

자동차 자동 주행 시스템을 위한 크로스 바 검출

*서원교 **안재현 ***조남익

서울대학교 전기컴퓨터공학부

*cusisi@ispl.snu.ac.kr **jhahn@ispl.snu.ac.kr ***nicho@ispl.snu.ac.kr

Cross-bar detection for automatic vehicle driving system

*Seo, Won-Kyo **Ahn, Jae-Hyun ***Cho, Nam-Ik

Department of Electrical Engineering and Computer Science, Seoul National University

요약

자동차 산업에서 중요 화두로 떠오르고 있는 지능형 자동차 개발에 있어서, 영상처리를 이용하여 다양한 편의와 안전을 제공하며 더 나아가서는 자동주행을 목표로 하는 여러 가지 영상인식 방법들이 개발되고 있다. 본 논문은 자동 주행 분야에서 가장 중요한 문제들 중의 하나인 장애물 검출에 관한 것으로서, 여러 장애물들 중에 요즘소나 진입통제 지역에 자주 나타나는 크로스 바 검출을 위한 알고리즘을 제안한다. 크로스 바의 경우 그 두께가 작아서 레이더로 잘 검출되지 않으므로 특히 영상처리를 해야 할 장애물에 속한다. 본 논문에서는 도로 상에 일반적으로 존재하는 크로스 바의 특징을 기반으로 한 영상처리를 통해 바를 검출한다. 먼저 색상과 모양 정보를 이용하여 크로스 바의 노란색 영역이라고 판단되는 부분을 추출한다. 이들 가운데 수평을 이루고 있는 부분이 존재하면 크로스 바로 판단한다. 실험 결과는 제안하는 알고리즘이 제동거리 밖에서 정확하게 크로스 바를 검출함을 보여준다.

1. 서론

자동차의 기계적 성능의 발전을 중시하던 과거와는 달리 최근에는 사용자 편의와 안전을 위하여 전자공학이나 컴퓨터 기술을 이용하는 지능형 자동차 개발이 자동차 산업의 또 다른 한 축을 담당하게 되었다. 이 가운데 자동 주행 시스템은 레이더, 초음파, 영상센서 등을 이용하여 사용자의 제어 없이도 자동차를 운행하고자 하는 것으로서, 이를 위해서는 이러한 센서들을 이용하여 도로 위에 존재하는 다양한 신호, 표지판, 장애물 등을 검출하고 인식해야 한다. 크로스 바는 도로 위에서 자주 접할 수 있는 장애물로서 레이더로 잘 검출되지 않는 특성이 있으므로 영상처리를 이용하여 이를 검출하는 것이 자동 주행 시스템에 있어서 중요한 요소들 중의 하나이다.

일반적으로 사물 인식에서 많이 쓰이는 영상처리 알고리즘으로 SIFT와 SURF를 예로 들 수 있다[1-2]. SIFT와 SURF는 사물의 특징점을 찾아 대응시키는 방법으로서, 특징점이 많이 추출되는 복잡한 구조의 사물의 경우 원하는 결과가 비교적 잘 얻어지는 반면에, 크로스 바의 경우 모양이 단순하면서 반복적인 패턴을 갖기 때문에 오히려 복잡한 SIFT나 SURF로 잘 검출이 되지 않는 경우가 많다. 간단한 템플릿 매칭 방법의 경우 이미 가지고 있는 사물의 영상과 입력으로 들어온 사물의 영상을 비교하여 사물의 존재 여부를 판단한다[3]. 하지만 템플릿 매칭은 모든 영역에 대해서 매칭 여부를 판단해야 하기 때문에 계산시간이 오래 걸리는 단점이 있다. 이는 실시간으로 처리해야 하는 크로스 바 검출에는 어울리지 않는다. 자동주행에서 많은 장애물들이 레이더에 기반한 스캐너로 검출이 되지만 크로스 바의 검출은 자동차의 속도에 따른 제동거리를 고려하여 먼 거리에서 검출이 이루어져야 하기 때문에 스캐너를 이용한 검출에는 어려움이 있다.

따라서 본 논문에서는 도로상에 존재하는 크로스 바의 색상 패턴

을 기반으로 인식 알고리즘을 제안한다. 일반적으로 도로 위의 크로스 바는 눈에 잘 띄게 하기 위해서 노란색과 검은 색의 반복적인 패턴으로 구성되어 있고, 노란색과 검은색 영역 각각은 가로와 세로의 길이에 비해 긴 것이 특징이다. 또한 크로스 바가 수평을 이루고 있을 때 차량 정지의 의미를 갖는다. 이러한 특징을 이용하여 먼저 크로스 바의 노란색 영역이라고 판단되는 부분을 추출하고, 이들 가운데 수평을 이루는 부분이 존재하면 크로스 바로 판단한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 크로스 바의 특징을 기반으로 한 알고리즘에 대해서 설명한다. 실험 결과는 3장, 결론은 4장에서 맺는다.

2. 제안하는 알고리즘

크로스 바의 검출을 위해서는 그 특징을 이용할 필요가 있는데, 일반적으로 도로 상의 크로스 바 색은 눈에 잘 띄게 하기 위해서 노란색과 검은색의 조합으로 이루어져 있으며, 크로스 바의 기울기는 수평에 가깝다. 크로스 바의 노란색 성분을 추출하기 위해 HSV 컬러 공간을 이용한다. RGB 컬러 공간에서는 빛의 영향에 의해 같은 노란 색상도 값이 크게 달라질 수 있으므로, HSV 컬러 공간을 이용함으로써 빛에 의한 영향을 크게 줄일 수 있다. 크로스 바의 노란색 성분에 해당하는 Hue 값과 Saturation 값의 범위를 정하고 이에 해당하는 영역을 1, 그 외의 영역을 0으로 갖는 이진화 영상을 만든다. 얻어진 이진화 영상에 대해서 8-neighborhood CC (connected component) 연산을 수행한다. 크로스 바의 검출은 제동거리 근처에서 이루어지기 때문에 사용하는 카메라의 해상도에 따라 크로스 바의 노란색 영역에 해당하는 적당할 CC 영역을 설정할 수 있다. 따라서 얻어진 이진화 영상에 대해서

너무 작은 영역을 갖는 CC는 잡음으로 가정하여 제거하고, 너무 큰 영역을 갖는 CC 역시 크로스 바와 관련 없는 영역으로 판단하고 제거한다(그림 1(b)).

크로스 바의 노란색 영역은 가로 길이가 세로 길이보다 길다는 특징을 지닌다. 이러한 특징을 이용하기 위해 앞에서 얻은 CC 영상에서 각각의 CC에 대해서 공분산을 구한다.

$$\Sigma = \sigma_1 v_1 v_1^T + \sigma_2 v_2 v_2^T \quad (1)$$

여기서 σ_1, σ_2 는 eigenvalue이고 v_1, v_2 는 eigenvector 이다.

$\sigma_1 > \sigma_2$ 이라고 할 때, $\sigma_1 / \sigma_2 > M$ 이고 v_1 이 수평방향 성분에 가까운 CC 만을 선택한다. M은 크로스 바를 이루는 노란색 영역의 가로와 세로의 비율에 따라 선택할 수 있다. 선택된 영역들의 중심점은 크로스 바 노란색 영역의 후보군이 된다(그림 1(c)).

크로스 바는 한 쪽의 축을 중심으로 상하로 움직이지만 수평방향으로 놓여있을 때에만 차량 정지의 의미를 갖는다. 따라서 위에서 구한 중심점들이 수평방향으로 놓여있는지 크로스 바의 존재 여부를 알 수 있게 해준다. 이를 위해 주어진 후보군들을 대상으로 RANSAC (RANdom SAMple Consensus) [4] 을 이용한 line fitting을 수행한다. Line fitting의 결과가 수평에 가까운 기울기를 가지면 크로스 바로 판단한다.

3. 실험결과

그림 2는 제안하는 알고리즘을 이용하여 크로스 바를 검출한 결과를 보여준다. 실험에서는 16mm 카메라와 6mm 카메라를 사용하였고, 시속 60km로 달리면서 영상을 획득하였다. 사용된 크로스 바의 길이와 두께가 각각 5m, 10cm이고, 노란색과 검은색 마디의 길이는 모두 45cm이다. 노란색 영역의 가로와 세로 비율이 4배 이상이지만, 실험에서는 카메라 해상도를 고려해 M=2로 선택하였다. 그림 2의 첫 번째 줄은 16mm 카메라를 이용하여 촬영한 영상이고 아래 줄은 6mm 카메라로부터 취득한 영상이다. 검출된 크로스 바는 붉은 색 선으로 나타내었다. 두 경우 모두 충분한 제동거리를 확보한 상태에서 크로스 바를 검출해 냄을 볼 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 도로 위에 존재하는 일반적인 크로스 바의 특징들을 이용해 검출하는 방법을 제안하였다. 제안하는 알고리즘에서는 크로스 바의 노란색 영역에 해당하는 부분을 추출하고 이를 CC로 묶은 후에 가로가 세로보다 긴 영역을 선택하였다. 이를 통해 상당히 많은 잡음들과 크로스 바와 크게 관련 없는 부분들이 제거됨을 알 수 있다. 마지막으로 line fitting의 결과가 수평에 가까운 기울기를 갖는지를 확인함으로써 크로스 바의 유무를 판단하였다. 실험결과를 통해 제안하는 방법이 충분한 제동거리 밖에서 크로스 바를 검출함을 확인할 수 있었다.

감사의 글

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구

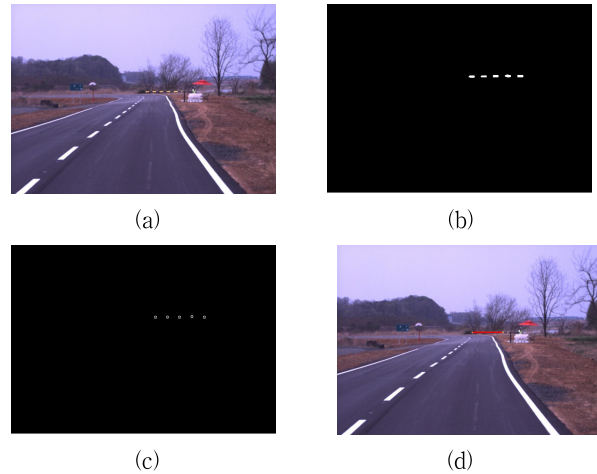


그림 1. 크로스 바 검출 알고리즘의 진행과정 (a) 원본 영상 (b) 관심 영역으로부터 추출한 노란색 영역 (c) 가로가 세로보다 긴 영역들의 중심점 (d) line fitting 결과

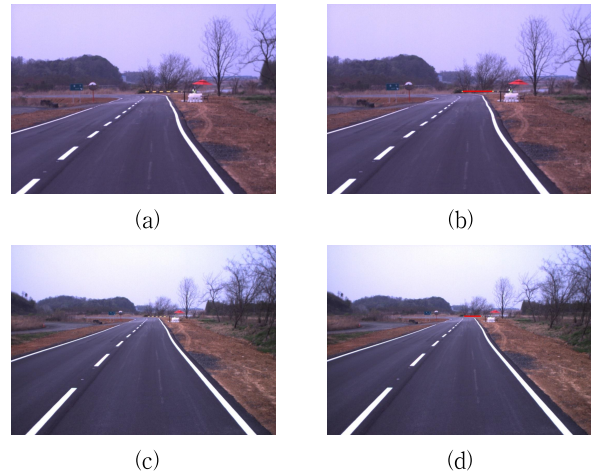


그림 2. 실험 결과 (a) 16mm 카메라로 취득한 원본 영상 (b) (a)의 크로스 바 검출 결과 (c) 6mm 카메라로 취득한 영상 (d) (c)의 크로스 바 검출 결과

재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (N0. 2012-0000913).

참고 문헌

[1] D. G. Lowe, "Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints," International Journal of Computer Vision, vol. 60, no. 2, pp. 91 - 110, 2004.
 [2] H. Bay, T. Tuytelaars, L. Van Gool, SURF: speeded up robust features, in: ECCV, 2006.
 [3] R. O. Duda and P. E. Hart, Pattern Classification and Scene Analysis, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1973.
 [4] Martin A. Fischler and Robert C. Bolles (1981) Random Sample Consensus : A Paradigm for Model Fitting with Applications to Image Analysis and Automated Cartography. Graphics and Image Processing. June vol. 24 no. 6 pp. 381-395