가 나타내는 도로로 이동했는지를 poly-line 정보를 통해 검증하고(⑥) 검증에 성공하면 객체를 삽입하게 된다(⑦). 마지막으로 다음 업데이트 요청 처리를 위해  $O_2$ 에 대한 보조 인덱스 정보를 수정한다(⑧).

### 3.4 도로 분할 방법

[4]에서는 주어진 도로 네트워크에 대해서 단말노드 접근 비용을 최소로 하는 엔트리의 수  $n_{opt}$ 를 구하였고 전체 도로의 길이  $L$ 을  $n_{opt}$ 로 나누어 근사적인 최적의 도로 segment의 크기  $l_s$ 를 구하였다. 본 논문에서는 교차점을 포함하는 MBR의 크기를 결정함에 있어서 [4]에서의  $l_s$ 를 이용한다. 즉 교차점을 포함하는 MBR의 크기는 MBR내 도로 길이의 총합이  $l_s$ 가 되도록 교차점으로부터 길이 팽창을 한다. 교차점이 밀집된 지역은 교차점으로부터 각 방향으로 길이 팽창을 하였을때 길이  $l_s$ 를 채우지 못하고 다른 교차점에 도달하게 될 것이다. 이러한 경우를 방지하기 위하여 길이 팽창 시 교차점 사이 도로의 중심점 이상으로는 길이 팽창을 하지 않도록 한다.

### 3.5 제안하는 색인기법의 우수성

일반적으로 색인의 대상이 되는 객체는 그 수가 매우 많으며 계속적으로 이동하면서 끊임없이 최신의 위치를 보내온다. 이러한 상황에서 각 객체가 주어진 구간을 벗어날 때마다 전체 색인 구조를 검색하는 기존의 방식은 색인 구조의 전체적인 성능을 감소시킨다. 제안하는 색인 구조가 기존 기법에 비해 Adjacency list 정보가 추가되어 팬 아웃이 감소될 수 있으나 실제로 5거리 이상의 교차 도로는 드물기 때문에 팬 아웃의 감소는 그리 크지 않을 것이

며 이로 인해 얻는 이득은 매우 크다고 할 수 있다.

### 4. 결론

본 논문에서는 네트워크 상에서 움직이는 객체의 현재 위치를 효율적으로 갱신하기 위하여 교차점 기반의 도로 모델을 제안하고 이에 기반한 색인구조를 제안하였다. 제안하는 색인 구조는 객체가 현재의 도로 영역을 벗어났을 때 벗어난 도로를 바로 찾아갈 수 있도록 연결 정보와 Nearest Neighbor 검색을 통하여 갱신 성능을 향상 시킨다. 향후 연구 과제로는 제안한 기법에 대한 성능 평가를 실시하여 기존 기법에 비해 우수한 성능을 보임을 입증하고, 다양한 질의를 효율적으로 처리할 수 있는 기법을 제안하는 것이다.

### 참고문헌

- [1] A. Guttnam, "R-trees: a dynamic index structure for spatial searching", In Proc. ACM SIGMOD, pp. 47-57, 1984.
- [2] 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.
- [3] V. T. Almeida and R. H. Güting, "Indexing the trajectories of moving objects in networks", GeoInformatica, 9(1), 2005.
- [4] K. S. Kim, S. Kim, T. Kim, and K. Li, "Fast indexing and updating method for moving objects on road networks", In Proc. of 4th Intl. Conf. on Web Information Systems Engineering Workshops (WISEW), 2003.
- [5] C. S. Jensen and D. Pfoser, "Indexing of network constrained moving objects", In Proc. of the 11th Intl. Symp. on Advances in Geographic Information Systems (ACM-GIS), 2003.
- [6] D. Papadias, J. Zhang, N. Mamoulis, and Y. Tao, "Query processing in spacial network databases", In Proc. of 29th Intl. Conf. on Very Large Data Bases (VLDB), pp. 802-813, 2003.
- [7] Alminas \_CCivilis, Christian S. Jensen, and Stardas Pakalnis, "Techniques for Efficient Road-network-Based Tracking of Moving Objects", IEEE TRANSACTIONS ON KNOWLEDGE AND DATA ENGINEERING, pp. 699-712, 7(5), 2005.