

주행로 의미정보간 부분그래프 매칭에 기반한 맵매칭 방법

임희재*, 박진배*, 윤대성**

연세대학교 전기전자공학과*, 창원대학교 전기공학과**

A Map Matching Method Based on Subgraph Matching of the Driving Road Semantic Information

Whee-Jae Yim*, Jin-Bae Park*, Tae-Sung Yoon**
Yonsei University*, Changwon National University**

Abstract - 본 논문은 주어진 두 주행로 의미정보간 부분그래프 매칭(subgraph matching)을 이용한 맵매칭 방법을 제안한다. 지도 주행로의 의미정보를 선택하여 그래프로 재구성하는 방법을 제시하고 재구성된 지도 그래프에서 부분그래프 매칭을 통한 두 지도간 맵매칭 방법을 제안한다. 실제 지도를 이용한 모의실험을 통해 제안한 방법을 검증한다.

1. 서 론

최근 IT, 자동차, 군수 업체 및 연구소에서 무인 자동차 자율주행 기술에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 일반 도로를 주행하는 상용차의 자율주행 기술과 더불어, 국방산업 등의 관련 분야에서는 험난한 환경에서도 적용 가능한 무인 자율주행 기술들이 활발히 연구·개발되고 있다. 무인차량의 위치인식 기술은 이러한 자율주행 실현에 있어 필수적인 요소로, 측정값의 발산을 막고, 정확도를 향상시키기 위해 GPS 신호 수신을 통한 INS(inertial navigation system) 센서의 위치보정이 필수적으로 이루어지고 있다. 하지만 GPS 신호는 그 세기가 미약하여, 주변 환경으로부터의 잡음 및 간섭에 민감하며, 보안에 취약하여 GPS Jamming 등으로 인해 쉽게 신호가 왜곡, 손상될 수 있다. 따라서 GPS에서 발생하는 오차를 보정하기 위한 맵매칭(Map Matching) 기법들이 [1][3] 등에서 개발되었다. 기존 맵매칭 방법들은 지도의 주행로 위치정보, 연결정보를 사용하여 오차가 포함된 GPS로부터 받은 위치정보를 지도의 정확한 주행로에 정사영하여 매칭하는 방식이다. 하지만 기존 방법들은 GPS 신호를 이용할 수 없는 환경에서는 위치정보를 알 수 없기 때문에 사용하기가 어렵다. 따라서 GPS 측정치와 독립적이며, GPS와 같이 자동차의 전역적 위치를 제공할 수 있는 맵매칭 방법이 요구된다.

이에 착안하여 본 논문에서는 무인 차량의 위치인식 센서들의 오차가 크거나 이용할 수 없는 경우에 대비한 주행로 의미정보간 부분그래프 매칭(Subgraph Matching)에 기반한 맵매칭 기법을 제안한다. 지도를 주행로 의미정보를 이용한 그래프 형태로 재구성하여 데이터베이스로 구성하고, 저장된 데이터베이스와 무인차량이 주행하며 각종 센서를 통해 구성한 의미정보 부분그래프 매칭을 이용하여 구성한 두 지도간 맵매칭을 수행한다. 실제 지도 샘플을 이용한 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하여 제안한 방법을 검증하였다.

2. 본 론

2.1 도로 의미정보를 이용한 그래프 구성

본 논문에서 제안하는 부분그래프 매칭에 기반한 맵매칭 방법을 수행하기 위해 실제 주행로의 정보, 즉 주행로의 표지판, 교차로 지점 등 특징점으로 활용할 수 있는 의미정보를 그림 1의 지도 A와 지도 B의 구성과 같은 형태로 데이터베이스에 저장해야 한다. 본 논문에서는 주행로의 표지판, 교차로, 횡단보도, 유턴표시 등을 의미정보로 이용한다. 지도상의 각각의 의미정보는 지도를 그래프 형태로 재구성할 때, 각 노드의 특징 정보로 저장한다. 주행로 의미정보가 저장된 각 지도상의 노드를 이용하여 그림 1의 지도 A와 지도 B와 같이 그래프 형태로 재구성하여 저장한다. 그래프 형태로 저장된 지도 A와 지도 B의 의미정보 그래프는 부분그래프 매칭에 기반한 맵매칭에 이용된다.[4]

2.2 주행로 의미정보간 부분그래프 매칭에 기반한 맵매칭 기법

2.2.1 그래프 매칭

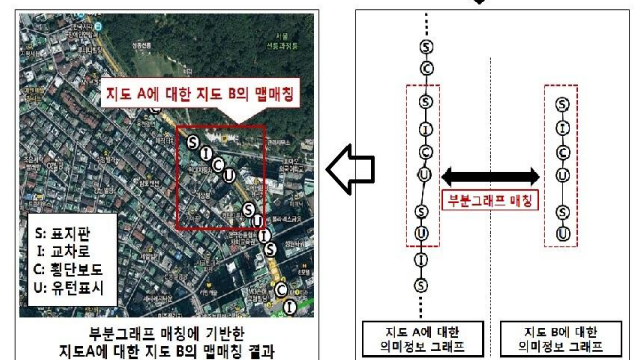
그래프매칭이란 어떤 두 그래프가 있을 때, 두 그래프 사이의 유사성을 비교하여 두 그래프에서 공통인 부분이 매칭이 되는지 확인하는 방법이다. 그래프는 각 점들인 노드와, 노드 사이를 잇는 예지로 구성된다. 그리고 각각의 노드와 예지에는 특정 정보를 저장할 수 있는데, 본 논문에서 제안하는 맵매칭에서는 예지에는 특정정보를 저장하지 않고 노드에만 특정정보를 저장하여 수행한다. 노드의 특징정보로는 2.1에서 구성

한 주행로의 의미정보를 이용한다.

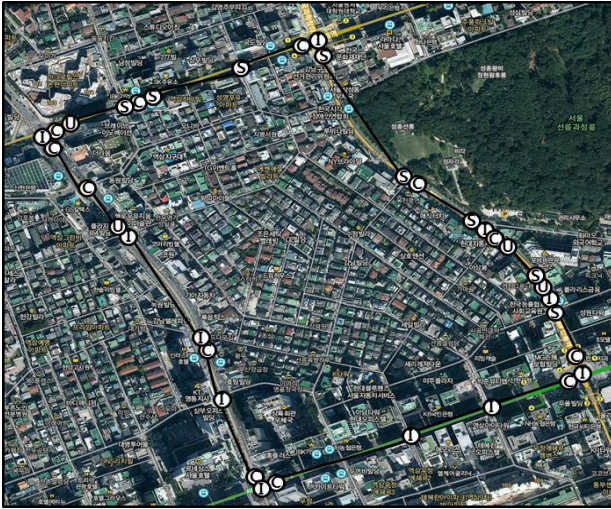
그래프매칭은 매칭할 두 그래프의 크기에 따라서 구분할 수 있다. 먼저 그래프의 크기는 그래프의 노드 개수로 정의하고, 두 그래프의 노드 개수가 같은 경우, 즉 크기가 같은 두 그래프를 매칭하는 방법을 그래프 매칭, 노드 개수가 다른 크기가 다른 두 그래프를 매칭하는 방법을 부분 그래프 매칭이라고 한다. 그래프 매칭은 크기가 같은 두 그래프를 매칭하여 두 그래프가 같은 그래프인지 판단할 수 있고, 매칭에 조건을 추가하여 두 그래프 사이의 유사성을 비교하여 매칭할 수 있다. 부분그래프 매칭은 크기가 다른 두 그래프에서, 크기가 작은 그래프가 크기가 큰 그래프의 어느 영역에 매칭되는지, 어느 영역과 유사한지 비교하여 매칭을 진행한다.[5]

2.2.2 의미정보간 부분그래프에 기반한 맵매칭

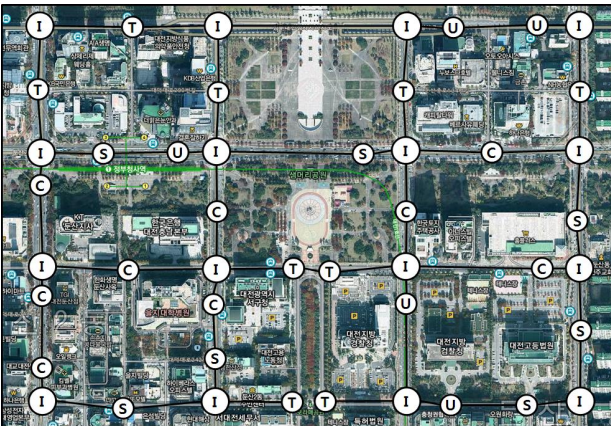
본 논문에서 제안하는 맵매칭을 수행하기 위해 2.2.1에서 설명한 부분 그래프 매칭을 이용한다. 그림 1에서 구성한 지도 A의 의미정보 그래프와 지도 B 의미정보 그래프를 이용하여 부분그래프 매칭을 진행한다. 각각의 그래프 노드에 저장된 의미정보를 비교하여 두 노드의 의미정보가 일치하면 매칭을 수행한다. 그림 1의 맵매칭 결과에서 지도 B의 모든 노드들이 지도 A에 매칭이 완료된 모습을 확인할 수 있다. 따라서 두 그래프간 부분그래프 매칭을 수행하면 크기가 작은 그래프가 크기가 큰 그래프의 어떤 영역에 매칭되는지 알 수 있다.



<그림 1> 부분그래프 매칭에 기반한 맵매칭 과정



〈그림 2〉 지역 1의 지도그래프 구성



〈그림 3〉 지역 2의 지도그래프 구성

3. 모의실험 결과

본 논문에서 제안한 주행로 의미정보간 부분그래프 매칭을 수행하기 위하여 실제 위성지도로 샘플을 구성하여 모의실험을 수행하였다. 부분그래프를 구성할 때, 노드의 개수가 적으면 부분그래프가 전체그래프에서 여러 부분에 중복으로 매칭되는 결과가 발생한다. 부분그래프의 노드의 개수가 많은 경우에는, 부분그래프가 전체 그래프에서 매칭이 되지 않는 경우도 발생하고, 부분그래프의 의미정보 노드 구성시 잘못된 정보에 민감하여 실제와 다른 의미정보가 노드에 저장되어 매칭이 되지 않는 경우도 발생할 수 있다. 이러한 문제점 때문에 부분그래프의 적절한 노드 개수를 정하여 매칭을 진행해야 한다. 따라서 모의실험에서는 부분그래프의 노드 개수를 증가시키며 매칭을 진행하고, 매칭에 대한 중복도를 나타내었다. 매칭의 중복도(m)란 매칭된 모든 경우의 수를 매칭된 부분그래프의 조합의 수로 나눈 것이다.

$$m = \frac{N_{CM}}{N_{SC}}$$

여기서 N_{SC} 는 주어진 노드 개수에 대한 부분 그래프의 모든 경우의 수를 나타내며, N_{CM} 은 N_{SC} 개의 모든 경우의 수에 대한 그래프 매칭을 각각 진행하였을 때 발생한 매칭되는 모든 그래프 개수의 합이다. 중복도 m 는 1보다 항상 크고, 중복도가 1에 가깝다는 것은 한 부분그래프에 대해서 매칭 결과가 유일하게 나온다는 것을 의미한다. 따라서 부분그래프 노드 개수에 따른 중복도를 확인하여 효과적인 부분그래프 매칭에 필요한 적절한 노드 개수를 고려할 수 있다.

모의실험에서는 그림 2의 지역1과 그림 3의 지역2에서 각각 표시된 주행로에 대하여, 2.1에서 설명한 각종 의미정보를 이용하여 지도를 그래프 형태로 재구성하였다. 그래프 구성에 사용한 의미정보는 표 1에 각 지역에 포함된 노드 개수를 나타내었고 그림 2, 3에는 대표 노드들을 나타내었다. 지역 1은 네 개의 교차로를 기준으로 넓은 주행로의 의미정

〈표 1〉 그래프 구성에 사용한 노드 종류

부분그래프 노드 종류		지역1	지역2
표지판	SG	18	38
교차로	INTS	11	17
삼방향 교차로	TWAY	7	13
유턴표지	UT	15	19
지하도	UND	0	3
횡단보도	CR	15	54
총합		66	144

〈표 2〉 각 지역에 대한 부분그래프 매칭 결과 (중복도)

부분그래프 노드 개수	지역1	지역2
	중복도	중복도
2	5.65	10.78
3	2.06	5.39
4	1.31	3.35
5	1.14	2.57
6	1.05	2.20
7	1.00	1.90

보를 연결하여 그래프로 구성하였고, 지역 2는 격자 형태의 교차로를 기준으로 의미정보를 연결하여 그래프로 구성하였다. 각각 그래프로 구성된 지역 1과 지역 2를 이용하여 부분그래프의 노드 개수에 따른 부분그래프 매칭을 진행하였다. 모의실험 진행 결과 표 2와 같이 제안한 부분그래프 매칭의 중복도를 각각 확인하였다.

모의실험 결과에서 지역 1과 지역 2의 중복도는 공통적으로 부분그래프의 노드 개수가 증가할수록 감소하는 경향을 보였다. 하지만 두 지역의 전체그래프의 노드 개수와 각각의 노드 연결 구성의 차이 때문에 두 지역의 중복도의 차이가 발생한 것으로 보인다. 지역 1의 전체그래프 구성이 지역 2의 전체그래프의 구조보다 상대적으로 단순한 형태이기 때문에 부분그래프의 노드의 개수가 적어도 중복도가 1에 가깝게 나왔다. 지역 2의 경우에는 그래프 구성이 더욱 복잡하고 반복되는 패턴이 발생하기 때문에 중복도가 지역 1의 경우보다 더 크게 나왔다. 이는 의미정보의 종류를 더 다양하게 사용한다면 지역 2에서도 중복도를 더욱 줄일 수 있을 것이다.

4. 결 론

본 논문에서는 주행로 의미정보간 부분그래프 매칭에 기반한 맵매칭 기법을 제시하였다. 먼저 주행로 의미정보를 이용하여 지도를 그래프 형태로 재구성하였다. 부분그래프 매칭에 사용할 적절한 노드 개수를 파악하기 위해 부분그래프의 노드 개수를 증가시키며 부분그래프 매칭을 진행하였다. 모의실험 결과로 지역 1과 지역 2의 부분그래프 매칭의 중복도를 나타내었다. 제안한 맵매칭 기법에서 모의실험 결과를 부분그래프 매칭을 수행할 때 적절한 부분그래프 노드의 개수를 정하는 데 이용할 수 있다. 추후에는 의미정보 인식 방법에서, 주행로에 통신 인프라를 이용하는 방법 등, 의미정보 인식률을 더욱 높여서 맵매칭을 진행한다면 위치추정 방법으로 확장할 수 있을 것으로 사료된다.

[감사의 글]

본 연구는 D2 이노베이션의 재원으로 국방과학연구소(ADD)의 지원을 받아 수행한 연구 과제(No. UC1500011D)입니다.

[참고 문헌]

- [1] Mohammed A. Quddus, "High Integrity Map Matching Algorithms for Advanced Transport Telematics Applications", *Degree of Doctor of Philosophy of the University of London*, 2006
- [2] Bernstein D, Kornhauser A, "An introduction to map matching for personal navigation assistants", *Transportation Research Board*, 1998
- [3] Bernstein D, Kornhauser A, "Map matching for personal navigation assistants", *Transportation Research Board*, 1998
- [4] 문준호, 최혁두, 박남훈, 김종희, 박용운, 김은태, "데이터베이스 기반 GPS 위치 보정 시스템", *Journal of Korea Robotics Society*, 7(3), pp. 205-215, 2012
- [5] Kaspar Riesen, Xiaoyi Jiang, Horst Bunke, "Exact and Inexact Graph Matching: Methodology and Applications", *Managing and Mining Graph Data*, pp. 217-248, 2010