

이동로봇의 위치추정 성능개선을 위한 센서융합기법에 관한 연구

¹장철웅, ¹정기호, ²공정식, ³장문석, ⁴권오상, ¹이은혁
¹한국산업기술대학교 전자공학과, ²인하대학교 전자공학과, ³경기공과대학 자동화시스템과

A Study on the Sensor Fusion Method to Improve Localization of a Mobile Robot

¹Chul-Woong Jang, ¹Ki-Ho Jung, ²Jung-Shik Kong, ³Mun-Suk Jang, ⁴Oh-Sang Kwon, ¹Eung-Hyuk Lee
¹Dept. of Electronic Engineering, Korea Polytechnic Univ., ²Dept. of Microrobot, Daeduk college,
³Dept. of Electronic Engineering, Inha Univ. ⁴Dept. of Automation System, Gyeonggi Institute of Technology

Abstract - One of the important factors of the autonomous mobile robot is to build a map for surround environment and estimate its localization. This paper suggests a sensor fusion method of laser range finder and monocular vision sensor for the simultaneous localization and map building. The robot observes the corner points in the environment as features using the laser range finder, and extracts the SIFT algorithm with the monocular vision sensor. We verify the improved localization performance of the mobile robot from the experiment.

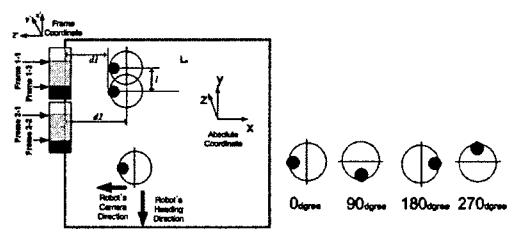


그림 1. (a)로봇의 실세계 좌표계와 획득 영상 좌표계의 관계. (b) 이동 로봇의 주행 방향과 카메라 위치관계.

1. 서 론

이동로봇이 자율주행을 하기 위해서는 이동로봇의 위치추정 문제와 경로 계획 문제를 해결해야 한다. 이 때 가장 중요한 것이 로봇 스스로 주변 환경의 지도를 만들고, 그 지도 안에서의 로봇 자기 위치를 파악하는 일이다. 이동 로봇이 이런 능력을 갖춘다면 미지의 환경에서도 환경을 인식하고 목적지까지 스스로 도달할 수 있을 것이다. 로봇에게 이런 능력을 갖추게 하는 것이 바로 동시 위치추정 및 지도생성(Simultaneous Localization and Map building) 기술이다. 이 때 로봇이 한 가지 센서만을 사용해서 주변 환경을 관찰할 경우 센서에서 검출하지 못하는 특징점들로 이루어져 있을 때 로봇은 그 주변 환경에 대해 불충분한 정보를 얻게 되어 오차를 유발한다. 이렇듯 단일 보다는 여러 개의 센서를 융합해서 사용하는 것이 유리하다. 본 논문에서 제안하는 방법에서는 레이저 레인지 파인더를 사용해 환경의 모서리를 특징점으로 검출하여 로봇의 현재 위치를 영역을 추정한다. 추정된 영역내에 단일 비전 센서에 의한 위치 추정 결과가 있을 경우 추정 정확도로 간주하고, 위치정보를 업데이트 한다. 본 논문에서 제안하는 센서융합 기반의 위치추정 기법은 기존 단일 센서만의 위치추정 시, 발생하는 위치추정 실패를 차단함으로써 위치추정 성능을 개선할 수 있었다.

2. 본 론

2.1 단일 비전센서를 이용한 위치추정

Lowe는 가우시안 차분 영상을 이용하여 특징점을 검출하기 위해 SIFT(Scale Invariant Features Transform) 변환을 이용하였다 [1]. SIFT 알고리즘을 이용한 특징점 검출 단계는 4단계로 구성되어 있다[2][3].

- ① Scale-Space extrema detection
- ② Keypoint localization
- ③ Orientation assignment
- ④ Keypoint descriptor

가우시안 차분을 이용하여 극대, 극소점들 구하게 되는데, 이 점들은 명암(Contrast)과 주요 곡률(Principle curvature)에 대해 민감하기 때문에 제거되어야 한다. 제거된 극대, 극소점들은 특징점이 되어, 각각의 특징점들을 국부 영상 특성에 준하여 방향을 구하고, 방향을 이용하여 각각의 특징점 마다 특징벡터를 구성한다. 이렇게 해서 구해진 각각의 점에 대해 좌표 x, y, 스케일, 방향, 128개의 서술자(descriptor)를 저장한다. 그리고 매칭시에는 이 값들을 비교하여 매칭을 수행한다. 그림 1(a)는 지도를 작성할 경우 작업공간에서 로봇과 획득한 영상과의 좌표 관계를 나타낸다. 로봇의 지도 작성 공간에 대한 좌표계 즉, 실세계 좌표계는 바닥 공간이 수평이라는 가정 하에, 바닥면은 (X, Y)좌표이며 높이는 Z좌표가 된다. 그러나 영상을 기준으로 할 경우 한 프레임에서의 평면 좌표는 (X, Y)좌표이며 영상과 로봇과의 거리는 Z좌표가 된다. 그리고 l은 두 프레임 간의 거리이고, d1은 카메라와 프레임과의 거리이며, d2는 로봇의 위치와 특징점과의 거리를 의미한다. 그림1(b)은 로봇의 주행방향과 카메라의 위치 관계를 나타낸다.

$$\begin{aligned}
 0^\circ &\leq x = Robot_x - t_x < 90^\circ \\
 &y = Robot_y + t_x \\
 90^\circ &\leq x = Robot_x + t_x < 180^\circ \\
 &y = Robot_y + t_x \\
 180^\circ &\leq x = Robot_x + t_x < 270^\circ \\
 &y = Robot_y - t_x \\
 270^\circ &\leq x = Robot_x - t_x < 360^\circ \\
 &y = Robot_y - t_x
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

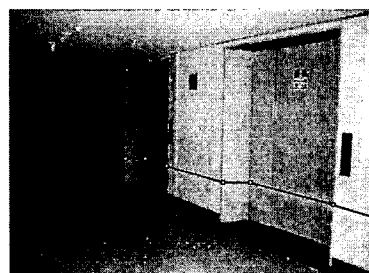
피쳐맵 작성이 완료된 로봇의 작업 공간은 자연 랜드마크가 형성된 것과 같다. 즉, 로봇이 목적지로 이동시 기본적인 엔코더나 거리 검출 센서에 의하여 위치 추정 및 장애물 회피를 하면서 주행도중 vision에 의해 검출된 특징점에 의해 로봇의 자세를 보정할 수 있게 된다.

$$\begin{bmatrix} X_F \\ T_F \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & -\sin(\theta) \\ \sin(\theta) & \cos(\theta) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_R \\ T_R \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} t_x \\ t_y \end{bmatrix}
 \tag{2}$$

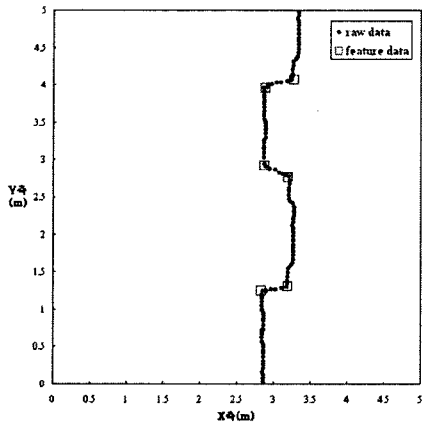
이동 로봇이 임의의 위치에서 적어도 2개 이상의 매칭이 되는 점을 갖는다면 식(2)를 연립해서 (t_x, t_y, θ) 을 구할 수 있다. 이렇게 해서 구한 (t_x, t_y, θ) 은 피쳐맵의 상대 위치에 대응하는 로봇의 상대 위치가 된다.

2.2 레이저 레인지 파인더를 이용한 위치 추정 기법

레이저 레인지 파인더를 이용하여 주변 환경의 특징점을 검출하기 위하여 환경의 모서리(edge)점을 검출하였다. 환경의 모서리는 강인한 랜드마크가 될 수 있으며, 모서리 점 사이의 정보 연관 문제에서도 유리하고, 데이터의 구축이 편리하다는 이점이 있다.[4] 모서리 점을 검출하기 위해서는 환경 내에서의 모서리에 대한 정의가 필요하다. 본 논문에서는 모서리 점을 다음과 같이 정의한다.
 · 점을 기준으로 좌우 10cm 이상의 직선성분이 있어야 함
 · 좌우 직선 선분사이의 각도가 $90^\circ \pm 20^\circ$ 를 만족해야 함



(a)



(b)
그림 2. 환경에서의 모서리 점 검출

그림 2(a)는 환경내의 모서리 점을 나타낸다. 그림 2(b)는 레이저 레인지 파인더에 의해 획득된 기본데이터(raw data)와 앞서 정의된 모서리 점의 조건에 의해 검출된 모서리 점(feature data) 데이터이다. 이러한 방법으로 특징점 지도를 구축한 상황에서 로봇이 모서리 점에 대한 거리 및 각도 정보를 얻게 됨으로써 위치를 추정 할 수 있다.

2.3 센서 융합에 위한 위치추정 성능 개선

기존 연구에서 단일 비전 센서에 의한 위치 추정은 비교적 정확한 성능을 나타냈지만 조명의 변화 및 특징점 매칭실패로 인해 위치추정 성공률이 70%에 지나지 않았다. 하지만 레이저 레인지 파인더 센서에 의한 위치 정보와 기존 비전센서의 위치추정 결과를 융합하여 위치추정 성공율을 개선할 수 있다. 두 센서의 위치 추정 정보의 융합기법은 그림 3과 같다.

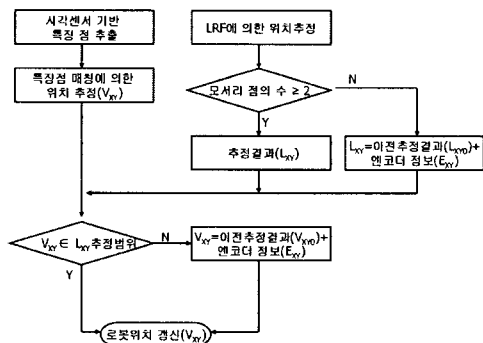


그림 3. 센서 융합기법에 의한 위치추정 알고리즘

3. 실험 및 결과

3.1 시스템 구성

실험은 한울 로보틱스의 Hanuri-RD 로봇을 사용하였다. LRF(Laser Range Finder)는 Hokuyo사의 URG-04를 사용하였고 비전센서는 Logitech의 webcam을 사용하였다. 로봇의 주제어부의 메인 컨트롤러는 PXA272(Intel 520Mhz) 프로세서이며 임베디드 리눅스 환경에서 제어하였다.

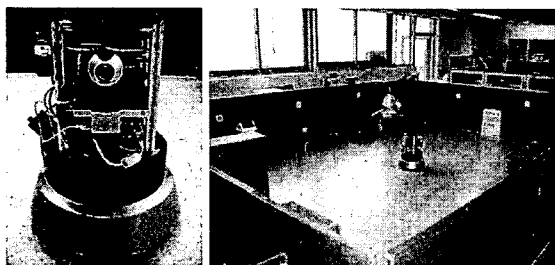


그림 4. 로봇시스템 및 실험환경

PC에서는 SIFT 및 매칭 알고리즘을 처리하여 소켓통신으로 로봇에게 전송한다. 로봇은 그림4의 실험환경 벽면을 따라 한 바퀴 주행하면서 주변환경에 대한 Feature Map을 작성하여 DB에 저장한다. 그림5는 비전센서 및 LRF에 의해 구축된 Feature Map을 나타낸다.

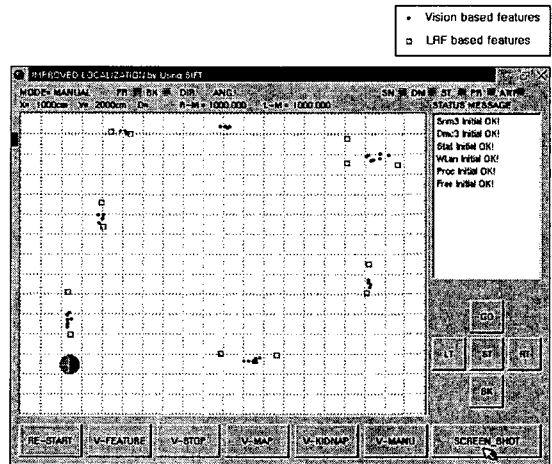


그림 5. 로봇시스템 및 실험환경

로봇은 Feature Map 작성 후 Kidnapping상황에서 주행하여 로봇의 위치를 추정한다. Kidnapping 상황에서의 로봇은 현재의 위치를 알 수 없으며, 두 장의 영상을 입력받아 특징점을 검출한 후 DB에 저장되어 있는 특징지도의 랜드마크들과 비교하여 가장 근접한 랜드마크로 인식하며, 상대적인 (x, y, θ) 얻어 로봇의 위치를 추정한다. 위치추정 결과, 비전센서만으로 위치추정을 했을 경우엔 70%의 위치추정 정확도를 보였으며, 비전센서와 LRF를 융합했을 경우에는 96%의 위치추정 정확도를 나타냈다.

4. 결론

본 논문에서는 센서 융합을 이용한 이동로봇의 위치추정성능 개선 방법을 제안하였다. 제안된 방법에서는 영상으로부터 변형된 SIFT 특징점에 의한 위치추정을 수행할 때 불충분한 특징점으로 인해 위치추정실패를 할 경우 LRF에 의한 환경의 모서리 점을 이용하여 보정하게 된다. 즉 두 개의 센서에 의한 특징맵이 서로 상호적으로 동작함으로써 기존 단일 비전센서만의 위치추정성능을 개선할 수 있었다.

[참 고 문 헌]

- [1] D.G. Lowe, and S. Se, "Vision-Based global localization and mapping for mobile robots," Proc. of IEEE Transactions on Robotics, vol. 21, pp. 217-226, June, 2005.
- [2] Niklas Karlsson, Luis Goncalves, Mario E. Munich, and Paolo Pirjanian "The vSLAM Algorithm for Navigation in Natural Environments" Evolution Robotics, Inc.
- [3] J. S. Lee, D. F. Shen, O. S. Kwon, E. H. Lee, S. H. Hong, "Mobile Robot Localization and Mapping using Scale-Invariant Features," Journal of IKEEE, Vol. 9, No.1 pp.7-18, 2005.
- [4] M.Altermatt, A.Martinelli, N.Tomatis and R.Siegwart, "SLAM with Corner Features Based on a Relative Map", Proceedings of 2004 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robot and System, pp.1053-1058, 2004