

텔레매틱스 응용을 위한 다중센서통합의 이중 접근구조

*김성백, 이승용, 최지훈, 장병태, 이종훈
한국전자통신연구원 공간정보기술센터
e-mail : kimstar100@etri.re.kr

Bimodal Approach of Multi-Sensor Integration for Telematics Application

*Seong-Baek Kim, Seung-Yong Lee, Ji-Hoon Choi, Byung-Tae Jang,
Jong-Hun Lee
Spatial Information Technology Center, ETRI

Abstract

In this paper, we present a novel idea to integrate low cost Inertial Measurement Unit(IMU) and Differential Global Positioning System (DGPS) for Telematics applications. As well known, low cost IMU produces large positioning and attitude errors in very short time due to the poor quality of inertial sensor assembly. To conquer the limitation, we present a bimodal approach for integrating IMU and DGPS, taking advantage of positioning and orientation data calculated from CCD images based on photogrammetry and stereo-vision techniques. The positioning and orientation data from the photogrammetric approach are fed back into the Kalman filter to reduce and compensate IMU errors and improve the performance. Experimental results are presented to show the robustness of the proposed method that can provide accurate position and attitude information for extended period for non-aided GPS information.

I. 서론

평균적으로 우리는 하루에 2시간 이상을 차안에서 보내며 이러한 시간의 대부분동안 전화통화 혹은 FM 라디오 청취등을 제외하고는 외부와 단절된 상태로 시간을 보내고 있다. 그러나, 최근 무선통신기술의 발달로 가정 및 사무실에서만 가능한 간단한 업무 및 정보 수집 기능을 차량안에서도 쉽게 처리할수 있는 텔레매틱스 기술이 실현화가 가능해졌다. 텔레매틱스는 차량의 위치파악기술과 양방향 통신이 가능한 시스템을 이용하여 차량내 정보단말을 통해 차량과 운전자에게 유용한 다양한 정보 및 서비스를 제공하기 위한 종합적인 정보서비스를 의미한다. 즉 GPS를 기반으로 하는 위성항법시스템을 이용한 위치추위 기술과 무전음성 및 데이터 통신기술의 통합된 최첨단 기술의 결정체라 정의할 수 있다.

본 논문은 차량위치 파악을 위해 기존의 GPS 위성 항법법의 단점을 보완하기 위해 GPS 수신기, 저가의 관성항법시스템 및 이미지센서를 이용하여 도심지역에서 GPS 신호가 누락 또는 차단되는 경우에도 고정밀의 차량위치정보제공 알고리즘을 제안하였다.

본 논문에서 제시한 알고리즘을 검증하기 위해 차량에 GPS 수신기, CCD 영상센서 와 저가의 IMU를 장착하여 실험하였고, 그 결과를 2주파수를 이용한 DGPS결과와 비교하여 알고리즘을 검증하였다.

II. 약결합 방식 GPS/INS 통합 알고리즘

GPS/INS 통합 시스템을 구현하기 위해서는 먼저 관성센서의 데이터를 사용하여 항법해를 구하는 순수 관성 항법(pure inertial navigation) 알고리즘을 구현하여야 한다. 스트랩다운 항법 알고리즘

즘은 IMU(inertial measurement unit)로부터 얻어진 자이로스코프와 가속도계의 출력을 이용한 자세 계산 알고리즘과 위치 및 속도 계산 알고리즘으로 구성된다. 자세계산 알고리즘의 경우 수치적으로 안정되고 계산비용에서도 유리한 쿼터니언(quaternion) 방법을 주로 사용한다. 쿼터니언은 특이점의 발생을 억제할 수 있어서 오일러(Euler) 방법보다 우수하다고 알려져 있다[1]. 위치와 속도 계산 알고리즘의 경우는 가속도계가 동체에 직접 부착되어 있으므로 가속도계에서 측정된 가속도를 항법 좌표계로 변환시킨 후 항법 방정식을 계산하여 속도 및 위치해를 구할 수 있다[2]. 이와 같이 관성항법알고리즘의 구현 후 GPS 위성 항법정보를 이용하여 IMU의 오차누적을 억제 및 성능향상을 기대할 수 있다. 의사거리나 반송파 정보를 직접 이용하는 강결합과 달리, 약결합은 수신기에서 제공하는 항법해 자체를 이용하는 이중의 필터구조를 취하고 있다. INS와 GPS 각각에서 얻어진 항체의 위치해 차이를 측정치 정보로서 이용한다. Kalman 필터에서 측정된 오차상태변수를 다시 INS에 되먹임시켜 오차를 보상(compensation)하는 구조를 취한다. 전체적으로 간접 되먹임(indirect feedback) 구조를 취하게 되며, 여기서 맞는 확장형 칼만필터(Extended Kalman filter)가 사용된다.

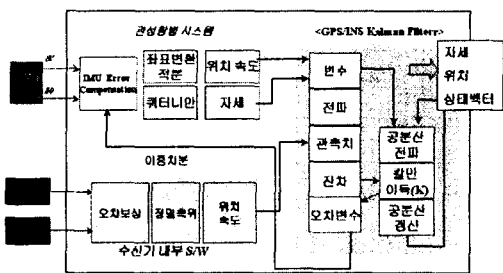


그림 1 약결합 방식의 GPS/INS 통합

지구의 구면 효과를 효과적으로 반영하기 위하여 WGS-84 좌표계(위도, 경도, 높이)로 표현된 위치오차와, 그리고 NED 항법 좌표계로 표현된 속도오차, 그리고 자세오차로 항법해 오차 상태변수(error states)가 이루어지고 있으며 가속도계와 자이로에서 발생하는 바이어스 및 스케일 팩터를

센서오차 상태변수로 구성되어 있다. 약결합 구조는 그림 1에 나타내었다.

III. 이미지기반 멀티센서 통합알고리즘

일반적인 약결합 방식의 경우 GPS의 가시위성 개수가 3개 이하일 때 GPS/IMU 결합시스템의 경우 IMU 단독항법을 수행함으로 인하여 오차가 시간이 지날수록 증가하는 단점을 가진다. 약결합 시스템의 경우 이러한 단점을 극복하기 위하여 저가의 다른 센서를 이용할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 차량에 장착된 카메라로부터 얻어지는 영상정보를 이용하여 IMU오차 보정 및 성능향상을 시도하였다. 특히, GPS신호의 단절의 경우 영상센서를 이용한 필터를 구성하였다. 그림 2에서 이미지 기반 GPS/INS 통합 시스템을 나타내고 있다. 본 알고리즘을 살펴보면 GPS의 가시위성 개수가 4개 이상일 경우 GPS/IMU통합시스템을 통해 정밀하고 연속적인 항체의 정보가 제공가능하다. GPS/IMU 통합정보를 이용하여 영상의 해석을 위한 표점요소를 획득할 수 있다. 이를 위해 카메라 Self-Calibration 과정을 통해 기준영상의 표점요소와 영상획득당시의 GPS/IMU통합 정보를 이용하여 좌표계간의 변환계수를 획득할 수 있다. 이 변환계수를 이용하여 주행중인 항체의 영상의 변수를 연속적으로 획득가능하다. 그리고 도심지역의 빌딩이나 숲의 영향으로 GPS 신호의 가용성이 저하될 경우 역으로 계산된 카메라 변수를 이용하여 IMU의 오차누적 및 성능저하를 방지할 수 있다. 이에 대한 세부알고리즘을 그림 2에 나타내었다.

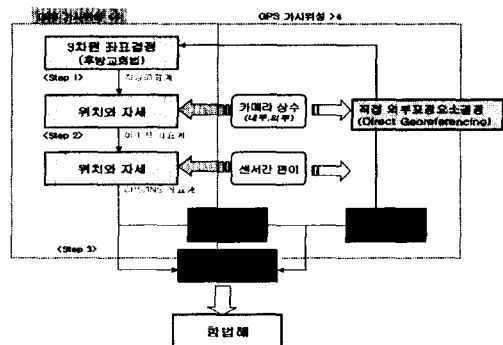


그림 2 이미지기반 멀티센서 통합 알고리즘

영상과 GPS/IMU통합정보를 합성을 위해 지상차량의 운행 전 Self-Calibration 과정을 통해 기준영상의 획득

독당시의 위치와 자세정보와 그 동일한 시각의 GPS/IMU정보를 이용하여 영상좌표계와 GPS/IMU 좌표계사이의 변환계수를 얻게 된다. 획득된 변환계수를 이용하여 차량 주행시 카메라의 위치와 자세 정보를 자동으로 알 수 있으며 이를 통해 영상에 나타난 대상물이나 특징물의 3차원 좌표를 추출할 수 있다. 도심 지역의 높은 빌딩등으로 인하여 GPS 신호가 누락 또는 손실시에 획득된 대상물의 3차원 정보를 이용하여 GPS신호 없이도 카메라의 정보를 알 수 있으며 이를 GPS/IMU 좌표계속으로 변환하여 저급 IMU의 오차누적 및 성능저하를 방지할 수 있다.

본 알고리즘의 성능평가를 위해서는 아래와 같은 기본 가정이 선행되어야 한다.

- ① 연속된 영상의 두개의 프레임에서 동일한 대상물을 획득하기 위해 차량은 저속의 주행을 해야 한다.
- ② 획득된 두개의 프레임상에는 항상 대상물이나 특징점이 존재하여야 한다.

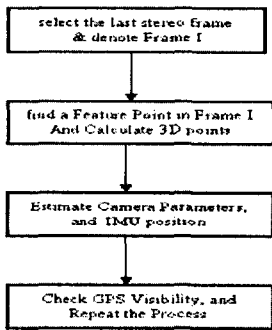


그림 3 제안된 알고리즘의 세부실험절차

그림 3에서는 알고리즘의 실행을 위한 자세한 과정을 나타내었다.

IV. 실험 및 결과

본 논문에서 제기한 알고리즘의 시험평가를 위해서 직사각형의 주행궤적을 약 10분간 주행하였다. 그림 4에서는 주행시 두 대의 카메라에 획득된 영상에 대해 아래와 같이 해리스 코너 디텍터[5]를 이용하여 특징점을 추출하였으며 추출된 특징점에 해당하는 우측카메라의 에피플라 라인을 나타내었다.



그림 4 특징점 추출과 에리플라 라인생성

시험평가를 위한 시험 궤적상에서 그림 5와 같이 GPS 손실구간을 가정하여 이 구간에 대해서 알고리즘을 적용하였다.

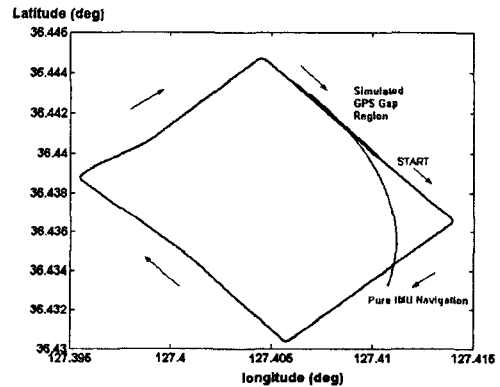


그림 5 테스트의 주행궤적

그림 5에서 적색구간에서는 일반적인 약결합 방식의 GPS/INS통합 시스템의 경우 GPS손실구간에서는 IMU 단독항해를 실시하였을 경우 오차가 누적되어 발사하는 것을 나타내고 있다. 하지만 이미지를 이용한 본 알고리즘의 적용시 그림 5에 파란색으로 나타낸 것과 같이 정상적인 항법해를 제공함을 알 수 있다.

본 알고리즘 적용시 나타난 오차를 그림 6에서 나타내고 있으며 차량 항법 주행시 요구되는 성능인 1-2미터급의 성능오차를 나타내고 있으며 이는 텔레메틱스 서비스 사업에서 요구되는 미터급의 차량 오차해를 만족하고 있음을 알 수 있다.

Conference, pp 147-151, Manchester, UK, August 1988..

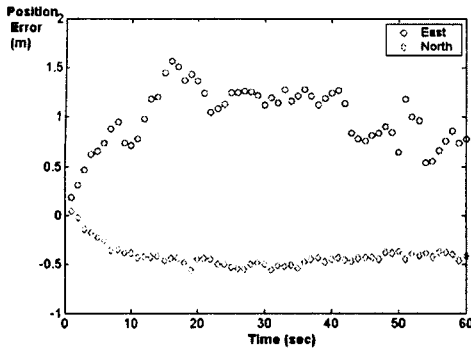


그림 6 알고리즘의 위치오차

V. 향후과제

본 논문에서는 향후 테레매틱스 서비스 사업에서 결정적으로 중요시 되는 차량 항법해 와 관련된 알고리즘을 제시하였다. 알고리즘의 적용을 통하여 기존의 GPS 항법해가 이용 불가능한 경우를 가정하여 테스트를 진행하였으며 단순히 약결합 방식의 GPS/IMU 결합보다 GPS 손실구간에서 성공적으로 차량의 항법해를 제공함을 알 수 있었다. 본 논문은 구현이 용이한 GPS/INS 약결합 방식의 단점을 보완하기 위한 연구로서 진행되었으며 더 많은 알고리즘 정밀화와 연구가 진행되어야겠다.

참고문헌

- [1] Eun H. S, "Accuracy Improvement of Low Cost INS/GPS for Land Applications", UCGE Reports Number 20156, Dept. of Geomatics Engineering, Calgary, Canada.
- [2] Q.A. Abdullah, M.A., "Integrated GPS inertial measurement solution as an alternative to aerial triangulation: a case study, Proceedings", ASPRS Annual Convention, Baltimore, 1999, pp. 867-876
- [3] D.H. Titterton and J.L. Weston, Strapdown Inertial Navigation technology, Peter Peregrinus, United Kingdom, 1997
- [4] M. Moffit, E. M., Mikhail, photogrammetry, Harper and Row, New York, 1980.
- [5] C.C. Harris and M. Stephens. A Combined corner and edge detector. Alvey, Vision