

센서 퓨전을 이용한 이동로봇의 위치 추정

Sensor Fusion of a Mobile Robot using IMU and Optical Odometer

*박혜리¹, 현동준¹, 김진성⁴, 양현석¹, 박혁성², 천문숙², 박상봉³, 김동현³

*H.R. Park¹, D.J. Hyun¹, J.S. Kim⁴, H.S. Yang(hsyang@yonsei.ac.kr)¹, H.S. Park², M.S. Cheon², S.B. Park³, D.H. Kim³
¹ 연세대학교 기계공학과, ² (주)로보젠, ³ 수자원기술주식회사, ⁴ 해군사관학교

Key words : Inertial Navigation, Localization, Sensor Fusion, IMU, Optical Odometer

1. 서론

최근 지하에 매설된 관의 보수 및 교체를 위해 이상 부분을 탐지하고 관의 위치를 파악하는 것이 중요한 이슈가 되고 있다. 모바일 로봇을 이용하여 배관 위치를 추정하는 것은 직접 땅을 파야 하는 기존의 탐사측량 방식보다 여러 가지 측면에서 효율적이다. 모바일 로봇은 지하의 협소한 배관을 이동해야 함으로 지상에서 사용하는 GPS 나 부피가 큰 센서는 사용할 수 없다. 따라서 크기가 상대적으로 작고 가격이 저렴한 센서를 고르게 되었다.

보통 휠타입의 주행거리계는 슬립에 의한 오차가 발생하여 누적되기 때문에 본 연구에서는 광마우스를 응용한 Optical odometer 를 사용하였다. 주행 후 IMU 의 각속도, 가속도 값과 Optical odometer 의 거리 값을 관성항법 알고리즘에 적용시켜 수치를 지도화 하였다.

2. 시스템 구성 및 알고리즘

IMU (Initial Measurement Unit)	3 개의 가속도 센서와 3 개의 Gyro 를 가지고 있어 동체가 움직일 때 x, y, z 축의 가속도와 각속도를 출력한다. 이렇게 IMU 에서 출력된 가속도와 각속도의 값을 항법 알고리즘으로 계산하여 모바일 로봇의 위치 및 속도를 알 수 있다.
Optical Odometer	Optical Odometer 를 이용한 위치추정은 바퀴 미끄러짐에 의한 오차가 없다. 위치추정 연산이 간편할 뿐 아니라 가격이 저렴하다는 장점이 있다
Data Storage	IMU 의 가속도, 각속도와 Optical odometer 의 속도를 시간에 따라 SD 카드에 저장하도록 하였다.

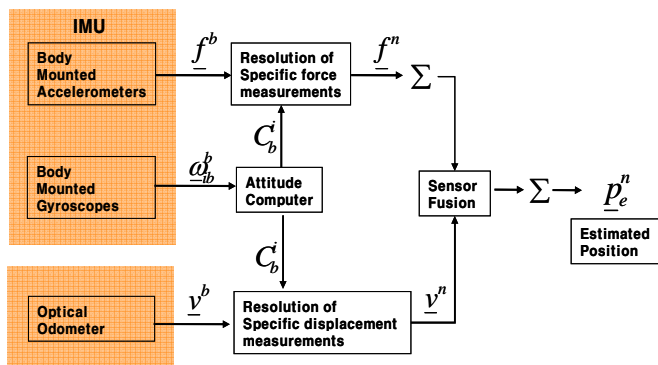


Fig.1 Schematic Diagram

위의 다이어그램은 IMU 를 사용하는 기존의 관성항법 알고리즘에 Optical Odometer 를 추가한 것이다. 즉, IMU 와 Optical Odometer 의 데이터를 필요에 따라 스위칭이 가능하다. 결과적으로 상호보완적인 센서퓨전을 통해 추정되는 위치를 구할 수 있다.

3. 센서 퓨전 알고리즘

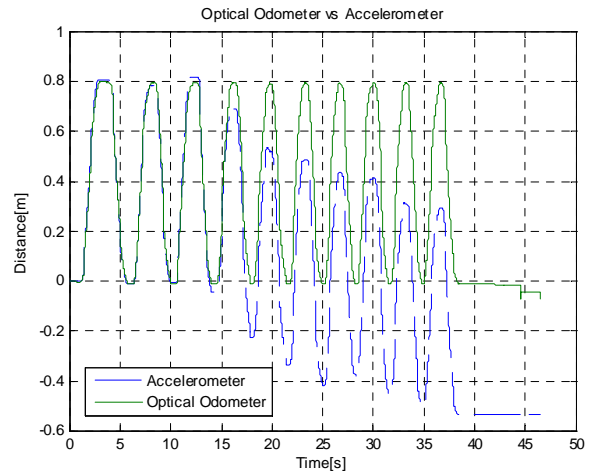


Fig.2 Characteristic Experiment

Fig.2 는 Optical odometer 와 IMU 의 가속도센서에서 얻은 데이터를 바탕으로 거리 값을 비교한 것이다. 리니어 가이드를 이용하여 두 센서를 0.8m 구간 왕복시키고 얻은 결과이다. Optical odometer 는 일정한 거리 값을 나타냈지만 가속도센서는 13 초를 기점으로 값이 (-)쪽으로 편향되어 오차가 증가함을 알 수 있다.

다음은 3 차원 곡관상에서 움직였을 때 Optical Odometer 로 얻은 속도변화이다. 평면 주행 시 정확한 값을 보였지만 곡관을 지나면서 속도변화가 0 인 fail 구간이 나타났다.

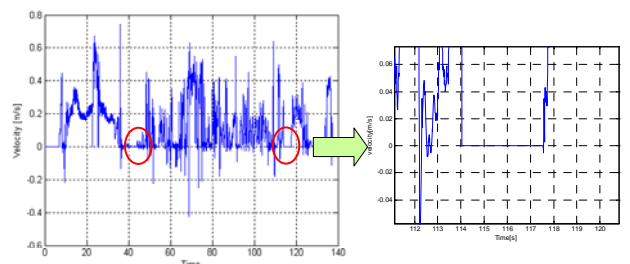


Fig.3 Optical Odometer Failure

Optical Odometer 를 사용할 경우 drift 나 offset 이 생기지 않는 반면 바닥의 재질에 민감하기 때문에 fail 구간이 생겼다. 따라서 기존의 fail 데이터 대신 IMU 에서 추출한 가속도 값으로 교체하였다. 센서퓨전 방식을 이용하면 각 센서 값을 상호보완적으로 쓸 수 있기 때문에 정확도를 높일 수 있다.

4. 실험 결과

위치 추정 및 매핑 실험을 위해서 무선조정이 가능한 실험용 차량을 이용하였다. 실험용 차량에는 Optical Odometer 와 IMU, 데이터 저장장치를 장착하였다. 주행 시 속도와 가속도, 각 가속도 값 등을 SD 카드에 저장하는 방식을 사용했다. 이 실험용 차량은 내경이 390mm 인 관을 지나게 되고 저장된 데이터를 바탕으로 관의 경로를 추정

할 수 있다.

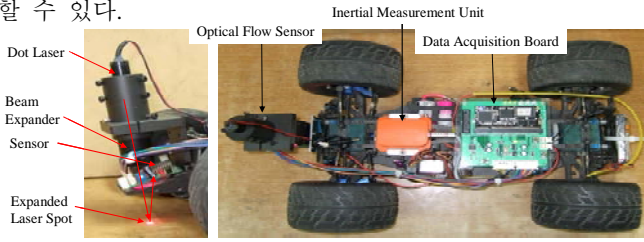


Fig.4 Test Vehicle



Fig.5 Three Dimensional Experiments

외부에 설치된 관을 통해 3D 상의 궤적을 분석하고 실험용 차량이 움직인 경로와 비교해보았다. Fig.6 은 관의 궤적과 매핑된 궤적간의 차이를 보여준다.

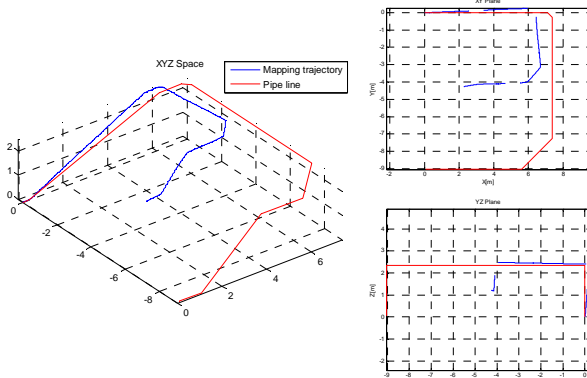


Fig.6 Mapping of Raw Data

Fig.7 은 Optical Odometer 의 fail 데이터를 IMU 의 속도 데이터로 교체한 것이다.

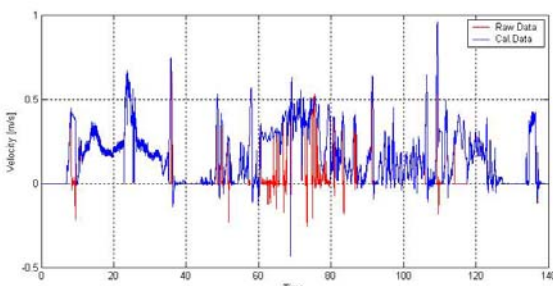


Fig.7 Calibration of Data

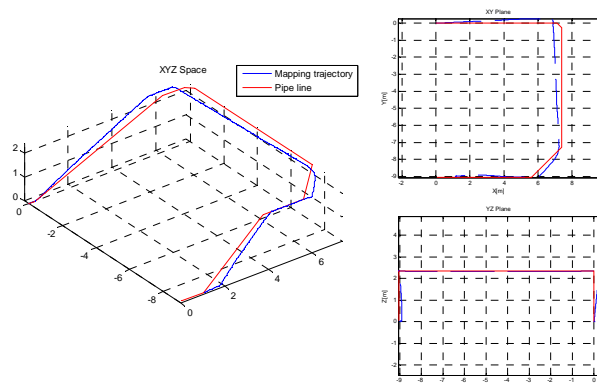


Fig.8 Mapping of Calibration of Data

Fig.8 은 보정 후의 결과 그래프이다. Optical Odometer 와 IMU 의 센서 퓨전을 통해 보정된 궤적은 실제 관의 궤적과 유사함을 볼 수 있다.

4. 결론

협소한 지역에서 매핑에 사용할 수 있는 센서는 크기와 가격 면에서 제한적이기 때문에 센서를 퓨전하여 각각의 단점을 보완하였다. 실험용 차량이 3 차원 곡관을 지날 때 각 구간마다 재질과 투명도가 다르기 때문에 fail 구간이 생겼다. 이 때, 속도가 0 이 된 구간들을 보정하기 위해 IMU 의 가속도계에서 얻은 가속도 값을 적분하여 대체하였다. 그 결과 실제 경로와 유사한 매핑결과가 나타났다. 이 실험을 통해 각 센서에서 얻은 데이터를 적절히 퓨전하면 좀 더 정확도 높은 결과를 얻을 수 있다는 것을 알 수 있다.

아직 3D 상의 궤적은 불안정한 상태이기에 여러 센서에서 얻은 데이터를 잘 활용하여야 한다. 실제 모바일 로봇이 움직인 궤적과 정확하게 일치시키기 위해서는 알고리즘 개선 및 데이터 보정이 필요하다. 또한 센서퓨전으로 완성된 알고리즘은 추후 field 로봇에도 응용될 수 있을 것이다.

참고문헌

1. J. S. Kim, "Localization and Mapping of a mobile Robot Using IMU and Optical Odometer", Yonsei University, p.16~35, 2008
2. Lauro Ojeda and Johann Borenstein, "Improved Position Estimation for Mobile Robots on Rough Terrain Using Attitude Information", Technical Report UM-ME-01-01, p.1-5, 2001
3. David Titterton and John Weston, "Strapdown Inertial Navigation Technology, 2nd Edition," The American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2004
4. Jack B. Kuipers, "Quaternion algebra" Quaternions and rotation sequences, Vol. 1, p.103 ~139, 1999
5. J. W. Seo, J. G. Lee, C. G. Park, Y. W. Rho, "Location Measurement and Digital Mapping of Underground Pipeline Using Geometry Fig : Constitution of System" Conference of KSCE 2005, p.4494 ~ 4496, 2005
6. S. J. Lee, C. S. Yoo, Y. H. Shim, J. C. Kim, "Performance Analysis of Strapdown Inertial Navigation System" Korea Aerospace Research Institute 2002, Vol. 1, p.29 ~ 30, 2002.
7. S. J. Baek, "Range sensor data processing for mobile robot localization" Hongik University, p.28 ~ 38, 2006