

단일카메라기반의 로봇 위치추정

이종호, 안창환, 박창우
인하공업전문대학 디지털전자정보과
e-mail : {ycm, aza, drcwpark}@inhatc.ac.kr

Single Camera Based Robot Localization

Yi Chong Ho, Ahn Chang Hwan, Park Chang-Woo
Dept. of Digital Electronics & Information
INHA Technical College

Abstract

In this paper, we propose a front-mounted single camera based depth estimation and robot localization method. The advantage of front-mounted camera is reduction of redundancy when the robot move. The robot computes depth information of captured image, moving around. And the robot location is corrected by depth information.

I. 서론

모바일로봇의 알려지지 않은 환경에서의 위치추정 (Localization) 문제는 모바일로봇의 경로제어를 위해 필수적인 것으로, 현재 세계적으로 활발히 연구가 진행되고 있다[1]. 대부분의 연구가 스테레오 비전센서를 기반으로 하는 연구[2]이며, 최근 들어 스테레오센서에 비해 비용면이나 적용면에서 많은 장점을 가지고 있는 정면을 바라보는 단일카메라 기반의 위치추정 기법이 연구되어지고 있다. 스테레오센서가 아닌 단일카메라를 사용할 때는 로봇 위치추정에서 필수적인 3D 환경 데이터를 구성하기 위한 거리데이터(Depth data)가 추출되지 않으므로, 간접적으로 로봇이 이동하면서, 추출하는 특징을 통한 간접 거리데이터 추출과정이 필요하다

게 되며, 이를 기반으로 한 로봇 위치추정이 이루어져야 한다[3]. 단일카메라 기반의 거리데이터 추출은 로봇이 이동하면서 연속적으로 추출하는 특징들의 매칭과 함께 센서에 투영되는 특징들과의 관계를 통해 계산되며, 이를 바탕으로 로봇은 이동 환경에서의 3D 특징 좌표를 기준으로 자신의 위치를 추정하게 된다.

II. 시스템 구현

모바일로봇이 이동하면서 연속적으로 획득되어진 영상에서 특징 추출을 위해 SIFT 특징점[3]을 사용하였으며, 국부 데이터 매칭 기법에 의해 연속된 두장의 영상에서의 특징점들의 매칭을 수행하였다. 그림. 1에서 특징들의 매칭 결과를 볼 수 있다.

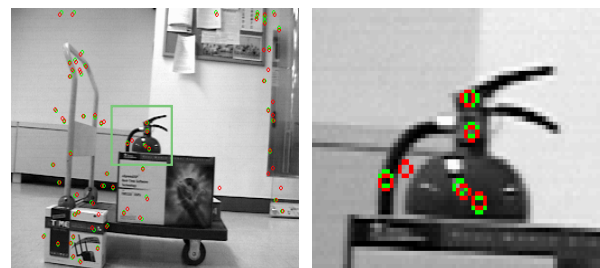


그림. 1. 특징 매칭 결과

두 장의 연속 영상에서 매칭되어진 특징 set을 이용하여 거리데이터를 추출할 수 있다. 로봇이 이동하면서 구성한 영상 및 전역좌표계를 구성하면 그림 2와 같다.

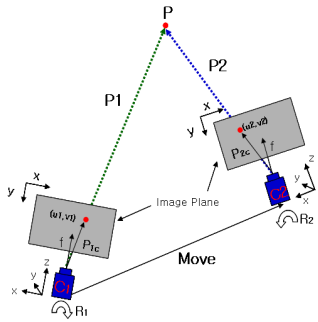


그림. 2. 단일카메라 이동에 의한 좌표계 설정
여기서 P_{1c}, P_{2c} 는 식(1)과 같고,

$$P_{1c} = [x_1, y_1, f]^T, P_{2c} = [x_2, y_2, f]^T \quad (1)$$

P_1, P_2 를 식(2)와 같이 정의하자

$$P_1 = [X_1, Y_1, Z_1]^T, P_2 = [X_2, Y_2, Z_2]^T \quad (2)$$

여기서 R 은 회전변환행렬이며, 식(3)과 같다.

$$R = R_2 * R_1^T, R^T = R_1 * R_2^T \quad (3)$$

T_c 는 C_2 에서 C_1 로의 벡터이며 식(4)와 같이 정의하자.

$$T_c = [T_{cx}, T_{cy}, T_{cz}]^T \quad (4)$$

핀-홀 카메라의 영상좌표계로의 투영(그림. 3)을 고려하여, 로봇이 이동한 후의 좌표계 C_2 에서의 매칭점 P 까지의 좌표를 구할 수 있다.

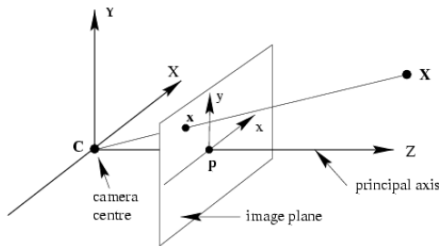


그림. 3. 핀-홀 카메라의 영상투영

P_{1c} 는 P_1 벡터를 이용하여 투영 방정식을 통해 식(5)와 같이 구할 수 있다.

$$P_{1c} = \frac{f * P_1}{Z_1} = [x_1, y_1, f]^T \quad (5)$$

$P_2 = R * P_1 + T_c$ 이므로, $P_1 = R^T * (P_2 - T_c)$ 이며, P_1 의 3번째 원소인 Z_1 은 행벡터 R_3 를 이용하여 $Z_1 = R_3 * (P_2 - T_c)$ 로 정리될 수 있다.

정리하면, x_1 은 식(6)과 같이 구할 수 있다.

$$x_1 = \frac{f * R_1 * (P_2 - T_c)}{R_3 * (P_2 - T_c)} \quad (6)$$

또한, 비슷한 방법으로 $P_{2c} = \frac{f * P_2}{Z_2}$ 이므로,

$$P_2 = \frac{Z_2 * P_{2c}}{f} \text{ 이다.}$$

따라서, Z_2 를 식 (7)과 같이 구할 수 있다.

$$Z_2 = \frac{f * (x_1 * R_3 - f * R_1) * T_c}{(x_1 * R_3 - f * R_1) * P_{2c}} \quad (7)$$

X_2 와 Y_2 는 투영방정식에 의하여 다음과 같이 구할 수

$$\text{있다. } X_2 = \frac{Z_2 * x_2}{f}, Y_2 = \frac{Z_2 * y_2}{f} \quad (8)$$

따라서 $P_2 = [X_2, Y_2, Z_2]^T$ 를 구할 수 있으므로, 로봇이 현재 입력받는 영상에서 점 P 의 로봇 카메라 좌표계에서의 공간좌표를 모두 구할 수 있게 된다.

이러한 단일카메라를 이용한 매칭점의 공간 좌표를 구하는 방법에 의하여, 로봇이 이동하면서 취득하는 모든 매칭점들에 대한 공간 좌표를 계산하고, 이를 바탕으로 로봇 위치추정을 수행하게 된다. 본 연구에서는 로봇 위치추정방법 중 Hough Transform 방법[3]을 사용하였다. 다음 그림은 로봇 비전시스템을 통한 3D 환경데이터 구성 결과를 보여주며 엔코더를 바탕으로 한 로봇 경로와 재구성되어진 환경데이터를 바탕으로 로봇의 위치를 교정한 결과를 보여준다.

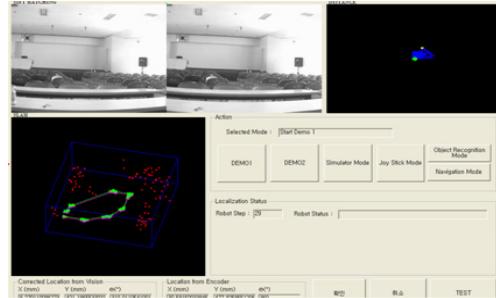


그림. 4. 로봇 위치 추정 시스템

IV. 결론

본 연구에서는 전방을 주시하는 단일카메라기반의 로봇 위치추정을 위해 취득 특징을 이용하여 연속적으로 로봇 환경정보를 바탕으로 매칭점들의 거리데이터 및 공간좌표를 계산하고, 이를 이용하여 로봇 위치추정을 수행하였다.

참고문헌

[1] Ethan Eade, Tom Drummond, "Scalable Monocular SLAM", IEEE Computer Society Conference on Volume 1, 17-22 June 2006 Page(s):469 - 476
 [2] Myron Z. Brown, Darius Burschka, Gregory D. Hager "Advances in Computational Stereo" IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE, VOL. 25, NO. 8, AUGUST 2003
 [3] David G. Lowe, "Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints", International Journal of Computer Vision, 60, 2 (2004), pp. 91-110.