

# 차량에 설치한 스테레오 카메라를 이용한 객체 후보 검출

\*이규철, \*\*김민석, \*유지상

광운대학교

\*lucifer\_me@kw.ac.kr, \*\*minseok2.kim@sk.com, \*jsyoo@kw.ac.kr

## Object candidates detection using stereo camera in vehicle environment

\*Lee Gyu Cheol, \*\*Kim Min Seok\*\*, \*Yoo Jisang

\*Kwangwoon Univ., \*\*SK Hynix

### 요약

본 논문에서는 차량에 설치된 스테레오 카메라를 이용하여 객체 후보를 검출하는 기법을 제안한다. 단일 카메라를 이용하면 색상 정보만을 획득할 수 있지만 스테레오 카메라를 이용하면 추가적으로 깊이 영상(depth image)을 획득할 수 있다. 깊이 정보를 이용하면 카메라의 주변 환경을 재구성 할 수 있으며, 객체 후보 검출의 성능을 향상 시킬 수 있다. 스테레오 매칭(Stereo matching)을 통해 획득한 깊이 영상을 열 단위 분석을 통해 객체로 판단되는 영역을 검출한다. 검출한 영역 경계 부근의 오류를 줄이기 위해 밝기 차를 분석한다. 실험을 통해 제안하는 시스템이 효과적으로 객체 후보를 검출하는 것을 확인하였다.

### I. 서론

차량 환경에서의 객체 인식 기술은 지능형 차량에 주요한 기술이다. 이미 세계적인 자동차 제조회사들은 객체 인식 시스템을 개발하여 상용화하고 있다. 객체 인식 기술은 차량 환경뿐만 아니라 인공지능 로봇, 감시시스템 등 다양한 분야에 응용이 가능하다.

많은 개발자들이 차량 환경에서의 객체 인식 기술을 연구하고 있으며, 다양한 형태로 개발되고 있다. 최근 관련 연구에서, [1]에서는 단일 카메라의 색상 정보만을 이용하였다. [2]와 [3]에서는 적외선 카메라를 이용하여 보행자 인식 시스템을 개발하였다. [4]와 [5]에서는 라이다(Lidar)를 사용하였다. 라이다는 레이저를 사용해서 물체와의 거리나 위치를 측정하는 장치이다. 단일 카메라를 이용하면 색상 정보만을 이용할 수 있기 때문에 객체의 검출율이 다소 떨어질 수 있다. 적외선 카메라나 라이다 등의 장비가 들어가면 객체와의 거리를 정확하게 측정할 수 있기 때문에 객체의 인식률이 높아진다. 하지만 값비싸기 때문에 상용화 측면에서 다소 무리가 있다. 본 논문에서는 스테레오(stereo) 카메라를 이용하여 객체로 추정되는 후보를 검출하는 기법을 제안한다. 스테레오 카메라는 적외선 카메라나 라이다에 비해 저렴할 뿐 아니라 색상정보 외에 깊이 정보를 획득할 수 있기 때문에 객체의 검출율을 높일 수 있다.

본 논문의 2장에서는 제안하는 기법에 대하여 설명을 하고 3장에서는 실험을 통하여 제안한 기법의 성능을 평가하며, 4장에서 결론을 맺는다.

### II. 본론

제안하는 시스템에서는 스테레오(stereo) 카메라를 차량에 설치하여 객체 후보를 검출한다. 스테레오 카메라는 두 대의 카메라로부터 촬영된 영상을 입력 영상으로 받는다. 좌 시점 영상의 어떤 영역은 우 시점 영상에

도 존재한다. 두 영역간의 거리를 화소 값으로 표현하면 변이(disparity) 영상을 획득할 수 있다. 식 (2)와 식 (3)은 변이 값과 카메라간의 거리 그리고 초점거리를 이용하여 카메라로부터 해당 영역간의 거리 값을 계산하는 수식이다[6].

$$\frac{x_l - x_r}{f} = \frac{d}{z} = \frac{b}{z} \tag{2}$$

$$z = \frac{fb}{d} \tag{3}$$

여기서  $x_l$ 과  $x_r$ 은 각각 좌 영상과 우영상의 좌표를 의미하며,  $z$ 는 카메라의 초점거리를 나타낸다.  $b$ 는 카메라간의 거리이고  $z$ 는 카메라와 객체간의 거리를 나타낸다.

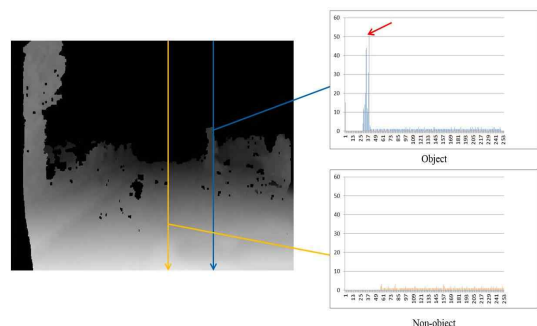


그림 1. 도로에서의 변이 영상 히스토그램

Fig. 1. Histogram of disparity image in road environment

객체의 추출은 깊이 영상에서 각 열에 대한 히스토그램의 분석을 통해 실행된다. 차량에서 획득한 영상의 열 단위 히스토그램은 객체가 없을 경우에는 빈(bin) 값이 균일하게 나온다. 하지만 객체가 존재하는 경우에는 객체가 존재하는 화소의 빈 값과 주변 근처의 값을 가지는 빈 값이 많아지게 된다. 그림 1은 객체가 있는 영역과 없는 영역에서의 히스토그램을 보여준다.

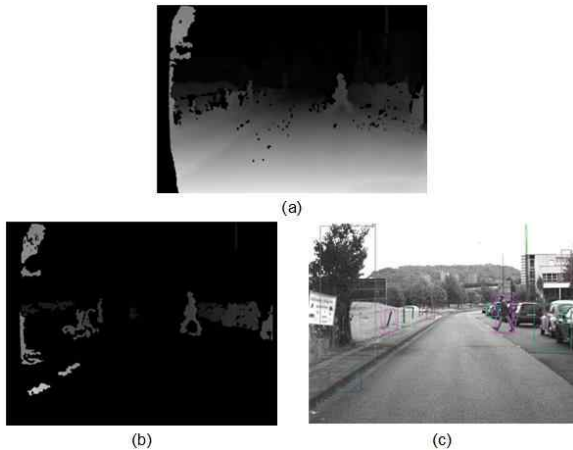


그림 2. 객체 후보 선정

(a) 변이 영상 (b) 객체 후보 선정 결과 (c) 레이블링 결과

Fig. 2. The process of candidates decision

(a) Disparity image (b) The voted candidates as object (c) The result of labeling algorithm

객체 후보를 검출하기 위해 열마다 뽑은 히스토그램에서 임계값 이상의 빈 값을 가지는 화소를 추출한다. 객체의 경계를 확실하게 구분하기 위해 참조 화소를 기준으로 우, 하, 좌하, 우하 화소간의 밝기 차를 분석한다. 4개의 화소 중 하나라도 임계치보다 밝기 차가 크다면 참조 화소를 경계라 판단하여 0을 대입한다. 미디언 필터링(Median filtering)을 통하여 경계 주변의 에러 화소를 제거하고 레이블링(labeling)[7]을 통해 객체에 번호를 부여한다. 레이블링을 수행할 때는 객체의 형태를 사각형으로 표현한다. 깊이 영상만을 이용하였기 때문에 객체 후보는 차량, 보행자뿐만 아니라 표지판, 나무, 빌딩 등 다양한 객체가 추출된다. 그림 2(a)는 스테레오 영상을 이용하여 출력한 변이 영상이다. 그림 2(b)는 히스토그램을 이용하여 추출한 변이 영상을 보여주며 2(c)는 레이블링을 통해 각각 번호를 부여하고 다른 색상의 박스 형태로 표시한 결과이다.



그림 3. 제안하는 기법과 다른 기법과의 결과 비교

(a) Seo의 기법 (b) 제안하는 기법

Fig. 3. Comparison between proposed method and other method

(a) Before method (b) Proposed method

그림 3은 다른 기법[8]과 제안하는 기법을 비교한 영상이다. 제안하는 기법이 객체 후보로 검출하는 레이블이 훨씬 줄어들었을 뿐만 아니라 적절한 후보를 검출하는 것을 확인할 수 있다.

### III. 결론

논문에서는 차량에 설치된 스테레오 카메라를 이용하여 객체 후보를 검출하는 기법을 제안하였다. 2개의 입력 영상에 스테레오 매칭(sterео matching)을 적용하여 깊이 영상을 획득하였고 열 단위로 히스토그램을 분석하여 임계값 이상의 빈(bin) 값을 가지는 화소를 객체 후보로 추출하였다. 객체간의 경계를 구분하기 위하여 참조 화소의 주변 화소들 간의 밝기 차를 이용하였다. 미디언 필터링(median filtering)을 통해 객체 경계 주변의 에러 화소를 수정하였으며 최종적으로 레이블링(labeling)을 통하여 번호를 부여하였다. 실험을 통해 제안하는 시스템이 다른 기법과 비교하여 우수한 성능으로 객체 후보를 검출하는 것을 확인하였다.

### ACKNOWLEDGMENT

- '본 논문은 SK 하이닉스(주)의 위탁에 따른 '연구용역'의 결과입니다.'  
(This paper was result of the research project supported by SK hynix Inc.)

### 참 고 문 헌

- [1] S. H. Oh, "Method for detection regions of interest and active surveillance assistance in the mobile ground reconnaissance system", Journal of KIIT, vol. 12, no. 6, pp. 31-38, Jun. 2014.
- [2] F. Suard, A. Rakotomamonjy, A. Benshair and A. Broggi, "Pedestrian detection using infrared images and histograms of oriented gradients", IEEE Intelligent Vehicles Symposium, pp. 262-272, Jun. 2005.
- [3] M. Bertozzi, A. Broggi, C. Caraffi, M. Del Rose, M. Felisa, and G. Vezzoni, "Pedestrian detection by means of far-infrared stereo vision", Computer Vision and Image Understanding, pp. 194-204, May. 2007.
- [4] C. Premebida, O. Ludwig, and U. Nunes, "Exploiting LIDAR-based features on pedestrian Detection in urban scenarios", Proceedings of the 12th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, pp. 1-6, Oct. 2000.
- [5] C. Premebida, O. Ludwig, and U. Nunes, "LIDAR and vision-based pedestrian detection system", Journal of Field Robotics, vol. 26, no. 9, pp. 696-711, Sep. 2009.
- [6] C. G. Keller, M. Enzweiler, M. Rohrbach, D. F. Llorca, C. Schnorr and D. M. Gavrila, "The benefits of dense stereo for pedestrian detection", IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 12, no. 4, pp. 1096-1106, Dec. 2011.
- [7] T. Mensink, J. Verbeek and G. Csurka, "Learning structured prediction models for interactive image labeling", Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) 2011, pp. 833-840, Jun. 2011.
- [8] J. K. Shur and H. G. Jung, "Enhancement of uv-disparity-based obstacle detection in urban environments", KASE 2011, pp. 1293-1298, Nov. 2011.