

광류 및 초음파 센서를 이용한 모바일 로봇의 위치 추정 및 자율주행 Localization and Navigation System Based on Optical Flow and Ultrasonic Sensors for Mobile Robot

*김시습¹, 허준호¹, 양성모², #기창두³

*S. S. Kim¹, J. H. Her¹, S.M. Yang², #C.D. Kee(cdkee@chonnam.ac.kr)³

¹ 전남대학교 대학원 기계공학과, ² 전북대학교 기계항공시스템공학부, ³ 전남대학교 기계시스템공학부

Key words : Mobile Robot, Optical Flow, Localization, Navigation

1. 서론

SLAM 알고리즘은 대부분 레이저 센서나 초음파 센서와 같은 거리 측정 센서를 기반으로 구현되어 왔다. 레이저 센서를 사용하는 경우 주변 환경에 대해 비교적 정확한 위치 정보를 얻을 수 있지만 장비가 고가라는 점 때문에 실용화에 어려움이 있었다. 그리고 초음파 센서를 사용하는 경우 가격적인 측면에서 장점이 있지만 부정확한 거리 정보를 제공하므로 후처리 과정이 필요하게 된다. 이동 로봇의 위치를 추정할 때 거리정보만 이용하면 잘못된 정보교합을 일으킬 수 있다. 그에 비해서 비전 센서는 풍부한 정보와 정확한 정보 교합, 가격 대비 우수한 성능을 제공하므로 최근 이를 이용한 SLAM 알고리즘에 대한 연구가 증가하고 있다.

본 논문에서는 이동로봇의 초음파 센서와 비전 센서가 지니는 장단점을 고려하여 각 센서에서 얻을 수 있는 정보를 효율적으로 통합하고 처리하여 정확한 위치 인식과 자율 주행방법에 대해서 제안한다. 본 논문에서 제안하는 알고리즘은 크게 세부분으로 나누어지며 1) 초음파 센서의 데이터 처리, 2) 영상으로부터 Optical flow 추출 및 물체 인식, 3) 데이터 통합을 통한 주행 및 위치 인식 알고리즘으로 구성된다.

이 연구를 수행하기 위하여 비전 시스템과 초음파센서 어레이를 장착한 이동로봇을 제작 하였으며 Stand-Alone 형태로써 완전 독립적으로 구동이 가능하도록 하였다. 전체적인 구조는 Fig. 1과 같다. 본 연구에서 제안한 알고리즘을 적용하여 실험하였으며 그 결과 실내 환경에서 실제와 유사한 맵을 작성하였고 정확한 위치추정과 주행능력을 확인 할 수 있었다.

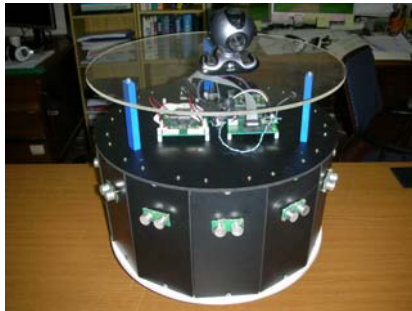


Fig. 1 Mobile robot system

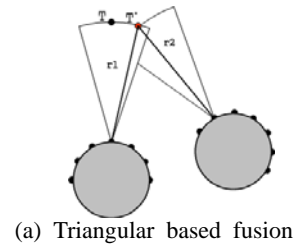
2. 초음파 센서의 데이터 처리

실내 환경에서 초음파센서로 인식 가능한 물체는 사무용 책상이나 의자 모서리, 기둥 형태로 된 것들이다. 초음파센서를 이용해서 실내 환경의 특징 추출은 TBF 알고리즘을 기본으로 하였다. TBF 알고리즘은 초음파센서 데이터를 호로 모델링하고 삼각측량의 원리로 정확한 형상을 결정할 수 있는 방법이다. 한 위치에서 얻어진 초음파 정보만을 이용할 경우, 초음파 센서의 부정확한 강도 정보로 인해 측정된 점 형상의 위치가 초음파 빔의 호 상에서 어느 지점인지 정확히 알 수 없게 된다. 하지만 다른 위치에서 얻어진 초음파 센서 정보를 함께 이용한다면 두 호의 교점으로부터 정확한 점 형상의 위치를 결정할 수 있게 된다. 실제로 사용하는데 있어서 초음파 센서는 오차에 대해서 강인해야하고 잘못 인식된 점 형상을 효과적으로 제거해야한다. 이렇게 추출된 형상 가운데서 벽 등의 경계를 표시해줄 수

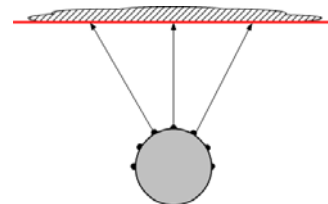
있는 형상을 선으로 추출해야 한다. 이러한 직선 형상을 추출하여 SLAM을 수행 할 경우 복잡한 환경에서 이동 로봇이 성공적으로 위치인식을 수행 할 수 있으며, 추출한 직선 형상으로 인해 얻어진 지도가 실제 환경을 잘 묘사 할 수 있다는 장점이 있다.

초음파 센서 정보를 이용하여 직선 형상을 추출하는 방법으로는 초음파 센서의 특성상 일정한 각도(25°)의 초음파 빔을 사용하는데 벽 등의 장소에서 얻어진 센서데이터는 초음파 센서의 위치에 따라서 비슷한 거리 값이 검출된다. 따라서 이러한 데이터를 통해서 최소자승법으로 직선 형상을 추출할 수 있다.

Fig. 2 (b)에서 보는 것과 같이 간단한 방법을 통해서 직선 형상을 추출할 수 있음을 알 수 있다.



(a) Triangular based fusion



(b) Line extraction

Fig. 2 Dot & line extraction using TBF

3. 영상으로부터 Optical Flow 추출 및 물체인식

비전센서는 다른 센서들에 비해서 이동로봇이 주변의 환경을 인식하는데 많은 정보를 제공한다. 본 연구에서는 비전센서를 이용해서 이동로봇이 주행하는데 필요한 환경정보를 추출해낸다. 비전센서로 입력되는 연속적인 이미지들 사이에서 각 화소의 운동 속도를 추정하는 것을 Optical flow라고 하며 이 방법을 사용하여 운동벡터를 구하고 움직이는 물체 영역을 검출한다.

실제로 실내 환경에서 주행하는데 가구나 책상 등의 다양한 물체들이 존재하게 된다. 이동로봇에 카메라가 장착되어 있기 때문에 장애물들과 상대적인 움직임을 통해서 장애물을 인식하고 이동로봇이 효과적으로 주행하는데 사용한다.

비전 센서로 입력되는 영상을 처리하기 전에 전처리 과정으로서 마스크 사이즈가 3*3인 표준 가우시안 저역통과 필터를 사용하여 Smoothing 과정을 거쳐서 영상의 노이즈를 제거한다. Smoothing 과정을 거친 영상에 3*3 소벨 마스크를 적용하여 영상의 Edge를 검출한다. Edge 영상에서 Thresh holding 과정을 거쳐 불필요한 간 영상들을 제거한다. 이렇게 검출된 이동 물체를 영역화 한다. 입력되는 전체 영상에 대해 Optical flow 알고리즘을 적용하는 것이 아니고 검출된 이동물체만 적용된다. 이렇게 함으로써 처리되는 영상의 데이터양을 줄여 처리속도를 높일 수 있다. 비전센서로부터 Optical flow를 추출하는 과정을 도식화하면 Fig. 3과 같이 나타낼 수 있다.

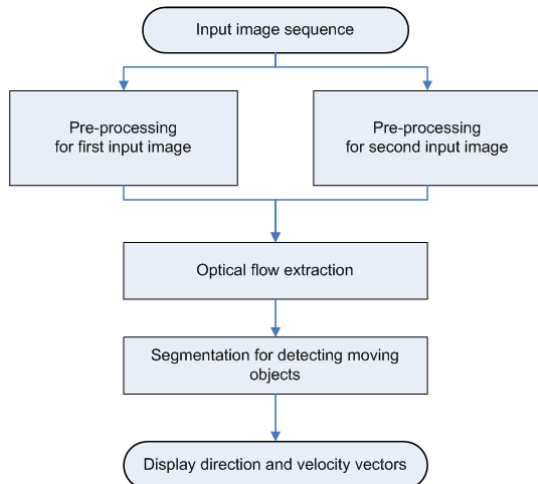


Fig. 3 Optical flow algorithm

4. 데이터 융합 알고리즘

SLAM 알고리즘에서 가장 어려운 부분 중 하나는 데이터를 교합하는 과정으로 현재 측정된 형상이 기존에 인식했던 형상들 중에서 어느 것과 일치하는지 혹은 새로운 형상인지를 판단해야 한다.

실내 환경아래서 초음파 센서를 사용하여 특징 점을 추출과 이동물체까지의 거리를 계산하고 비전 센서를 사용하여 Optical flow를 추출과 이동물체를 영역화 함으로써 측정된 거리정보와 특징 점들을 이용하여 이동로봇과 상대적 위치의 있는 물체를 인식하고 SLAM작업을 수행할 수 있게 하였다.

전체 정보 교합 과정은 Fig. 4와 같이 이루어진다.

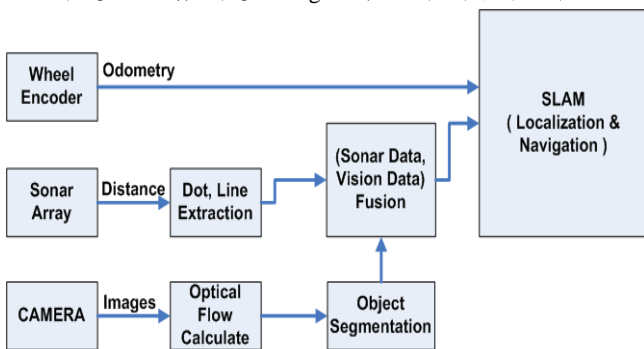


Fig. 4 Block diagram of SLAM

5. 실험 및 결과

본 연구에서 제안된 알고리즘은 Fig. 5와 같은 실제의 실내 환경에서 그 성능을 평가하였다. 이동로봇은 책상, 책장 그리고 A4상자 등의 장애물을 미리 배치해 놓은 환경에서 자율주행 실험을 수행 하였으며 초음파 센서로 TBF 방법을 이용하여 물체의 초음파 형상을 추출하였다.

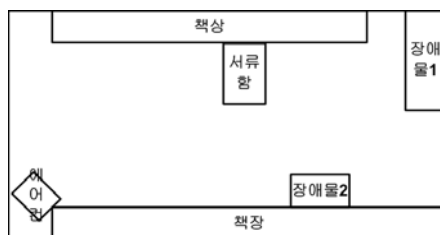
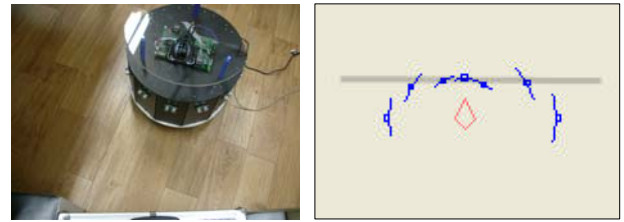


Fig. 5 3.5m x 5m experimental environments

Fig. 6은 벽을 감지했을 때 초음파 측정 형상을 나타낸다. 벽을 감지했을 때 인접한 세 개의 센서 값이 비슷하게 나오는 것을 이용하였다. 또 아래의 Fig.6 (b)는 직선 형상을 추출한 그림이다.



(a) (b)
Fig. 6 Wall detection & line extraction

Fig. 7은 비전센서를 이용해서 이동 물체를 인식한 그림과 실내 환경 영상의 Edge를 구한 영상으로 비교적 실제 환경에 유사함을 알 수 있다.

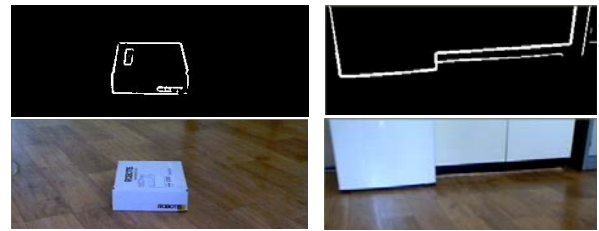


Fig. 7 Object segmentation & edge detection

6. 결론

본 연구에서는 초음파 센서와 비전 센서를 사용하여 가정이나 사무실 환경 등 실내에서 이동로봇의 SLAM을 위한 알고리즘을 제안 하였다. 초음파 센서를 이용해서 점, 직선형상을 추출하고, 비전 센서를 이용해서 연속적으로 입력되는 영상으로부터 Optical flow를 추출하여 이동로봇과 상대적 위치에 있는 물체의 움직임을 인식하였으며 이 두 센서의 정보를 종합적으로 융합하여 안정적인 SLAM 작업을 수행할 수 있음을 검증하였다.

참고문헌

1. J.D. Tardós, J. Neira, P. M. Newman, and J. J. Leonard, "Robust Mapping and Localization in Indoor Environment Using Sonar Data," in Int. Journal of Robotics Research, vol.21,no.4,pp. 311-330, 2002.
2. J. J. Leonard and H. F. Durrant-Whyte, "Mobile Robot Localization by Tracking Geometric Beacons," in IEEE Trans. on Robotics and Automation, vol.7,no.3,pp.513-523,1991.
3. O. Wijk and H. I. Christensen, "Triangulation-Based Fusion of Sonar Data with Application in Robot Tracking," in IEEE Trans. on Robotics and Automation, vol.16,no.6,pp.740-752,2000.
4. A. Elfes, "Sonar-Based Real-World Mapping and Navigation," IEEE Journal of Robotics and Automation, vol. RA 3,no.3, 249-265, 1987.
5. Horn, B. K. P. and schunck, B. G, "Determining Optical Flow," Artificial Intelligence, vol.17, pp. 185-203,1981.
6. J. L. Barron, D. J. Fleet and S. S. Beauchenic, "Performance of optical flow techniques," International Journal of Computer Vision, vol.12, no.1, pp.43-77.
7. Kahlouche Souhila and Achour Karim, "Optical Flow based robot obstacle avoidance," International Journal of Advanced Robotic System, " vol.4,no.1,pp.13-16,2007.