

도로의 연결성을 이용한 제약적 이동 객체에 대한 색인 기법

Indexing Method for Constraint Moving Objects Using Road Connectivity

복경수*, 윤호원**, 서동민***, 노진석***, 조기형***, 유재수***
한국과학기술원 전산학과*, 탕크웨어**, 충북대학교 정보통신공학과***

Kyoung-Soo Bok(ksbok@dbserver.kaist.ac.kr)*, Ho-Won Yoon(ghdnjs@thinkware.co.kr)**,
Dong-Min Seo(dmseo@netdb.cbnu.ac.kr)***, Jin-Seok Rho(fredick@netdb.cbnu.ac.kr)***,
Ki-Hyung Cho(khjoe@cbucc.chungbuk.ac.kr)***, Jae-Soo Yoo(yjs@chungbuk.ac.kr)***

요약

본 논문에서는 도로망에서 이동하는 객체들의 현재 위치를 효율적으로 갱신하는 색인 기법을 제안한다. 기존의 도로망 모델은 이웃한 도로 세그먼트의 연결 정보를 포함하지 않기 때문에 객체가 이웃한 도로 세그먼트로 이동할 때 갱신 성능을 저하시킨다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 교차점 기반 도로망 모델과 새로운 색인 구조를 제안한다. 제안하는 교차점 기반 도로망 모델은 도로를 분할할 때 교차점을 포함하도록 분할하여 연결 정보가 유지되도록 한다. 성능 평가를 통해 제안하는 색인 기법이 기존 색인 구조에 비해 이동 객체의 갱신 성능이 3배 향상됨을 보인다.

■ 중심어 : | 도로망 | 이동 객체 | 색인 구조 | 교차점 기반 도로망 |

Abstract

In this paper, we propose an indexing method for efficiently updating current positions of moving objects on road networks. The existing road network models increase update costs when objects move to adjacent road segments because their connectivity is not preserved. We propose an intersection based network model and a new index structure to solve this problem. The proposed intersection based network model preserves network connectivity through splitting road networks to contain intersection nodes always. The proposed index structure

In our experiments, we show that our method is about 3 times faster than an existing index structure in terms of update costs.

■ keyword : | Road Network | Moving Object | Index Structure | Intersection based Network |

I. 서론

유비쿼터스 사회는 이동성을 전제로 하고 있으며 유비쿼터스 사회가 구체화되면서 이동 중인 사용자나 자

동차와 같은 이동 객체(Moving Object)를 활용하기 위한 많은 연구들이 진행되고 있다. 이동 중인 사용자의 위치를 수 m정도의 오차 범위에 추위할 수 있는 인식 기술의 발전으로 사용자 단말기의 위치를 인식하고 다

* 본 연구는 정보통신부의 IT기초기술연구지원사업(정보통신연구진흥원)과 한국과학재단 목적기초연구(특정기초연구 과제 번호 R01-2006-000-1080900) 지원에 의해 연구되었습니다.

양한 정보를 제공받을 수 있다. 이와 함께, 사용자의 위치에 변화에 따라 다양한 서비스를 제공하기 위한 위치 기반 서비스(LBS : Location Based Service), 텔레매틱스 서비스(Telematics Service), 지능형 교통 시스템(ITS : Intelligent Transport System) 등이 각광 받고 있다[1].

위치 기반 서비스는 휴대폰, PDA 등 다양한 단말기의 위치를 인식하고 사용자의 위치와 관련된 정보를 제공하는 서비스이다. 위치 기반 서비스를 효과적으로 제공하기 위해서는 객체의 이동 변화를 추적하는 것이 매우 중요하다. 위치 기반 기술의 발전과 함께 위치 기반 서비스의 대상이 되는 이동 객체를 효과적으로 저장, 관리하기 위한 이동 객체 데이터베이스(MOD : Moving Object Database)에 대한 연구들이 진행되고 있다[2].

대용량의 이동 객체에 대한 서비스를 제공하기 위해서는 시간의 변화에 따른 공간적인 위치를 효과적으로 색인하기 위한 연구가 필요하다[3]. 이동 객체에 대한 색인 기법은 과거에서 현재까지 객체의 이동 변화 즉, 궤적을 검색하기 위한 색인 기법과 현재 또는 미래 위치 검색을 위한 색인 기법으로 분류할 수 있다[4]. 예를 들어, HR-트리[5], TB-트리[6], PA-트리[7] 등은 이동 객체의 궤적을 검색하기 위해 제안된 구조이며 Q+R-트리[8], TPR-트리[9], LUGrid[10] 등은 현재 또는 미래 위치를 검색하기 위해 제안된 색인 구조이다. 그러나 이러한 색인 구조는 객체의 이동 변화에 어떠한 제약도 없는 비제약적 이동 객체(Unconstrained Moving Object)를 대상으로 한다.

텔레매틱스 서비스의 발전과 복합 단말기의 출현으로 도로망에서 이동하는 객체에 대한 관심이 집중되고 있다. 도로망에서 이동하는 객체들은 기존 유클리드 공간에서 사용되는 거리 함수를 이용하여 유사도를 판별할 수 없다. 이에 따라 도로망에서 이동하는 객체를 색인하기 위한 새로운 연구들이 진행되고 있다. 도로망에서 이동하는 객체들은 도로의 제약적인 특성에 의해 이동 범위가 결정되기 때문에 이를 이용하여 색인을 구성할 경우 갱신 비용 및 검색 성능을 향상시킬 수 있다 [11-13].

도로망에서 이동하는 객체의 궤적을 색인하기 위해 2차원의 R-트리와 1차원의 R-트리를 결합한 FNR-트리가 제안되었다[11]. 그러나 FNR-트리는 이동 객체를 삽입하거나 검색을 수행하기 위해 상위 2차원의 R-트리를 탐색하는 문제가 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 MON-트리가 제안되었다[14]. MON-트리의 상위 2DR-트리는 FNR-트리와 달리 도로망을 색인하기 위해 도로망을 구성하는 에지 또는 루트(route)가 될 수 있다. 도로망에서 이동하는 이동 객체의 갱신을 효과적으로 수행하면서 현재 위치 또는 미래 위치 검색을 위해 IMORS[15]와 PQR-트리[12]가 제안되었다.

도로망에서 이동하는 객체들을 색인하기 위한 기존 기법들은 객체들이 이동하는 도로망을 색인하기 위해 도로망을 라인(line) 또는 폴리라인(polyline)로 분할한 도로 세그먼트를 R-트리로 구성하고 R-트리의 단말 노드에서는 실제 객체들이 존재하는 영역을 연결하여 색인을 구성한다. 그러나 도로망을 색인한 R-트리는 분할된 도로 세그먼트의 연결 정보를 포함하지 않기 때문에 이웃한 도로 세그먼트를 검색에 존재하는 이동 객체를 검색하기 위해서는 추가적인 비용을 소요한다. 또한, 이동 객체의 갱신된 위치가 기존 도로 세그먼트에 존재하지 않을 경우 이웃한 도로 세그먼트를 검색하기 위해 많은 비용을 소요한다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위한 새로운 색인 구조를 제안한다. 제안하는 색인 구조는 도로망에서 이동하는 객체의 현재 위치를 검색하는 디스크 기반 색인 구조이다. 제안하는 색인 구조는 도로망의 연결성을 최대한 보장하기 위해 새로운 도로망 모델을 제안하고 제안된 도로망 모델에 따라 이동 객체의 위치를 색인한다. 또한, 제안하는 도로망 모델에 저장된 이동 객체의 위치를 빠르게 갱신하기 위한 기법을 제안한다.

본 논문의 나머지 구성은 다음과 같다. II장에서 관련 연구에 대하여 기술하고, III장에서 본 논문에서 제안하는 도로망 모델과 이를 기반으로 한 색인 구조에 대해 기술한다. IV장에서는 제안하는 색인 구조의 연산에 대해 기술한다. V장에서는 제안하는 색인 구조의 우수성을 입증하기 위해 성능 평가 결과를 기술하고, VI장에서 본 논문의 결론 및 향후 연구에 대해 기술한다.

II. 관련연구

최근 위치 기반 서비스의 확대와 더불어 텔레메틱스 기술의 발전으로 도로망에서 이동하는 객체에 대한 위치를 추적하여 이에 적합한 서비스를 제공하기 위한 연구들이 진행되고 있다. 유클리드 공간에서 이동 객체에 대한 궤적 색인은 객체의 갱신된 위치를 라인 세그먼트로 표현하여 저장한다. 그러나 도로망에서는 이동하는 객체들의 궤적은 도로 내에 존재하기 때문에 도로망의 특성을 이용할 경우 보다 효과적인 색인을 구성할 수 있다. 이에 따라, E. Frenzos는 도로망에서 이동하는 객체의 궤적을 색인하기 위해 2차원의 R-트리와 1차원의 R-트리를 결합한 FNR(Fixed Network R)-트리를 제안하였다[11]. FNR-트리는 도로 세그먼트로 구성되는 도로망을 2DR-트리로 구성하고 이동 객체들이 도로 세그먼트에 존재하는 시간에 따라 1DR-트리를 구성한다. FNR-트리의 상위에 존재하는 2DR-트리의 중간 노드는 기존 R-트리와 유사하지만 단말 노드는 도로의 지리적 특성을 표현하고 하위에 존재하는 1DR-트리를 접근하기 위한 구조로 변경되었다. FNR-트리의 하위에 존재하는 1DR-트리의 중간 노드는 자식 노드에 포함된 객체들의 이동 시간을 색인하여 표현하고 있다.

V.T. Almeida 등은 이동 객체를 삽입하거나 검색을 수행하기 위해 상위 2차원의 R-트리를 탐색하는 문제점을 해결하기 위해 FNR-트리를 제안하였다[14]. MON-트리는 FNR-트리와 유사하게 상위 2DR-트리에는 도로망을 색인하고 하위 1DR-트리에는 도로에서 이동하는 객체들을 색인한다. MON-트리의 상위 2DR-트리는 FNR-트리와 달리 도로망을 색인하기 위해 도로망을 구성하는 에지 또는 루트(route)가 될 수 있다. 루트는 폴리라인으로 표현된 에지들의 모임이다. MON-트리는 이동 객체의 궤적을 삽입할 때 상위 2DR-트리를 탐색하는 비용을 제거하기 위해 해쉬 테이블을 이용하여 이동 객체의 궤적을 삽입할 노드를 직접 접근할 수 있다.

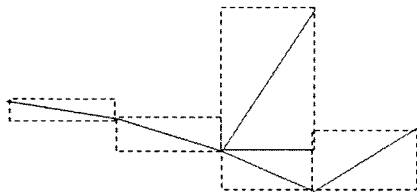
K. S. Kim 등은 도로망에서 이동하는 이동 객체의 갱신을 효과적으로 수행하면서 현재 위치를 색인하기 위

한 IMORS(Indexing Moving Objects on Road Sectors) 기법을 제안하였다[15]. IMORS는 이동 객체의 갱신과 독립적으로 유지될 수 있는 도로망을 표현하기 위한 2차원의 R-트리와 실제 이동 객체들을 저장하기 위한 *Road Sector Blocks*($B_{RoadSect}$)과 *Data blocks*(B_{data})로 구성된다. 도로망을 표현하는 2차원의 R-트리는 도로 섹터에 의해 구성되며 도로 섹터는 폴리라인으로 표현된 라인 세그먼트들을 나타낸다. 2차원의 R-트리의 단말 노드는 도로 섹터와 도로망에서 이동하는 실제 객체들을 저장한 *Road Sector Blocks*를 접근하기 위한 포인터를 저장한다. *Data blocks*에는 이동 객체에 대한 상세한 정보가 기록되어 있고 *Road Sector Blocks*에는 이동 객체의 위치만을 저장한다.

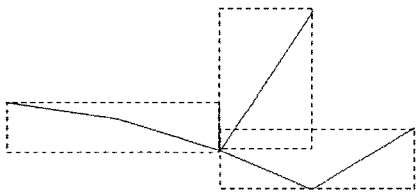
J. Guo 등은 도로망에서 이동하는 이동 객체의 현재 및 미래 위치를 색인하고 이동 객체의 위치 변화를 빠르게 갱신하기 위해 PMR 사분트리(quadtrees), 사분트리, R^* -트리를 결합한 PQR-트리를 제안하였다[12]. PQR-트리는 사분트리와 R^* -트리를 이용하여 QR-트리를 생성하고 도로망에서 빠른 이동 변화를 갖는 객체들은 도로 세그먼트를 분할한 도로 섹터 내에 저장한다. QR-트리는 전체 영역에 대한 계층적인 구조를 생성하기 위한 색인 구조로 기존 사분트리를 변형하여 $\langle Q_i, R_i \rangle$ 로 구성되어 있다. Q_i 는 전체 영역에 대해 PRM 사분트리의 분할 정책에 의해 분할된 영역을 나타내고 R_i 는 분할된 각 사분트리의 영역에 대해 특정 위치에서 건물 또는 사무실과 같은 특정 영역에서 이동하는 객체들을 포함하는 영역을 나타낸다. PQR-트리에서는 PMR 사분트리의 분할 영역을 이용하여 분할된 영역 내에 임계치 이상의 도로 세그먼트가 포함되어 있을 경우 사분 트리를 분할한다.

도로망에서 이동하는 객체의 위치를 색인하기 위한 기존 색인 구조들은 도로망을 도로 세그먼트라는 단위를 도로망을 분할하여 색인을 구성하고 도로 세그먼트 내에 존재하는 객체를 색인한다. [그림 1]에서 보는 것과 도로망 내에 존재하는 도로 세그먼트들은 라인 또는 폴리 라인으로 표현하고 이를 색인한다. 기존 연구들은 도로망을 라인 또는 폴리 라인 단위로 분할하여 색인하기 때문에 이웃한 도로 세그먼트들이 독립적으로 저장

된다. 이에 따라 이웃한 도로 세그먼트들 사이에 연결성을 보장할 수 없다. 이러한 상황에서 이동 객체가 특정 도로 세그먼트에서 다른 도로 세그먼트로 이동할 경우 연결된 도로 세그먼트를 저장하고 있는 단말 노드를 탐색해야 하기 때문에 많은 갱신 비용을 소요한다. 또한, 이웃한 도로 세그먼트들에 존재하는 이동 객체의 위치를 검색해야 할 경우 많은 질의 처리 비용(query processing cost)을 소요한다.



(a) 라인 기반 도로망 모델



(b) 폴리라인 기반 도로망 모델
그림 1. 기존 도로망 모델

III. 제안하는 도로망 모델 기반의 색인 구조

1. 기존 갱신 처리 방식

본 연구와 비교 대상이 되는 IMORS는 객체의 위치 정보를 저장하기 위해 객체의 식별자만을 *Road Sector Blocks*에 저장하고 실제 객체에 대한 위치 정보는 *Data Blocks*에 저장한다. 이동 객체의 위치 변화를 색인 구조에 반영하기 위해 IMORS는 객체의 식별자를 통해 객체의 실제 위치 정보가 저장되어 있는 *Data Blocks*에 접근하여 이동 객체의 새로운 위치를 갱신한다. *Data Blocks*에서 이동 객체의 위치를 갱신하면 *Data Blocks*에 존재하는 포인터를 이용하여 *Road Sector Blocks*에 접근한다. *Road Sector Blocks*에서

이동 객체의 새로운 위치가 기존 도로 세그먼트에 존재한다면 갱신이 완료된다. 그러나 이동 객체의 새로운 위치가 기존 도로 세그먼트를 벗어났을 때에는 *Road Sector Blocks*에 존재하는 객체의 식별자를 삭제하고 이동 객체의 새로운 위치를 저장할 도로 세그먼트를 검색한다. [그림 2]는 IMORS의 갱신 처리 과정을 나타낸 것이다.

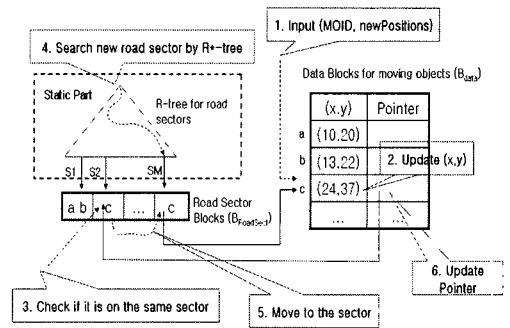


그림 2. IMORS 갱신 처리 과정

도로망을 색인하는 R-트리를 통해 이동 객체의 새로운 위치를 저장할 도로 세그먼트를 검색하면 *Road Sector Blocks*에 이동 객체의 식별자를 삽입하고 *Data Blocks*에 *Road Sector Blocks*를 연결하기 위한 양방향 포인터를 새로 설정한다. IMORS의 갱신 방식은 이동 객체가 기존에 저장된 도로 세그먼트를 벗어났을 때마다 색인 구조를 순회하면서 이동 객체의 새로운 위치를 저장하기 위한 도로 세그먼트를 검색한다. 또한, *Road Sector Blocks*와 *Data Blocks*에 이동 객체의 새로운 위치를 저장하기 위한 연산을 필요로 한다. 이러한 과정은 이동 객체의 새로운 위치가 도로 세그먼트를 벗어났을 때마다 처리되기 때문에 많은 연산 비용을 소요한다. 이러한 문제는 이동 객체의 새로운 위치가 기존 도로 세그먼트를 벗어날 때 이웃한 도로 세그먼트의 정보를 파악할 수 없기 때문에 발생한다. 본 논문에서는 위와 같은 문제를 해결하기 위해 새로운 도로망 모델을 제안하고 이를 색인하기 위한 기법을 제안한다.

2. 제안하는 도로망 모델

기존 도로망 모델은 부가적인 구조나 부가적인 연산

을 수행하지 않고 서로 이웃한 도로망의 연결성을 파악할 수 없다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 제안하는 도로망 모델은 이웃한 도로 세그먼트들의 교차점을 포함하여 구성한다. 즉, 이웃한 도로 세그먼트들이 교차하는 점을 기준으로 도로망을 분할하여 도로망을 구성하도록 한다. [그림 3]은 본 논문에서 제안하는 도로망 모델을 나타낸 것이다.

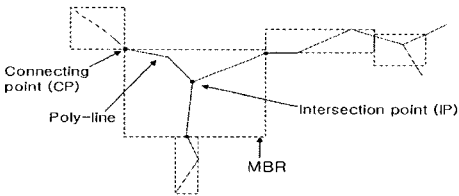


그림 3. 제안하는 교차점 기반 도로망 모델

제안하는 도로망 모델에서 도로망을 분할하는 기준으로 사용되는 교차점을 *IP(Intersection Point)*라 하고 *IP*를 기준으로 분할된 도로 세그먼트들이 연결되는 점을 *CP(Connecting Point)*라 정의한다. IMORS에서는 주어진 도로망에 대해서 노드 접근 비용을 최소화 하는 엔트리의 수 n_{opt} 를 구하였고 전체 도로의 길이 L 을 n_{opt} 로 나누어 근사적인 최적의 도로 세그먼트의 크기 ls 를 계산하였다. 본 논문에서는 교차점을 포함하는 도로 세그먼트의 크기를 결정하기 위해 IMORS에서의 ls 를 이용한다. 즉, 교차점을 포함하는 크기는 도로 세그먼트를 포함하는 *MBR(Minimum Bounding Rectangle)* 내에서 도로 길이의 총합이 ls 가 되도록 교차점으로부터 길이 확장을 한다. 교차점이 밀집된 지역은 교차점으로 부터 각 방향으로 길이 확장을 하였을 때 길이 ls 를 채우지 못하고 다른 교차점에 도달할 수 있다. 이러한 경우를 방지하기 위하여 길이 확장 시 교차점 사이 도로의 중심점 이상으로는 길이 확장을 하지 않는다.

3. 제안하는 색인 구조

제안하는 색인 구조는 도로망을 색인한 R-트리, 도로 세그먼트와 도로 세그먼트 내에 존재하는 이동 객체의 위치 정보를 저장하는 데이터 노드(data node), 그리고

갱신을 빠르게 처리하기 위한 해쉬 테이블(hash table)로 구성된다. [그림 4]는 제안하는 색인 구조를 나타낸 것이다. 제안하는 교차점 도로망 모델에 따라 분할된 도로 세그먼트들은 데이터 노드에 저장되고 데이터 노드에 저장된 도로 세그먼트를 접근하기 위해 R-트리를 구성한다. 기존 도로망을 색인하는 R-트리의 단말 노드는 실제 도로망을 분할한 도로 세그먼트의 정보를 저장하지만 제안하는 색인 구조에서는 실제 도로 세그먼트의 정보를 데이터 노드에 저장하기 때문에 단말 노드는 데이터 노드에 저장된 도로 세그먼트를 포함하는 *MBR* 영역과 데이터 노드를 접근하기 위한 포인터로 구성되어 있다. 이동 객체의 위치 변화에 따른 갱신을 빠르게 처리하기 위해 이동 객체의 위치를 저장한 데이터 노드를 접근하기 위한 해쉬 테이블이 존재한다.

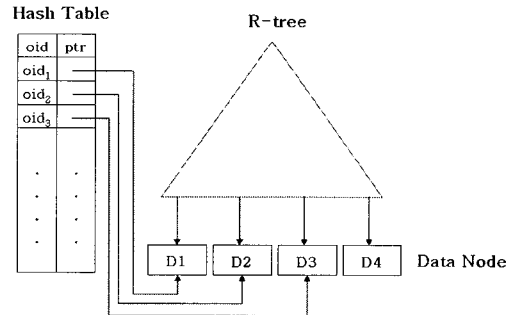


그림 4. 제안하는 색인 구조

제안하는 색인 구조의 데이터 노드는 교차점 기반 도로망 모델에 따라 분할된 실제 도로 세그먼트의 정보와 도로 세그먼트에 존재하는 이동 객체의 위치 정보를 저장한다. 이러한 데이터 노드는 *Adjacency list, Poly-line, objects*로 구성된다. 도로의 연결 정보를 나타내기 위해 *Adjacency list*는 기존 방법과 다르게 부가적으로 추가되었다. 단말 노드에 분할된 도로 세그먼트를 색인하기 위해 하나의 도로 세그먼트가 몇 개의 *CP*를 포함하는가에 따라 다른 구조를 갖는다. [그림 5]는 교차점이 3개 이상의 *CP*를 갖는 데이터 노드 구조를 나타낸 것이고 [그림 6]은 2개의 *CP*를 갖는 데이터 노드 구조를 나타낸 것이다. *Adjacency list*는 *IP*에서 교차점의 수가 세 개 이상일 때 표현하는 것으로 교차점

의 좌표를 나타내는 IP , CP 의 수를 나타내는 N , MBR , N 개의 CP 정보로 구성된다. MBR 은 갱신 과정에서 현재 위치한 도로 세그먼트 영역을 벗어났는지 여부를 빠르게 판단하기 위해 사용한다. N 개의 CP 정보에는 각각의 좌표 정보, $Offset_i$, 그리고 P_i 로 저장한다. $Offset_i$ 는 IP 와 i 번째 CP 사이의 폴리라인 정보를 가리키는 포인터로 폴리라인 정보의 한 지점을 가리킨다. P_i 는 i 번째 CP 와 연결된 도로 세그먼트가 포함되어 있는 데이터 노드를 접근하기 위한 포인터이다. 이 포인터를 통해서 해당 도로 세그먼트를 직접 접근할 수 있다.

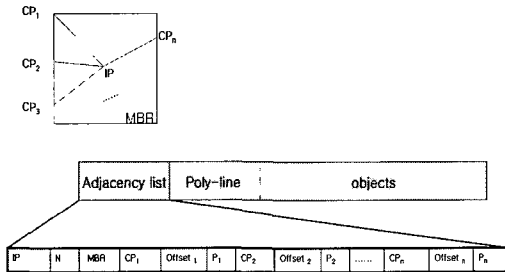


그림 5. CP의 개수가 3개 이상인 데이터 노드

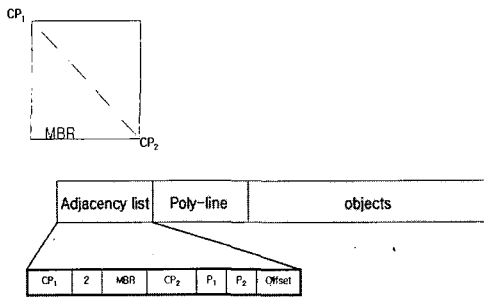


그림 6. CP의 개수가 2개인 데이터 노드

IV. 제안하는 색인 구조의 연산

1. 삽입

제안하는 색인 구조는 실제 위치 정보를 데이터 노드에 저장하고 이동 객체의 위치가 저장되어 있는 데이터 노드를 접근하기 위해 해쉬 테이블로 구성되어 있다. 새로운 이동 객체를 삽입하기 위해서는 먼저 도로망을

색인한 R-트리를 검색하여 이동 객체의 위치를 저장하기에 적합한 데이터 노드를 접근하고 실제 이동 객체의 위치 정보를 데이터 노드에 기록한다. 데이터 노드에 이동 객체의 위치를 저장하면 갱신 과정에서 이동 객체가 저장되어 있는 데이터 노드를 직접 접근하기 위해 해쉬 테이블에 이동 객체가 저장되어 있는 데이터 노드의 정보를 기록한다. 새로운 이동 객체의 삽입으로 데이터 노드에 오버플로우 발생할 때에는 오버플로우 노드를 생성하여 새로운 이동 객체 위치를 저장한다. 오버플로우 노드에 이동 객체의 위치를 저장하면 기존 데이터 노드와 연결을 수행한다.

2. 갱신

이동 객체의 위치 변화를 빠르게 색인 구조에 반영하기 위해 제안하는 도로망 모델에 따라 도로 세그먼트와 이웃한 도로 세그먼트의 정보를 데이터 노드에 저장하고 데이터 노드에 저장된 이동 객체의 이전 위치를 직접 접근하기 위한 해쉬 테이블이 구성된다. 이동 객체의 위치를 갱신하기 위해서는 먼저 해쉬 테이블을 통해 이동 객체의 이전 위치가 저장되어 있는 데이터 노드를 접근한다. 이동 객체의 새로운 위치가 기존 도로 세그먼트 내에 존재할 경우에는 데이터 노드에서 이전 위치를 현재 위치로 갱신한다. 그러나 이동 객체의 새로운 위치가 기존 도로 세그먼트 내에 존재하지 않을 때에는 기존 위치를 삭제하고 데이터 노드에 존재하는 도로망 연결 정보를 이용하여 이동 객체가 새로 저장될 도로 세그먼트를 검색한다. 이동 객체의 새로운 위치가 저장될 도로 세그먼트를 검색하면 이동 객체의 새로운 위치를 데이터 노드에 저장하고 해쉬 테이블에 이동 객체의 새로운 위치가 저장된 데이터 노드의 정보를 수정한다.

[그림 7]은 제안하는 색인 구조의 갱신 처리 과정을 나타낸 것이다. P_1 은 3개의 교차점을 포함하는 데이터 노드로 3개의 CP 정보(CP_1 , CP_2 , CP_3)와 데이터 노드에 저장된 이동 객체 O_2 의 정보를 저장하고 있다. P_2 와 P_3 은 CP_2 와 CP_3 에 연결된 도로에 대한 정보를 저장하는 데이터 노드이다. 이때, 이동 객체 O_2 의 새로운 위치 O_2' 을 갱신한다고 하자. 이동 객체 O_2 의 새로운 위치를 갱신하기 위해서 먼저 해쉬 테이블을 통해 P_1 에 접근한

다(①). 이동 객체의 새로운 위치 O_2' 이 P_1 의 MBR 내에 포함되는지를 판별한다(②). O_2' 이 MBR 내에 포함되어 있다면 이동 객체의 위치 정보만 변경한다. 그러나 O_2' 이 MBR 내에 포함되지 않으면 O_2 를 삭제하고(③) O_2' 이 새로 포함될 데이터 노드를 검색하기 위해 갱신된 이동 객체의 위치와 P_1 의 CP들 중에서 유클리드 거리로 가장 가까운 CP를 찾는다(④). CP_2 가 가장 가까운 CP 이므로 P_2 에 접근한다(⑤). 실제로 O_2' 이 P_2 가 나타내는 도로 세그먼트로 이동했는지를 poly-line 정보를 통해 검증하고(⑥) 검증에 성공하면 이동 객체의 위치를 삽입한다(⑦). 마지막으로 다음 갱신 요청 처리를 위해 O_2 에 대한 보조 인덱스 정보를 수정한다(⑧).

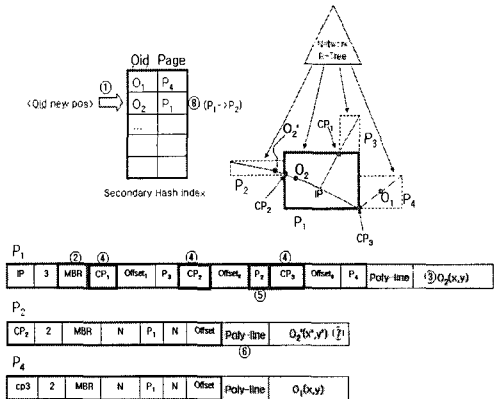


그림 7. 제안하는 갱신 과정

3. 범위 질의

제안하는 색인 구조의 범위 질의 처리(range query processing)는 우선 도로망을 색인한 R-트리에서 주어진 질의 범위와 겹침이 발생하는 단말 노드를 모두 검색한다. 실제 질의 범위 내에 존재하는 이동 객체를 접근하기 위해서 단말 노드에 존재하는 포인터를 이용하여 데이터 노드를 접근한다. 데이터 노드에서는 실제 도로 세그먼트의 정보를 이용하여 실제 질의 영역 내에 포함되는지를 판별한다. 만약 데이터 노드에 있는 도로 세그먼트가 질의 범위 내에 포함된다면 데이터 노드에서 질의 범위 내에 존재하는 이동 객체를 반환한다.

V. 성능 평가

1. 실험 환경

본 논문에서 제안한 색인 구조의 우수성을 입증하기 위해 도로망에서 이동 객체의 현재 위치를 색인하기 위해 기존에 제안된 IMORS와 성능 평가를 수행한다. 성능 평가는 Pentium 4 2.8Ghz, 512MB 메모리를 가지는 시스템에서 Java 언어를 이용하여 구현하였으며 운영 체제는 Microsoft Windows XP를 사용하였다. 성능 평가에 사용될 데이터는 Oldenburg 도시의 도로망과 Brinkhoff가 개발한 데이터 생성기를 이용하여 생성하였다[16]. 도로망에서 이동하는 실험에 사용된 Oldenburg 도시는 크기가 23854 X 30851 이며 6105개의 노드와 7035개의 에지로 구성되어 있다. 또한, 교차점 노드 개수는 2238개이다.

2. 실험 결과

이동 객체에 대한 갱신 성능과 검색 성능을 평가하기 위해 디스크 접근 수를 계산한다. 먼저 갱신 성능 평가를 위해 갱신되는 이동 객체의 수에 따른 성능 비교와 이동 객체의 이동 속도에 따른 성능 비교를 수행한다. [그림 8]과 [그림 9]는 제안하는 색인 구조와 IMORS와의 갱신 성능을 비교한 것이다. [그림 8]은 갱신되는 이동 객체의 수에 따른 갱신 성능을 나타낸 것으로 기존 IMORS는 갱신되는 이동 객체의 수가 증가될 경우 거의 선형적으로 갱신 비용이 증가되지만 제안하는 색인 구조는 해쉬 테이블과 새로운 도로망 모델의 특징에 따라 갱신 비용이 상대적으로 증가되지 않는다. [그림 9]는 이동 객체의 이동 속도에 따른 갱신을 나타낸 것이다. 이동 객체의 이동 속도에 따른 갱신 성능을 비교하기 위해 Brinkhoff가 개발한 데이터 생성기에 Max. Speed Div 값을 변경하면서 성능 평가를 수행한다. 이동 객체의 속도는 전체 데이터 공간의 x-축과 y-축의 길이의 합을 Max. Speed Div로 나누어 계산한다. 즉, Max. Speed Div가 증가할수록 이동 객체의 속도는 감소한다는 것을 의미한다. [그림 8]에서 보는 것과 같이 제안하는 색인 구조는 갱신되는 이동 객체의 수가 증가되어도 기존 IMORS에 비해 갱신 비용이 거의 증가되지 않는다.

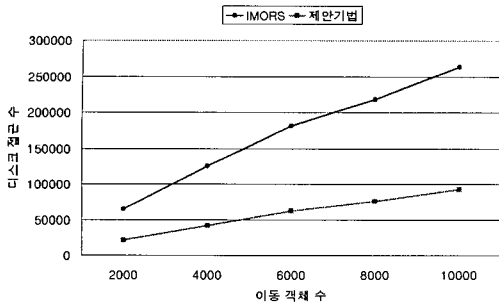


그림 8. 이동 객체 수에 따른 갱신 성능

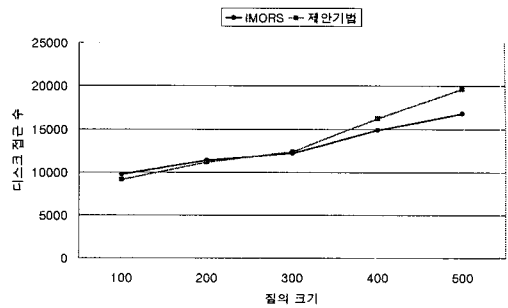


그림 10. 질의 크기에 따른 전체 디스크 접근 수

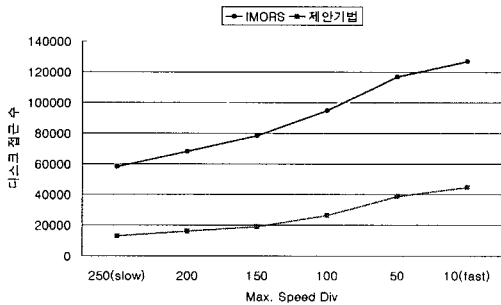


그림 9. 이동 객체의 이동 속도에 따른 갱신 성능

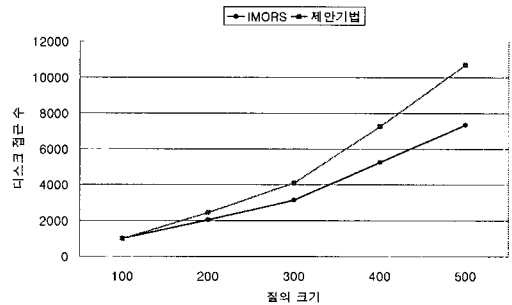


그림 11. 질의 크기에 따른 데이터 노드 접근 수

또한, [그림 9]에서 보는 것과 같이 이동 객체의 속도가 증가되어도 제안하는 색인 구조는 IMORS에 비해 갱신 비용이 거의 증가되지 않는다. 성능 평가 결과 제안하는 색인 구조는 IMORS에 비해 약 3배 정도의 갱신 성능이 향상되었다.

[그림 10]과 [그림 11]은 IMORS와 제안하는 색인 구조에 대한 질의 처리 성능을 비교한 것이다. [그림 10]은 질의 개수를 2000개의 범위 질의에 대해 질의 크기를 변경할 때 평균 디스크 접근 횟수를 나타낸 것이다.

[그림 10]에서 질의 크기가 250인 점을 기준으로 250보다 작을 때 제안하는 기법이 약간 좋은 성능을 보였고 250보다 큰 경우 제안하는 기법의 성능이 다소 저하됨을 보였다. 실험 평가 결과 제안하는 색인 구조는 기존 IMORS에 비해 질의 처리 성능은 유사한 성능을 나타내었다. [그림 11]은 [그림 10]의 성능 평가에서 R-트리를 접근한 횟수를 제외하고 실제 데이터 노드를 접근한 횟수만을 나타낸 것이다.

[그림 11]에서 보는 것과 같이 데이터 노드에 대한 접근

횟수만을 고려할 경우 제안하는 기법은 IMORS에 비해 질의 처리 비용이 증가되는 것을 알 수 있다.

VI. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 도로망에서 이동하는 이동 객체의 현재 위치를 효율적으로 갱신하기 위하여 교차점 기반의 도로 모델을 제안하고 이를 기반으로 새로운 색인구조를 제안하였다. 제안하는 색인 구조는 이동 객체의 위치가 저장되어 있는 데이터 노드를 해쉬 테이블을 통해 직접 접근하고 이동 객체의 새로운 위치가 도로 세그먼트를 벗어났을 경우 이웃한 도로 세그먼트를 빠르게 검색할 수 있다. 성능 평가 결과 기존 IMORS에 비해 질의 성능은 약간 저하되었지만 갱신 성능은 약 3배 정도 향상되었다. 향후 연구로 제안하는 도로망 모델을 기반으로 k-최근접 질의 처리를 효과적으로 수행하기 위한 연구를 수행할 예정이다.

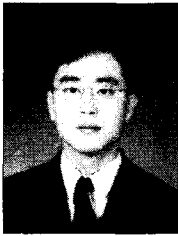
참고 문헌

- [1] D. L. Lee, J. Xu, B. Zheng, and W. C. Lee, "Data Management in Location-Dependent Information Services," *IEEE Pervasive Computing*, Vol.1, No.3, pp.65-72, 2002.
- [2] O. Wolfson, B. Xu, S. Chamberlain, and L. Jiang, "Moving Objects Databases : Issues and Solutions," *Proc. International Conference on Scientific and Statistical Database Management*, pp.111-122, 1998.
- [3] B. C. Ooi, K. L. Tan, and C. Yu, "Frequent Update and Efficient Retrieval: an Oxymoron on Moving Object Indexes?," *Proc. International Conference on Web Information Systems Engineering Workshops*, pp.3-12, 2002.
- [4] M. F. Mokbel, T. M. Ghanem, and W. G. Aref, "Spatio-Temporal Access Methods," *Bulletin of the IEEE Computer Society Technical Committee on Data Engineering*, Vol.26, No.2, pp.40-49, 2003.
- [5] M. A. Nascimento and J. R. O. Silva, "Towards Historical R-trees," *Proc. ACM Symposium on Applied Computing*, pp.235-240, 1998.
- [6] D. Pfoser, C. S. Jensen, and Y. Tehodoridis, "Novel Approaches to the Indexing of Moving Object Trajectories," *Proc. International Conference on Very Large Data Bases*. pp.395-406, 2000.
- [7] J. Ni and C. V. Ravishankar, "PA-Tree: A Parametric Indexing Scheme for Spatio-temporal Trajectories," *Proc. International Symposium on Spatial and Temporal Databases*, pp.254-272, 2005.
- [8] Y. Xia and S. Prabhakar, "Q+Rtree : Efficient Indexing for Moving Object Database," *Proc. International Conference on Database Systems for Advanced Applications*, pp.175-182, 2003.
- [9] S. Saltenis, C. S. Jensen, S. T. Leutenegger, and M. A. Lopez, "Indexing the Positions of Continuously Moving Objects," *Proc. ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*, pp.331-342, 2000.
- [10] X. Xiong, M. F. Mokbel, and W. G. Aref, "LUGrid: Update-tolerant Grid-based Indexing for Moving Objects," *Proc. IEEE International Conference of Mobile Data Management*, p.13, 2006.
- [11] E. Frenzos, "Indexing Objects Moving on Fixed Networks," *Proc. International Symposium on Spatial and Temporal Databases*, pp.289-305, 2003.
- [12] J. Guo, W. Guo, and D. Zhou, "Indexing of Constrained Moving Objects for Current and Near Future Positions in GIS," *Proc. International Multi-Symposium of Computer and Computational Sciences*, Vol.2, pp.504-509, 2006.
- [13] D. Pfoser and C. S. Jensen, "Indexing of Network Constrained Moving Objects," *Proc. ACM International Symposium on Advances in Geographic Information Systems*, pp.25-32, 2003.
- [14] V. T. Almeida and R. H. Guting, "Indexing the Trajectories of Moving Objects in Networks," *GeoInformatica*, Vol.9, No.1, pp.33-60, 2005.
- [15] K. S. Kim, S. W. Kim, T. W. Kim, and K. J. Li, "Fast Indexing and Updating Method for Moving Objects on Road Networks," *Proc. International Conference on Web Information Systems Engineering Workshops*, pp.34-42, 2003.
- [16] T. Brinkhoff, "A Framework for Generating Network-Based Moving Objects," *GeoInformatica*, Vol.6, No.2, pp.153-180, 2002.

저자 소개

북 경 수(Kyoung-Soo Bok)

정회원

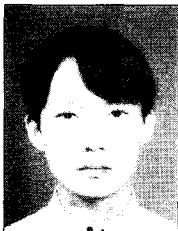


- 1998년 2월 : 충북대학교 수학과 (이학사)
- 2000년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학석사)
- 2005년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학박사)

• 2005년 3월 ~ 현재 : 한국과학기술원 연수연구원
 <관심분야> : 데이터베이스 시스템, 위치기반 서비스, 자료 저장 시스템, 멀티미디어 검색, 다차원 색인 구조, RFID

윤 호 원(Ho-Won Yoon)

정회원



- 2005년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학사)
- 2007년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학석사)
- 2007년 3월 ~ 현재 : 톱크웨어 연구원

<관심분야> : 데이터베이스 시스템, 위치기반 서비스, 센서 네트워크, 이동 객체 데이터베이스

서 동 민(Dong-Min Seo)

정회원

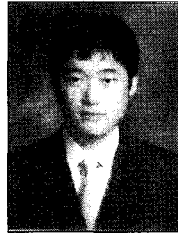


- 2002년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학사)
- 2004년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학석사)
- 2004년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 정보통신공학과 박사과정

<관심분야> : 데이터베이스시스템, XML, 이동 객체 데이터베이스, 시공간 색인 구조

노 진 석(Jin-Seok Rho)

정회원



- 2005년 8월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학사)
 - 2005년 9월 ~ 현재 : 충북대학교 정보통신공학과(석사과정)
- <관심분야> : 데이터베이스 시스템, 위치기반 서비스, 센서 네트워크, RFID

조 기 형(Ki-Hyung Cho)

정회원



- 1966년 2월 : 인하대학교 전기공학과(공학사)
- 1984년 2월 : 청주대학교 산업공학과(공학석사)
- 1992년 2월 : 경희대학교 전자공학과(공학박사)

• 1981년 3월 ~ 1988년 2월 : 충주대학교 조교수
 • 1988년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부 교수
 <관심분야> : 데이터베이스 시스템, 화상처리 및 통신, 위치기반 서비스, 분산 객체 시스템, 자료 저장 시스템

유 재 수(Jae-Soo Yoo)

종신회원



- 1989년 2월 : 전북대학교 컴퓨터공학과(공학사)
- 1991년 2월 : 한국과학기술원 전산과(공학석사)
- 1995년 2월 : 한국과학기술원 전산과(공학박사)

• 1995년 3월 ~ 1996년 8월 : 목포대학교 전산통계학과 전임강사
 • 1996년 9월 ~ 현재 : 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부 교수
 <관심분야> : 데이터베이스 시스템, 정보 검색, 위치기반 서비스, 센서 네트워크, 분산 객체 시스템, 자료 저장 시스템