

다중 적응 필터(MMAE)를 이용한 자율주행차량의 실내외 위치인식 시스템 개발

신세호¹, 최주희¹, 박재흥^{1,2}

¹서울대학교, ²차세대융합기술연구원

Development of Indoor-Outdoor Localization System using Multiple Model Adaptive Estimation for Autonomous Vehicle

Shin Seho¹, Choi Joohee¹, Park Jaeheung^{1,2}

¹Seoul National University, ²Advanced Institutes of Convergence Technology
e-mail: shinsh@snu.ac.kr, joohee0718@snu.ac.kr, park73@snu.ac.kr

요 약

본 연구는 자율주행 자동차를 이용하여 실내/외 환경에서 주행 시 차량의 위치 인식 시스템 개발에 대한 논문이다. 실외 주행 시 위치인식을 위해 일반적으로 사용되는 GPS 센서는 지형이나 지물에 의한 위성 신호의 사각지대가 빈번하게 발생하여 연속 측위에 문제가 발생할 수 있다. 또한 거리 센서 기반으로 동시간 위치 인식 및 지도 작성 방법(SLAM)은 실내의 측위가 가능하다는 장점이 있지만 넓은 범위에 적용하기에 많은 메모리가 요구되고, 공간 특징이 적은 개활지에는 정밀 측위가 적합하지 않다. 이러한 문제를 극복하기 위해 GPS 기반 측위시스템과 동시간 위치 인식 및 지도 작성 방법의 정보 융합을 통해 위성 신호가 취약한 실내 공간이나 공간 특징이 적은 개활 지역에서도 연속 측위가 가능한 방법에 대해 다루고자 한다.

1. 서론

스마트 자동차 산업의 발전에 따라 차선 유지 보조 장치 (Lane Keeping Assistance System, LKAS), 전자식 주행 안정화 제어 (Electronic Stability Control, ESC) 그리고 자동 비상 제동 시스템 (Autonomous Emergency Braking, AEB) 등 다양한 첨단 운전자 지원 시스템이 개발 되어왔다. 최근에는 운전자 지원 시스템의 기능을 넘어서 완전한 자율 주행 시스템으로의 관심이 증대되고 있다. 특히 차량의 실시간 위치 인식은 자율 주행 시스템의 경로 계획 및 제어를 위한 핵심적인 요소로 정밀성과 연속성이 요구된다.

차량의 실시간 위치 인식 기술은 대표적으로 Global Positioning System (GPS) 정보와 Inertial Measurement Unit (IMU)를 바탕으로 측위를 계산하는 방법[1]과 주변 환경의 특징 정보를 바탕으로 동시간 위치 인식 및 지도 작성을 하는 Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) 방법[2] 이 있다. GPS 정보를 이용하는 방법은 차량의 절대적인 위치를 측정하기에 적합하여 실외 주행에 많이 적용되지만 높은 건물이 많은 도심 지역이나 실내에서는 신호의 사각지대가 발생하여 연속적인 측위가 어렵다. 또한 동시간 위치 인식 및 지도 작성 방법은 실내외 모두 측위가 가능하다는 장점이 있지만 넓은 범위를 주행해야 하는 경우 지도 정보를 저장하기 위한 많은 메모리가 필요하고, 높은 연산

량이 요구된다. 또한 개활지 같은 특징 추출이 어려운 장소에서는 측위의 불연속성이 나타나기도 한다.

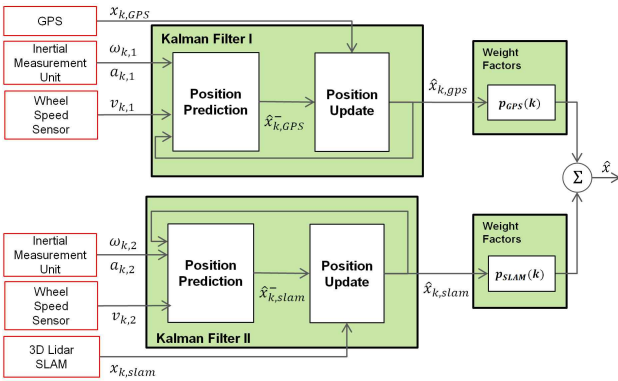
본 연구는 실외 측위에 유용한 GPS 기반의 위치 정보와 실내 측위에 용이한 SLAM 기반 위치 인식 정보를 얻기 위해 병렬적으로 칼만 필터를 구축하고, 실내외 연속 측위가 가능하도록 Multiple Model Adaptive Estimation (MMAE)을 이용하여 두 필터의 측정치에 대한 정보를 융합하는 방법에 대해 다룬다.

2. 본론

2.1 다중 칼만 필터 설계

GPS기반의 위치 인식과 SLAM기반의 위치 인식은 동일한 칼만 필터 알고리즘을 이용하여 구현한다. 이 때, GPS 기반의 칼만 필터는 위성 수신에 따른 다중 경로 생성 문제를 고려하기 위해 위성 상태에 따라 동적으로 공분산 값 갖도록 하기 위해 수평 위치 정밀도(HDOP)값에 따른 분산 값을 선형 모델링하여 적용 하였다. 또한 SLAM 기반 칼만 필터의 경우 특징이 적은 지역에서의 문제를 고려하기 위해 랜드 마크 수에 따른 공분산 값을 통해 동적인 측정 공분산 D_n 을 모델링 하였다. 식(1)은 동적인 측정 공분산 파라미터가 고려된 칼만 계인을 나타낸다.

$$K_k = P_k^- H_n^T (H_n P_k^- H_n^T + D_n(k))^{-1} \quad (1)$$



[그림 1] 제안된 위치 인식 알고리즘의 개요

2.2 MMAE를 통한 측정치 융합

복수 개의 서로 다른 칼만 필터를 통해 나온 정보를 융합하기 위한 방법이다[3]. 앞 절에서 제안된 두 개의 칼만 필터 결과 값에 MMAE 방법을 [그림 1]과 같이 적용하였다. 이 때, 회귀적으로 각각의 칼만 필터에서 나온 수치들을 융합하기 위해 가중치 함수가 요구된다. 이는 식 (2)~(4)와 같이 모델링 되었다.

$$p_n(k) = \frac{f_n(s_k) \cdot p_n(k-1)}{f_G(s_k) \cdot p_G(k-1) + f_S(s_k) \cdot p_S(k-1)} \quad (2)$$

$$f_n(s_k) = \frac{1}{\sqrt{2\pi|s_k|}} e^{-\frac{1}{2}(\epsilon^T \cdot s_k^{-1} \cdot \epsilon)} \quad (3)$$

$$s_k = H_n P_k H_n^T \quad (4)$$

식 (2)는 GPS 센서 기반 칼만 필터와 SLAM 기반 칼만 필터에 대한 각각의 에러 공분산 P 에 대해 확률 밀도 함수를 기반으로 한 가중치 요소 p_n 을 구하는 방법으로 필터에서 나온 위치 결과에 곱하게 된다. 최종 위치 값은 이 값들의 합으로 결정된다.

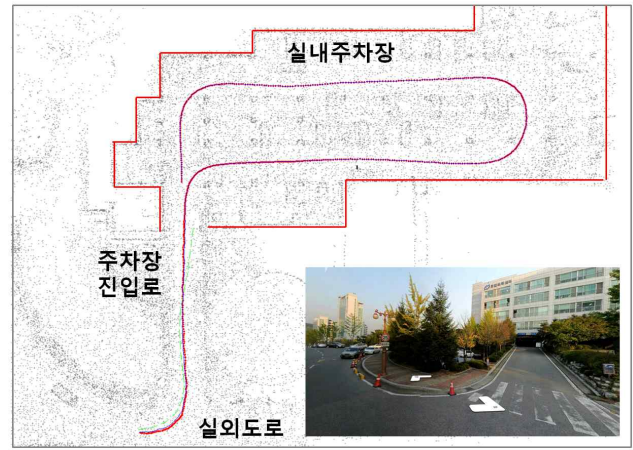
2.3 실험

실내의 측위를 위한 제안된 위치 인식 알고리즘은 HUACE사의 B20 GPS와 Velodyne사의 3차원 레이저 스캐너 HDR-64E를 실제 차량에 장착하여 실내외 주행을 통해 검증하였다. [그림 2]는 실외 도로에서 실내 주차장으로 차량 진입 시 측위 결과를 나타낸 것이다. [그림 3]은 실외에서 실내 진입 시 GPS기반 필터, SLAM기반 필터, MMAE기반 필터의 측정 결과를 그래프로 표현하였다. GPS기반 필터는 실내 진입을 위해 건물과 가까워짐에 따라 HDOP값이 커지고, 실내로 진입하게 되면 위성 신호 수신에 멈춘다. 본 연구에서 제안된 방법은 실외

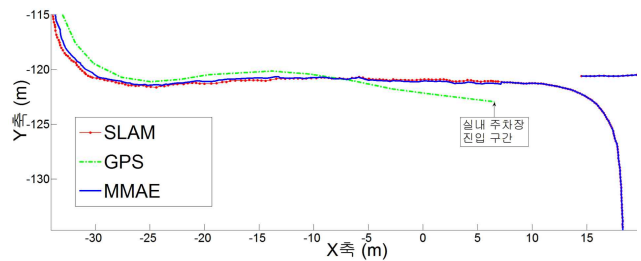
지역에서 GPS 칼만 필터와 SLAM 칼만 필터의 공분산에 따라 융합된 측정치 결과를 보인다. 또한 실내로 진입하면서 HDOP값이 커져 GPS 기반 측위 결과의 가중치가 점점 낮아지고, SLAM 기반의 측위 결과 값으로 수렴하게 됨을 보인다.

3. 결론

본 연구에서는 GPS와 SLAM 정보의 융합을 통해 실내외 연속 측위 방법에 대해 제안하였다. 이를 통해 실외에서 실내로 진입하는 진입 구간에서 발생하는 GPS 다중 경로 문제 구간 시 경로의 치우침이나 신호 차단으로 인한 측위 불연속 문제를 최소화하였다.



[그림 2] 실내외 주행 시 측위 결과



[그림 3] 측위 결과 비교 그래프

참고문헌

- [1] A. Fakharian, T. Gustafsson and M. Mehrfam, "Adaptive Kalman filtering based navigation: an IMU/GPS integration approach", Int. Conf. on Networking, Sensing and Control, 2011.
- [2] Zhang, Ji, and Sanjiv Singh. "LOAM: Lidar odometry and mapping in real-time." Robotics: Science and Systems Conference (RSS). 2014.
- [3] Barrios, Cesar, et al. "Multiple model framework of adaptive extended Kalman filtering for predicting vehicle location." Intelligent Transportation Systems Conference, 2006.