

# 이동 객체의 궤적 처리를 위한 색인 구조 및 궤적 데이터 생성 알고리즘

채철주<sup>1</sup>, 김용기<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>한국농수산대학 교양공통과 교수, <sup>2</sup>전주비전대학교 IT융합시스템과 교수

## Index Structure and Trajectory Data Generation Algorithm to Process the Trajectory of Moving Object

Cheol-Joo Chae<sup>1</sup>, Yong-Ki Kim<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Prof. Dept. of General Education, Korea National College of Agriculture and Fisheries

<sup>2</sup>Prof. Dept. of IT Convergence System Engineering, VISION College of JeonJu

요 약 최근 다양한 LBS(location-based service) 서비스를 지원하기 위해 실제 공간 네트워크를 고려한 연구가 활발하게 진행 중이다. 이를 위해, 도로 네트워크에서 데이터 처리를 위한 실험 데이터가 다수 존재한다. 그러나 이러한 이동 객체의 궤적을 처리하기 위한 데이터는 이용하기에 적합하지 않다. 따라서 본 논문에서는 도로 네트워크 환경에서 궤적 데이터를 처리할 수 있는 색인 구조와 궤적 데이터 생성 알고리즘을 제안한다. 또한, 제안하는 구조와 알고리즘의 우수성을 입증하기 위해, 샌프란시스코 맵으로부터 만들어진 데이터를 이용하여 제안하는 알고리즘을 통해 예지 기반의 궤적 데이터를 생성됨을 보인다.

주제어 : 이동객체, 위치 기반 서비스, 도로 네트워크, 색인 구조, 궤적 데이터 생성 알고리즘

**Abstract** Recently, to support location-based services, there have been many researches which consider the spatial network. For this, there are many experimental data for data processing on the road network. However, the data to process the trajectory of moving objects are not suitable. Therefore, we propose index structure to process the trajectory data on the road network and the trajectory data generation algorithm. In addition, to prove efficiency of our index structure and algorithm, we show that edge-based trajectory data are generated through the proposed algorithm using the map data of San Francisco Bay.

**Key Words** : Moving object, Location based service, road network, index structure, trajectory data generation algorithm

## 1. 서론

### 1.1 서론

이동 통신 및 무선 단말기의 보급이 보편화 되면서 다양한 형태의 연구 및 시제품이 개발되었으며, 현재 무선

단말기는 현대인에게 없어서는 안 될 필수품이 되었다. 이에 따라 위치 기반 서비스에 대한 관심이 증대되어 다양한 응용에 쓰이고 있다[1-4]. 위치기반 서비스는 이동 객체의 위치정보를 이용자의 다른 정보와 함께 결합하여 실시간으로 사용자가 필요로 하는 응용서비스를 제공하

\*This work has supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIT)(No.2018R1C1B6005863).

\*Corresponding Author : Yong-Ki Kim(kimyk@jvision.ac.kr)

Received January 16, 2019

Accepted April 20, 2019

Revised March 26, 2019

Published April 29, 2019

Table 1. Mobile phone ownership over time

Type	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Cell phone	89.2	91.2	91.8	92.4	93.2	94.0	95.0	95.8
Smart phone with 3G	21.6	38.7	32.0	21.8	10.6	5.3	3.7	2.6
Smart phone with LTE	-	10.5	34.2	40.9	44.7	37.0	35.0	31.1
Smart phone with LET-A	-	-	-	10.7	22.4	39.2	46.0	53.4

는 것으로 정의된다. 표 1과 같이, 국내의 경우 2018년을 기준으로 휴대폰 및 스마트폰은 각각 95.8%, 87.2%의 보유율을 기록하고 있다[5]. 휴대폰 보유율은 매년 1%가량 증가하고 있으며, 다양하고 빠른 통신 기술이 개발됨에 따라 스마트폰의 경우에는 빠르게 증가되고 있다. 일반적으로 위치 기반 서비스를 제공하기 위해서는 효율적으로 위치 정보를 다루어야 한다. 위치 정보는 점으로 표현되기 때문에 실제 응용에서는 서비스가 이루어지는 환경에 따라 다르게 표현 또는 처리할 수 있다. 예를 들면, 일반 상점에서 가까운 이용자에게 무료 쿠폰을 주는 서비스를 제공한다고 하자. 그렇다면 이용자는 상점의 위치를 질의 지점으로 하여 실제 가까운 거리의 사용자를 찾고자 할 것이다. 이 경우, 이상적인 거리(Euclidean distance)가 가까운 이동 객체를 찾게 된다. 반면, 이동객체가 이미 정해진 공간 네트워크 상에서만 이동이 가능하다고 한다면, 이상적인 공간을 가정한 탐색 방법과는 전혀 다르게 탐색할 필요가 있다. 예를 들면, 이상적인 공간인 Euclidean 공간에서의 가장 가까운 지점이 공간 네트워크 거리상에서는 가장 가까운 지점이 되지 못하는 경우가 빈번히 발생한다. Fig. 1은 이러한 예를 나타내고 있다. 질의 지점으로부터 이상적인 거리가 가까운 지점 P1의 경우 45m 거리이다. 그러나 실제 네트워크 상에서의 지점 P2는 이상적인 거리는 지점 P1보다 먼 60m 거리에 있으나 네트워크 거리는 가깝다. 이와 같이, 응용 서비스의 종류 또는 환경에 따라 위치 기반의 서비스를 다르게 표현 또는 처리해야 한다. 따라서, 자동차, 버스 등의 이동 객체는 도로 네트워크 상에서의 이동 객체는 제한된 도로를 따라 움직이기 때문에, 일반적인 이동 객체를 처리하는 방법은 효율적으로 처리하기 위한 방법으로 적합하지 않다. 또한, 시간이 지남에 따라 움직이는 특성을 지니고 있기 때문에, 이동 객체를 효율적으로 처리하기 위해 대용량의 데이터를 효율적으로 처리해야 하는 색인 구조가 필요하다.

이에 따라, 위치 기반 서비스를 이용하는 다양한 응용 서비스를 지원하기 위한 공간 네트워크 환경에서의 데이

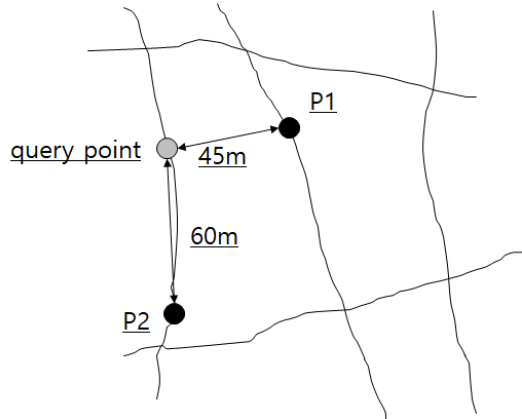


Fig. 1. Example of location based service on road network

터베이스 연구는 일반 공간 데이터베이스의 연구와 마찬가지로 3가지 주제로 요약된다. 이는 데이터 모델에 관한 연구, 질의처리 알고리즘에 관한 연구, 마지막으로 이동 객체 및 네트워크 정보를 저장할 수 있는 저장 구조에 관한 연구이다.

이러한 연구를 수행하기 위해, 도로 네트워크 상에서의 데이터 처리를 위한 데이터가 필요하다. 이를 위해, 다양한 공간 네트워크 상에서의 데이터가 다수 존재한다. 이러한 공간 네트워크 상에서의 데이터는 이동 객체의 위치를 기반으로 데이터가 생성되었다. 위치 기반으로 저장되는 데이터는 다양한 위치 기반 서비스를 제공할 수 있으나, 이동 객체의 움직임을 처리하기에는 적합하지 않다. 이는 이동 객체의 위치만을 가진 데이터로 생성되어 있기 때문에 시간의 흐름에 따른 데이터 이동을 표현하지 못한다. 이러한 응용을 지원하기 위해서는 위치 중심의 데이터 그대로 활용하기보다는 시간의 흐름에 따라 처리할 수 있는 데이터로 변환되어야 한다. 이는 위치 기반 서비스는 대부분 빠르게 처리되어 실시간으로 제공되어야 할 필요가 있으므로, 시간의 흐름에 따라 이동되어지는 형태의 데이터로 존재한다면 빠르게 서비스를 제공할 수 있을 것이다. 그러나, 이러한 데이터 중 이

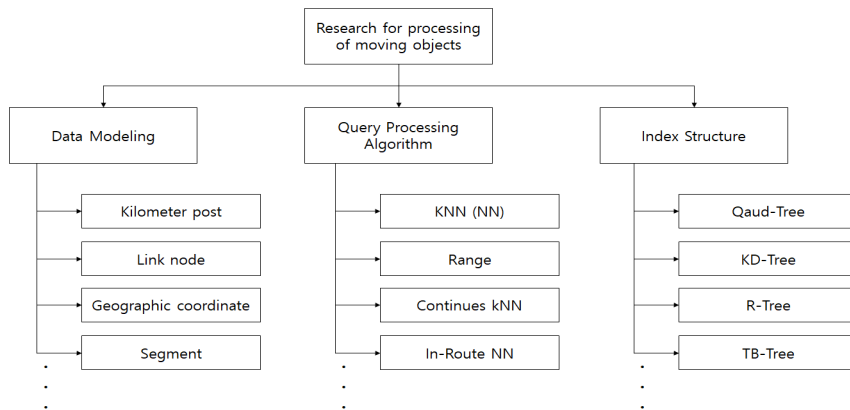


Fig. 2. Classification of research dealing with moving objects

동 객체의 궤적을 처리하기 위한 데이터는 존재하지 않는다. 따라서 본 연구는 도로 네트워크 환경에서의 궤적 데이터를 처리하기 위한 색인 구조를 제안하고, 이를 이용하여 궤적 데이터 생성 기법에 대해 제안한다.

본 논문에서의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 공간 네트워크 환경에서의 위치 기반 서비스를 처리하기 위한 기존 연구들에 대해 기술한다. 3장에서는 제안하는 색인 구조 및 궤적 데이터 생성 기법에 대해 기술한다. 마지막으로 4장에서는 결론을 서술한다.

## 2. 관련 연구

앞서 언급한 바와 같이, 이동객체 처리를 위한 공간 네트워크 환경에서의 데이터베이스 연구는 일반 공간 데이터베이스의 연구와 마찬가지로 3가지 주제로 요약된다. 이는 데이터 모델에 관한 연구, 질의처리 알고리즘에 관한 연구, 마지막으로 이동객체 및 네트워크 정보를 저장할 수 있는 저장 구조에 관한 연구이다.

첫째, 데이터 모델에 관한 연구는 이동객체를 2차원으로 표현할 수 있는 모델을 제시하고, 이동객체를 그래프로 표현하기 위한 변환 방법을 제시하고 있다[2,6,7]. 또한, 텔레매틱스 등 다양한 응용 서비스를 지원하기 위해 kilometer post, link node, geographic coordinate, segment 표현 방식 등을 제시한 연구가 존재한다.

둘째, 질의처리 알고리즘에 관한 연구로써, 다양한 알고리즘이 개발되었다. 이 중 정적인 관심정보(Point of Interest)를 찾기 위한 kNN(k nearest neighbor) 및 range 질의처리 알고리즘이 있다[3,4]. kNN 질의처리 알

고리즘은 현재 질의 지점으로부터 가장 가까운 k개의 관심 정보를 찾는 알고리즘으로써 grid 기반의 탐색 방법, graph 기반의 탐색 방법 등을 이용하여 적은 비용을 가진 관심정보를 빠르게 찾아내는 알고리즘이다. Range 질의처리 알고리즘은 질의 지점으로부터 주어진 범위 내에 있는 관심정보를 빠르게 찾아내는 알고리즘을 말하며, 이를 효율적으로 처리하기 위해 Grid 구조, Tree 구조, Network 구조 등의 색인 작업을 통해 탐색하는 방법을 제공한다. 아울러, 동적인 이동객체의 특성을 반영한 경로를 기반으로 한 질의처리 알고리즘이 있다. 연속 kNN 및 경로 내 NN(in-route nearest neighbor)가 있다[8-10]. 연속 kNN 질의는 주어진 경로상의 모든 지점으로부터 가까운 k개의 관심 정보를 찾는 것이다. 이를 위해 공간 네트워크상에서 보로노이 다이어그램(voronoi network diagram)을 이용하여 미리 찾고자 하는 관심 정보의 네트워크 거리를 미리 계산하여 빠르게 질의처리를 수행할 수 있는 기법을 제공한다. 둘째, 경로 내 kNN 질의는 주어진 경로를 적게 벗어나면서 원하는 관심정보를 찾는 것이다. 이를 위해 경로 내 이동 비용과 경로를 벗어나 관심정보에 도달 및 되돌아오는 비용을 계산하여 모든 경로의 비용이 적은 경로를 찾는 기법을 제공한다. 이러한 경로를 이용하여 처리하는 질의의 경우는 네트워크를 탐색하는 비용이 많기 때문에 효율적인 인덱스 저장 구조가 필요하다. 마지막으로 이동객체 및 네트워크 정보를 저장하는 저장 구조에 관한 대표적인 연구는 Quad-Tree, KD-Tree 등 그리드 구조를 이용한 연구와 R-Tree, TB-Tree 등 공간을 분할하여 저장하는 연구로 분류할 수 있다[11-14]. Quad-Tree는 하나의 그리드에 많은 수의 이동객체가 존재할 경우 1개의 그리드를 2X2 그리드

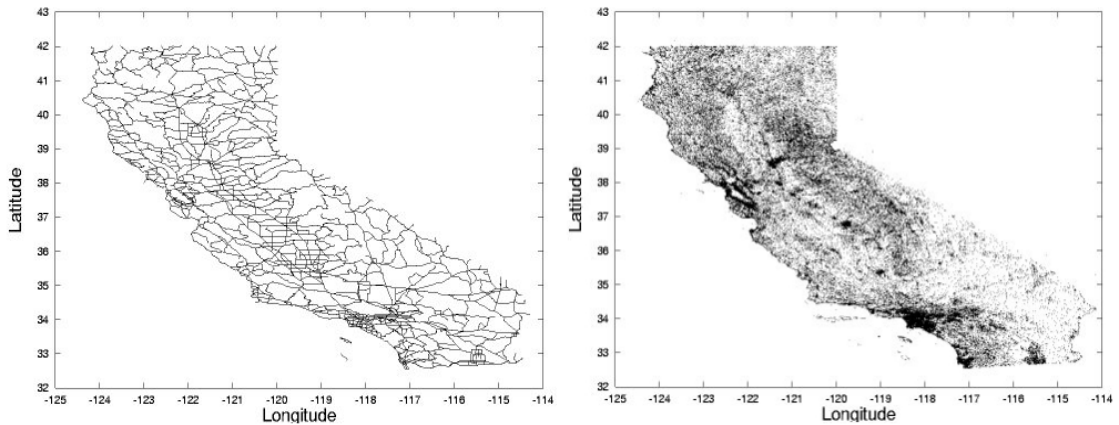


Fig. 3. Road network and moving objects (or Points of Interest)

로 동적으로 분할하는 방식을 제공한다. 또한 KD-Tree는 고차원의 데이터 분할을 위해 그리드 구조를 확장한 방식을 사용한다. 그러나, 이러한 그리드 구조의 저장 방식은 기본적으로 편향된 분포의 특성을 지는 도로 네트워크와 같은 환경에서 활용하기에는 부적합하다. 이를 개선하기 위해 공간 효율성을 높인 공간 분할 방식의 연구는 kNN과 같은 복잡한 검색에 빠른 특성을 지니고 있다. R-Tree는 정형데이터에 적합한 B-Tree의 요소에 공간데이터 특성을 반영하여 만든 Index 구조로써 편향된 데이터를 처리하기에 적합하다. 그러나, 그리드 방식에 비해 저장 색인을 하는 시간이 많으며 노드간의 겹침으로 인해 다수의 검색을 필요로 하는 단점이 존재한다.

### 3. 이동객체 저장을 위한 색인구조 및 궤적데이터 생성 알고리즘

#### 3.1 이동객체 처리를 위한 데이터 모델

도로 네트워크는 노드와 에지로 구성된다. 노드는  $x, y$  좌표로 표현되며, 에지는 2개의 노드로 표현된다. 따라서, 도로 네트워크는 노드, 에지, 연결정보로 나타낼 수 있으며  $Network = (V, E), V=(x, y), E=(V_i, V_j)$ 로 표현할 수 있다. 한편, 도로 네트워크 상의 이동 객체의 위치 정보는 좌표와 시간으로 구성하며 Fig. 3과 같이 표현할 수 있다. 이 때, 시간축으로 진행되는 궤적의 특징으로 인해 시간 1 시점에서 N 시점까지의 궤적은  $\{(x_1, y_1, t_1), (x_2, y_2, t_2), \dots, (x_{i-1}, y_{i-1}, t_{i-1}), (x_i, y_i, t_i)\}$ 로 표현한다. 이 때, 시간 i시점에서의 이동 객체의 위치를  $(x_i, y_i, t_i)$ 로

표현한다.

이러한 이동 객체의 궤적 데이터는 유클리디언 환경에서의 좌표와 시간을 이용하여 표현되었다. 그러나, 버스, 자동차 등 도로 네트워크 상에서의 궤적 데이터는 에지 위를 지나게 되므로, 좌표들을 에지상에 위치하도록 매핑이 필요하다. 이 때, 각각의 이동 객체의 궤적 데이터는  $\{E_1, E_2, \dots, E_{k-1}, E_k\}$  표현된다. 이 때, k값은 매핑하기 전의 시간 i보다 작거나 같다. 이는 1개 이상 시점에서의 궤적이 동일한 에지상에 위치할 수 있기 때문이다.

에지기반의 궤적표현으로 변환되기 전 좌표기반의 궤적의 시작지점은  $(x_1, y_1, t_1)$ 은 첫 번째 에지( $E_1$ )와 매칭이 되며 첫 번째 에지의 한 점으로 사상될 수 있다. 또한, 궤적의 도착지점( $x_i, y_i, t_i$ )은 마지막 에지( $E_k$ ) 상의 한 점에 위치한다. 시작지점과 도착지점 사이의 좌표기반의 궤적 정보는 각각 에지  $E_1$ 에서 에지  $E_k$  사이의 한 궤적을 지나게 된다.

#### 3.2 이동객체 저장 및 관리를 위한 색인 구조

실제 응용에서 쓰일 수 있는 궤적 데이터는 좌표로 구성된 이동 객체의 포인트로 구성된 데이터가 아닌 에지로 구성된 궤적 데이터로 변환하여 사용할 수 있다. 이를 위한 저장 구조는 Fig. 4와 같다. 노드와 에지 정보는 좌표로 색인할 수 있는 RTree로 표현되며, 각각의 RTree의 단말 노드에는 노드와 에지 정보로 구성되며, 에지의 정보에는 이웃하는 노드와 연결되는 adjacency 정보를 포함하고 있다.

제안하는 저장 구조는 좌표로 구성된 네트워크의 정보를 색인할 수 있으며, 각 궤적은 에지 RTree의 단말

노드에 위치하여 에지의 정보가 궤적 데이터를 가리킨다. 다음 Fig. 5는 궤적의 각각의 포인트에 맞는 에지를 찾아 연결하는 이동객체의 삽입에 관한 알고리즘이다.

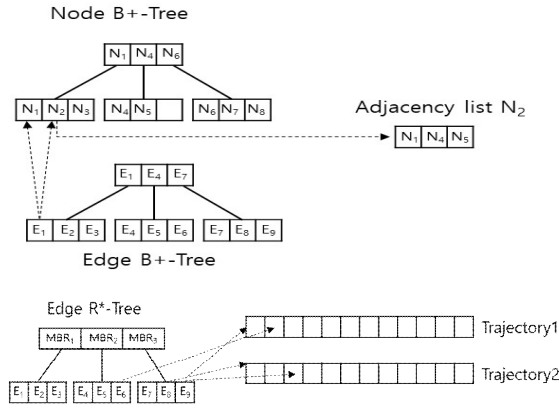


Fig. 4. Network Index Structure and Relationship between Edge and Trajectory

---

Algorithm : moving object insertion

---

Input : moving object  
 Output : RTree with linkage of Trajectories

1. For each point Time t from trajectory (x, y, t) {
2. Find Edge E matched to the point of the moving object(x, y, t)
3. Edge E link a point with time t of trajectory }

Return RTree;

---

Fig. 5. Insertion algorithm of moving objects

### 3.3 궤적데이터 생성 알고리즘

궤적 데이터 생성 알고리즘은 Fig. 6과 같다. 에지로 구성된 궤적 데이터를 생성하기 위하여 우선적으로 이동객체의 포인트들을 에지로 매핑을 수행한다. 다음으로, 매핑된 에지들을 연결한다. 연결된 에지들의 집합은 이동객체의 좌표 수와 다르게 구성될 수 있다. 이동객체의 속도가 빠른 경우에는 전체 에지 수가 증가할 수 있으며, 반대로 이동객체의 속도가 느린 경우에는 전체 에지 수가 좌표 수보다 적을 수 있다. 이 때, 이동객체의 궤적 데이터가 지니고 있는 속도 및 방향성과 같은 특성과 함께 도로 네트워크의 연결 정보 등을 고려해야 한다. 이러한 정보들을 고려하지 않는다면, 이동객체가 포인트와 포인트 간 연결이 잘 못 될 수 있다. 본 연구에서는 기존 이동객체 생성 프레임워크[15]를 이용하여 데이터 추출 후 해당 데이터를 에지 기반의 궤적 데이터로 생성함으로써, 제안하는 생성 알고리즘을 이용하여 에지 기반의

궤적 데이터를 생성할 수 있음을 보였다. 본 연구에서 사용된 기존 이동객체 생성 프레임워크는 네트워크 기반 이동객체의 가장 중요한 특성으로 객체의 속도와 경로에 대한 다른 움직이는 객체의 영향, 객체의 시작과 목적지의 적절한 결정 등 9가지를 제시하고, 이 특성을 반영한 이동객체를 생성한다. 아울러 네트워크 상에서 엄격하게 움직임을 전제로 하여 이동객체의 위치를 표현하여 실제 네트워크 데이터에 매핑하여 표현한 데이터 셋을 생성하였다. 제안 방법에 대한 실험은 Windows 환경에서 C++을 이용하였다.

---

Algorithm : edge based trajectory generation

---

Input : coordinate based trajectory  
 Output : edge based trajectory

1. For each point Time t from trajectory (x, y, t) {
2. Find nearest edge from point (x, y, t)
3. Selected Edge ← E<sub>i</sub> }
4. For Selected Edge and Its next Edge {
5. R ← Find route from to in accordance with cost of route
6. Result ← R }

Return Result;

---

Fig. 6. Edge based trajectory generation algorithm

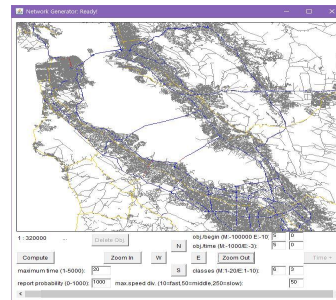


Fig. 7. Data generation by moving object generator

## 4. 결론

도로 네트워크상에서의 데이터 처리를 위한 이동객체에 대한 실데이터가 다수 존재함에도 불구하고, 궤적 데이터를 처리하기 위한 데이터는 존재하지 않는다. 따라서 본 연구는 도로 네트워크 환경에서의 궤적 데이터를 처리하기 위한 색인 구조를 제안하고, 이를 이용하여 좌표 기반의 이동객체 데이터를 에지 기반의 이동객체 궤적 데이터로 생성하는 알고리즘을 제안하였다. 아울러, Brinkhoff가 제안한 샌프란시스코 맵에서의 이동객체 데이터와 제안 알고리즘을 통해 에지 기반의 궤적 데이터

가 생성됨을 보였다. 본 연구에서 제시한 예지 기반의 이동 객체 궤적 데이터는 현재 시점의 위치에서 다음 시점의 위치를 네트워크 연결을 통해 경로를 설정하여 이동 객체가 표현됨으로써, 다양한 경로기반의 질의, 궤적기반의 질의 등을 수행할 수 있다. 단, 현재의 알고리즘 상에서는 현재 위치로 다음 위치로 네트워크 연결을 수행할 시 거리 기반의 네트워크 연결을 시도하였다. 이는 도로 네트워크는 러시아워 등 다양한 상황이 존재하나 이를 고려하지 못하였다. 따라서 다양한 도로 네트워크 상황을 고려할 필요가 있다. 향후 연구로는 도로 네트워크 상황을 고려하여 이동객체의 네트워크 연결을 수행하는 연구가 진행되어야 한다. 또한, 이러한 궤적 데이터의 응용 연구를 수행하여 제안하는 알고리즘을 통해 생성된 궤적 데이터의 유용성을 검증하는 것이다.

## REFERENCES

- [1] S. Shekhar, S. Chawla, S. Ravada, A. Fetterer, X. Liu & C. T. Lu. (1999). Spatial databases—accomplishments and research needs. *IEEE transactions on knowledge and data engineering*, 11(1), 45-55.
- [2] L. Speičvcys, C. S. Jensen & A. Kligys. (2003). Computational data modeling for network-constrained moving objects. In *Proceedings of the 11th ACM international symposium on Advances in geographic information systems* 118-125.
- [3] D. Papadias, J. Zhang, N. Mamoulis & Y. Tao. (2003). Query processing in spatial network databases. In *Proceedings of the 29th international conference on Very large data bases*, 29, 802-813.
- [4] Roussopoulos, N., Kelley, S., & Vincent, F. (1995). Nearest neighbor queries. In *ACM sigmod record*, 24(2), 71-79.
- [5] Korea Information Society Development Institute. (2019). Korea Media Panel Survey Contents. KISDI STAT. 19(2). 1-8.
- [6] A. P. Sistla, O. Wolfson, S. Chamberlain & S. Dao. (1997). Modeling and querying moving objects. In *icde (97)*, 422-432.
- [7] C. S. Jensen, T. B. Pedersen, L. Speičvcys & I. Timko. (2003). Data modeling for mobile services in the real world. In *International Symposium on Spatial and Temporal Databases*. 1-9.
- [8] M. R. Kolahdouzan & C. Shahab. (2004). Continuous K-Nearest Neighbor Queries in Spatial Network Databases. In *STDBM*, 33-40.
- [9] K. Mouratidis, M. L. Yiu, D. Papadias & N. Mamoulis. (2006). Continuous nearest neighbor monitoring in road networks. In *Proceedings of the 32nd international conference on Very large data bases*, 43-54.
- [10] J. S. Yoo & S. Shekhar. (2005). In-route nearest neighbor queries. *GeoInformatica*, 9(2), 117-137.
- [11] R. A. Finkel & J. L. Bentley. (1974). Quad trees a data structure for retrieval on composite keys. *Acta informatica*, 4(1), 1-9.
- [12] J. L. Bentley. (1975). Multidimensional binary search trees used for associative searching. *Communications of the ACM*, 18(9), 509-517.
- [13] A. Guttman. (1984). R-trees: a dynamic index structure for spatial searching. *14(2)*, 47-57.
- [14] Z. Song & N. Roussopoulos. (2003, January). SEB-tree: An approach to index continuously moving objects. In *International Conference on Mobile Data Management* (pp. 340-344). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [15] T. Brinkhoff. (2002). A framework for generating network-based moving objects. *GeoInformatica*, 6(2), 153-180.

## REFERENCES

- [1] S. Shekhar, S. Chawla, S. Ravada, A. Fetterer, X. Liu & C. T. Lu. (1999). Spatial databases—accomplishments and research needs. *IEEE transactions on knowledge and data engineering*, 11(1), 45-55.
- [2] L. Speičvcys, C. S. Jensen & A. Kligys. (2003). Computational data modeling for network-constrained moving objects. In *Proceedings of the 11th ACM international symposium on Advances in geographic information systems* 118-125.
- [3] D. Papadias, J. Zhang, N. Mamoulis & Y. Tao. (2003). Query processing in spatial network databases. In *Proceedings of the 29th international conference on Very large data bases*, 29, 802-813.
- [4] Roussopoulos, N., Kelley, S., & Vincent, F. (1995). Nearest neighbor queries. In *ACM sigmod record*, 24(2), 71-79.
- [5] Korea Information Society Development Institute. (2019). Korea Media Panel Survey Contents. KISDI STAT. 19(2). 1-8.
- [6] A. P. Sistla, O. Wolfson, S. Chamberlain & S. Dao. (1997). Modeling and querying moving objects. In *icde (97)*, 422-432.
- [7] C. S. Jensen, T. B. Pedersen, L. Speičvcys & I. Timko. (2003). Data modeling for mobile services in the real world. In *International Symposium on Spatial and Temporal Databases*. 1-9.
- [8] M. R. Kolahdouzan & C. Shahab. (2004). Continuous K-Nearest Neighbor Queries in Spatial Network Databases. In *STDBM*, 33-40.
- [9] K. Mouratidis, M. L. Yiu, D. Papadias & N. Mamoulis. (2006). Continuous nearest neighbor monitoring in road networks. In *Proceedings of the 32nd international conference on Very large data bases*, 43-54.
- [10] J. S. Yoo & S. Shekhar. (2005). In-route nearest neighbor queries. *GeoInformatica*, 9(2), 117-137.
- [11] R. A. Finkel & J. L. Bentley. (1974). Quad trees a data structure for retrieval on composite keys. *Acta informatica*, 4(1), 1-9.
- [12] J. L. Bentley. (1975). Multidimensional binary search trees used for associative searching. *Communications of the ACM*, 18(9), 509-517.
- [13] A. Guttman. (1984). R-trees: a dynamic index structure for spatial searching. *14(2)*, 47-57.
- [14] Z. Song & N. Roussopoulos. (2003, January). SEB-tree: An approach to index continuously moving objects. In *International Conference on Mobile Data Management* (pp. 340-344). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [15] T. Brinkhoff. (2002). A framework for generating network-based moving objects. *GeoInformatica*, 6(2), 153-180.

채 철 주(Cheol-Joo Chae)

[정회원]



- 2009년 8월 : 한남대학교 컴퓨터공학과(공학박사)
- 2009년 9월 ~ 2013년 4월 : 한국전자통신연구원 선임연구원
- 2013년 4월 ~ 2016년 8월 : 한국과학기술정보연구원 선임연구원
- 2016년 9월 ~ 현재 : 한국농수산대학 교양공통과 교수
- 관심분야 : 정보보호, 바이오 보안, 빅데이터, 인공지능
- E-Mail : chae.cheoljoo@gmail.com

김 용 기(Kim, Yong-Ki)

[정회원]



- 2011년 2월 : 전북대학교 컴퓨터공학과(공학박사)
- 2011년 9월 ~ 2012년 3월 : 전북대학교 전임연구원(Post. Doc)
- 2012년 4월 ~ 2016년 3월 : 한국과학기술정보연구원 선임연구원
- 2016년 4월 ~ 2019년 2월 : 전주비전대학교 정보통신과 교수
- 2019년 3월 ~ 현재 : 전주비전대학교 IT융합시스템과 교수
- 관심분야 : 데이터베이스, 정보보안, 빅데이터, 인공지능
- E-Mail : kimyk@jvision.ac.kr