

도로 네트워크에서 이동 객체 궤적 생성 방안

백지행, 원정임, 장민희, 이상철, 김상욱
한양대학교 전자컴퓨터통신공학과
e-mail: oracle@zion.hanyang.ac.kr

Generating Trajectories on Road Networks

Ji-Haeng Baek, Jung-Im Won, Min-Hee Jang, Sang-Chul Lee, Sang-Wook Kim
Department of Electronics and Computer Engineering, Hanyang University

요 약

최근, 궤적 정보를 이용한 많은 연구들이 진행되고 있다. 그러나 이동 객체의 실제 궤적 데이터를 획득하기는 어렵기 때문에 대부분의 연구들은 궤적 생성기에 의해 생성된 데이터를 이용하고 있다. 그러나 기존의 궤적 생성기들은 대부분 유클리디언 공간을 바탕으로 궤적을 생성하기 때문에 도로 네트워크 공간에서는 적용될 수 없다. 본 논문에서는 도로 네트워크 공간을 바탕으로 한 이동 객체의 궤적 생성 방안을 제안한다. 실제 이동 객체의 움직임과 비슷한 궤적을 생성하기 위하여 이동 객체는 출발지에서 목적지까지의 최단 경로에 근접하여 움직인다는 현실세계의 특징을 반영한다. 제안하는 기법을 이용하여 생성된 궤적 데이터는 현실 세계를 반영하면서 사용자가 원하는 궤적 데이터를 제공할 수 있기 때문에 다양한 연구에 사용될 수 있다.

1. 서론

최근, 위성 기반 시스템의 발전과 모바일 기기와 같은 휴대용 이동 장비의 보편화로 인하여 텔레매틱스(telematics) 기술이 크게 발전함에 따라, 텔레매틱스 시스템을 도입한 다양한 서비스가 제공되고 있다. 이들은 일정 시간 간격마다 위성 내의 GPS(global positioning system)를 이용하여 측정된 이동 객체의 궤적 정보를 기반으로 서비스를 제공한다. 각 이동 객체에 대해 시간의 흐름에 따라 움직인 위치 정보가 기록되게 되는데 이를 이동 객체의 궤적이라 한다[5]. 도로 네트워크 공간에서의 궤적은 이동 객체가 지나온 도로 세그먼트들의 연속으로 표현되며, 각 도로 세그먼트의 정보는 식별자와 길이로 표현된다.

최근, 이러한 궤적 정보를 이용한 많은 연구들이 진행되고 있으나 대용량의 실제 궤적 데이터는 획득하기 어렵기 때문에 대부분의 연구들은 궤적 생성기에 의해 생성된 데이터를 이용하고 있다. 이에 따라, 보다 실제와 가까운 궤적을 생성하기 위하여 여러 가지 궤적 생성기들이 연구되어 왔다[1, 2, 3, 4]. 그러나 대부분의 궤적 생성기들은 유클리디언 공간을 바탕으로 궤적을 생성하기 때문에 도로 네트워크 공간에서는 적용될 수 없다. 기존의 유클리드 공간에 대한 연구들이 최근 도로 네트워크 공간에 대한 연구로 전환됨에 따라 도로네트워크를 기반으로 하는 궤적 생성이 필요하게 되었다.

본 논문에서는 도로 네트워크 공간상에서 이동 객체들

의 대용량 궤적 정보 생성 방안을 제안한다. 실제 이동 객체의 움직임과 비슷한 궤적을 생성하기 위하여 이동 객체는 출발지에서 목적지까지 최단 경로에 근접하여 움직인다는 현실세계의 특징을 반영한다. 본 논문에서 제안하는 기법을 이용하여 생성된 궤적 데이터는 현실 세계를 반영하면서 사용자가 원하는 궤적 데이터를 제공할 수 있기 때문에 다양한 연구에 사용될 수 있다.

2. 제안하는 기법

2.1. 기본 접근 방식

실세계에서 사람들은 목적지를 지정하고 이동하기 때문에 궤적을 생성하기 위해서는 먼저 출발지와 도착지를 지정해야 한다. 그 후, 이동 객체가 움직일 이동 경로를 선택해야 한다. 실세계에서 모든 이동 객체들은 최단 경로로 움직이려는 특성이 있기 때문에 출발지와 목적지가 지정이 되면 먼저 이들 간의 최단 경로가 검색되고 최단 경로의 길이가 측정이 되어야 한다. 이 때 최단 경로 검색은 다익스트라 알고리즘(Dijkstra algorithm)을 사용하여 검색한다[6]. 이동 객체들은 최대한 최단 경로에 근접하게 움직이지만 항상 같은 경로로 움직이지는 않는다. 이러한 특성을 반영하기 위해서 본 논문에서는 노드에 연결된 각 세그먼트들을 통해 목적지까지 도달 가능한 최단 경로들이 앞에서 다익스트라 알고리즘으로 계산된 실제 최단 경로와 얼마나 거리 차가 나는지를 바탕으로 이동 객체가 이동할 경로를 확률 값으로 계산한다.

즉, 다익스트라 알고리즘으로 출발지에서 목적지까지의 최단 거리를 계산한 후 출발지의 각 노드에 연결된 세그먼트들을 통해 목적지까지의 최단 경로를 계산한다. 그 후, 그 거리 차에 따라 어떤 세그먼트를 통해 움직일지 확률에 의해 이동 객체의 움직임이 결정되는 것이다. 이렇게 선택된 세그먼트에 인접해있는 노드로 이동하여 위의 과정을 반복하여 이 노드와 연결된 세그먼트들의 확률 값이 부여되고 이를 목적지까지 반복적으로 수행함에 따라 이동 객체의 궤적이 생성된다. 이동 객체가 각 세그먼트로 이동할 확률 값을 부여하는 방식은 2.2절에서 자세히 설명한다.

2.2. 세그먼트의 확률 값 부여 방식

확률 값을 부여하기 위해서는 몇 가지 고려해야 할 사항이 있다. 첫째, 확률 값이 부여되는 한 노드에 연결된 모든 세그먼트들의 확률 값의 합이 1이 되어야 한다. 이는 확률의 기본 개념인 모든 확률 값의 합은 1이 되어야 한다는 속성을 만족시키기 위함이다.

둘째, 최단 경로에 근접한 세그먼트일수록 높은 확률 값을 가져야 한다. 또한 최단 경로에 포함되는 세그먼트의 확률 값은 다른 세그먼트들에 비해 상대적으로 높은 값을 가져야 한다. 이는 최단 경로로 움직이려는 이동 객체의 특성을 반영하기 위함이다.

마지막으로, 목적지에 근접할수록 최단 경로를 선택할 확률이 높아야 한다. 목적지 근처에 도착할수록 이동 경로는 제한적이고 최단 경로의 경로와 동일하게 움직여야 하기 때문이다. 이러한 확률 값 부여 요건을 만족하는 확률 식은 다음과 같다.

$$i\text{번째 세그먼트의 확률 값} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{i\text{번째 세그먼트를 포함하는 최단 경로의 길이}^{\text{rank}(i)}}}$$

수식 1. 확률 값 계산 식

수식 1은 최단 경로와 노드에 연결된 세그먼트를 거쳐서 목적지에 도달할 수 있는 길이를 이용하여 세그먼트가 선택될 수 있는 확률을 나타낸 것이다.

수식 1에서 i 는 한 노드에 연결된 임의의 세그먼트를 의미한다. i 번째 세그먼트를 포함하는 최단 경로의 길이란 노드에 연결된 i 번째 세그먼트를 통하여 목적지에 도착 가능한 최단 경로의 길이를 말한다. $\text{rank}(i)$ 란 i 번째 세그먼트를 포함하는 최단 경로 길이들을 오름차순으로 정렬 후 순위를 나타내는 것이다. 여기서, 길이의 순위만큼 지수 승을 해주는 의미는 최단 경로에 가까울수록 더 높은 확률 값을 갖게 해 주기 위함이다. 수식 1에서 최단 경로 길이들의 지수 승에 역수를 취하는 것은 앞에서 언급한

확률 값 부여 시 고려해야 할 사항 첫 번째인 확률 값들의 합이 1이 되어야 한다는 것을 만족시키기 위해서이다. 또한 최단 경로의 길이가 짧을수록 높은 확률 값을 갖게 하기 위해서이다. 따라서, 수식 1에 의해 확률 값을 계산하면 앞에서 언급한 확률 값 부여 시 고려해야 할 사항인 세 가지를 모두 만족한 확률 값을 얻을 수 있다.

이렇게 구하여진 확률 값으로 다음 이동 세그먼트가 선택되어지고 선택의 반복으로 궤적이 생성되게 된다. 생성된 궤적은 최단 경로와 크게 벗어나지 않는 현실세계의 특성을 반영할 수 있다.

3. 결론

본 논문에서는 도로 네트워크 공간을 바탕으로 움직이는 이동 객체의 궤적 생성 방안을 제안하였다. 실제 이동 객체의 움직임과 비슷한 궤적을 생성하기 위하여 이동 객체는 출발지에서 목적지까지 최단 경로에 근접하여 움직인다는 현실세계의 특징을 반영하였다. 또한, 이동 객체가 움직일 세그먼트에 확률을 부여함으로써 다양한 궤적 데이터를 얻을 수 있다. 제안하는 기법을 이용하면, 현실 세계를 반영하는 사용자가 원하는 궤적 데이터를 제공함으로써 다양한 연구에 사용될 수 있다.

감사의 글

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

참고문헌

- [1] T. Brinkhoff, "A Framework for Generating Network-Based Moving Objects," *GeoInformatica*, Vol. 6, No. 2, pp. 153-180, 2002.
- [2] Y. Theodoridis, J. Silva, and M. Nascimento, "On the Generation of Spatiotemporal Datasets," *LNCS*, pp. 147-164, 1999.
- [3] Y. Theodoridis and M. Nascimento, "Generating Spatiotemporal Datasets on the WWW," *ACM SIGMOD Record*, Vol. 29, No. 3, pp. 39-43, 2000.
- [4] T. Tzouramanis, M. Vassilakopoulos, and Y. Manolopoulos, "On the Generation of Time-Evolving Regional Data," *GeoInformatica*, Vol. 3, No. 3, pp. 207-231, 2002.
- [5] D. Pfoser, C. Jensen, and Y. Theodoridis, "Novel Approaches to the Indexing of Moving Object Trajectories," In *Proc. Int'l. Conf. on Very Large Databases*, pp. 395-406, 2000.
- [6] E. Dijkstra, "A Note on Two Problems in Connection with Graphs," *Numeriche Mathematik*, Vol. 1, pp. 269-271, 1959.