

강인한 차선검출을 위한 명암대비 향상 전처리 기법

김현욱*, 이재원*, 홍성훈**

*전남대학교 전자컴퓨터공학과

**전남대학교 전자컴퓨터공학부, 정보통신연구소

e-mail:rlari@naver.com, 777kamja@naver.com, hsh@jnu.ac.kr

A Method of Contrast Improvement Preprocessing For Robust Lane Detection

Hyun-wook Kim*, Jae-Won Lee*, Sung-Hoon Hong**

*Dept of Electronic & Computer Engineering, Chonnam National University

**School of Electronic & Computer Engineering, Chonnam National University, Information & Telecommunication Research Institute

요 약

최근 지능형 차량에 대한 관심이 늘어나면서 차선검출에 대한 관심도 많이 늘어나고 있다. 그 중에서도 실시간 적용을 위하여 연산량이 적은 허프변환을 이용한 차선검출 방법이 많이 연구되고 있다. 하지만 허프변환은 안개와 같은 열악한 환경에서와 같이 에지성분이 두드러지게 나타나지 않은 경우에 대해서는 정확한 차선검출이 어렵다는 단점을 가지고 있다. 따라서 본 논문에서는 열악한 환경의 영상에 차선의 에지를 강조하는 전처리를 수행하고 허프변환을 이용하여 차선검출을 수행하는 방식을 제시한다. 제안하는 전처리 방법은 처리 속도와 성능에서 기존의 전처리 기법과 비교하여 높은 처리속도와 차선 검출률을 보였다. 특히 안개와 같은 열악한 영상에서의 결과에서 기존의 전처리 방법보다 제안한 전처리 방법이 더 높은 검출률을 보였다.

1. 서론

최근 국내외적으로 좀 더 안전하고 편리한 자동차에 관한 관심이 높아지면서 기존의 수동적인 자동차에서 첨단기술을 접목시키는 지능형 자동차에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 이러한 지능형 자동차 기술이 실생활에 적용되기 위해서는 빠른 주행 속도에도 성능의 저하 없이 정확한 연산처리가 가능해야 한다[1]. 이와 관련한 차선검출과 관련된 연구들이 국내외에서 많이 진행되고 있다. 차선검출에 많이 사용되는 기법으로는 허프변환(Hough Transform)을 이용하는 방법[2]-[4], 히스토그램을 이용하는 방법[5], 에지 연결정보를 이용하는 방법[6], B-Snake 알고리즘을 적용하는 방법[7], 차선의 밝기값 및 기하학적 모델을 이용한 방법[8] 등이 있다. 하지만 이러한 방법들은 많은 영역을 탐색해야 하기 때문에 많은 연산량을 요구하는 문제를 가지고 있다. 따라서 많은 연구들이 차량영역 주변의 관심영역을 추출한 후 허프변환을 이용하여 차선을 검출하는 기법을 제안하고 있다[9].

일반적인 허프변환을 이용한 차선 검출은 주로 맑은 날씨에서 차선의 에지성분이나 컬러성분이 뚜렷하게 나타나는 경우에 한정되어 동작하는 것이 대부분이며 안개가 낀 날씨와 같이 물체의 외곽성분이 두드러지게 나타나지 않은 경우는 정확한 검출이 어렵다는 단점을 가지고 있다. 이러한 안개 끼거나 맑지 않은 날씨의 특징을 보완하기 위해서는 전처리 단계로 영상의 대비를 향상시키고 색상을 원색에 가깝도록 처리하는 전처리 과정이 필요하다.

영상의 대비를 향상시키기 위해 적용하는 전처리 방법들

중에는 형태학적 연산을 이용한 방법, Bilateral 필터를 이용한 방법, Retinex를 이용한 방법 등이 있다. 형태학적 연산을 이용한 방법과 Bilateral 필터를 이용한 방법은 차선의 에지 정보는 잘 유지하지만, 열악한 환경에서 획득한 영상에서 안개를 제거하고 대비와 차선의 에지정보를 향상시키기에는 적당하지 않다. 또한 가우시안 필터와 미디언 필터를 이용한 Retinex 처리는 영상의 전역적인 부분에서 대비가 향상되어 시각적으로는 향상된 결과 영상을 얻을 수 있지만, 차선의 에지정보를 향상시키기에는 어려운 점이 있고 컨볼루션(convolution)을 통한 필터링으로 인해 많은 연산량이 단점이다.

본 논문에서 제시하는 전처리과정은 열악한 환경에서 획득한 영상의 대비를 강조하고 에지정보를 향상시키기 위해 관심영역의 최대 밝기값과 에지 강도를 이용한다. 이런 전처리 과정을 통해 구해진 개선된 입력영상으로부터 에지정보를 추출하고 허프변환을 이용하여 차선을 검출한다.

2. 제안하는 차선검출을 위한 전처리 알고리즘

본 논문에서 제안하고 있는 차선검출 방법은 초기 관심영역에 에지정보 향상을 위해 관심영역의 최대 밝기값과 에지 강도를 이용한 전처리 과정을 통해 대비가 향상된 영상을 획득하고, 그 영상에서 차선의 에지정보를 향상시킨다. 향상된 에지정보를 이용하여 허프변환을 이용하여 차선을 검출한다. 또한 본 논문에서는 열악한 환경의 에지정보 향상을 위해 사용되는 전처리 과정을 기존의 차선검출 알고리즘에서 사용하

던 전처리 알고리즘의 문제점인 큰 연산량을 줄이기 위해 영상의 전반적인 부분에 필터링을 하지 않고 에지정보를 향상시키는 방법을 제안한다.

안개를 제거하는 방법들은 공통적으로 아래 식 (1)과 같은 안개 모델링 식을 이용한다.

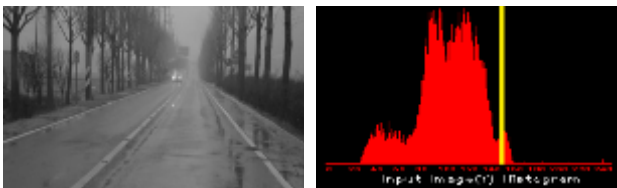
$$I(x) = J(x)t(x) + A(1-t(x)) \quad (1)$$

여기서 $I(x)$ 는 카메라를 통해 획득한 영상이고, $J(x)$ 는 복원해야 할 깨끗한 영상, A 는 영상의 안개 값, $t(x)$ 는 전달량(transmission)으로써 획득된 영상이 깨끗한 영상과 안개 값이 어느 정도의 비율로 이루어져 있는지를 나타낸다. 따라서 영상의 안개 제거는 $I(x)$ 로부터 A , $t(x)$ 를 구하고 이를 이용하여 최종적으로 $J(x)$ 를 복원하는 것이다.

안개가 제거된 영상 $J(x)$ 는 전달량 맵을 이용하여 식 (1)에 따라 구할 수 있다. 하지만 전달량 $t(x)$ 가 0에 근접할 때 $J(x)t(x)$ 항도 0에 근접하게 되어, $J(x)$ 에 잡음이 생길 수 있다. 그러므로 전달량 $t(x)$ 의 최소값을 안개의 밀도가 높은 영역에서도 안개의 일정량을 보전할 수 있는 t_0 로 제한한다. 안개가 제거된 깨끗한 영상 $J(x)$ 는 식 (2)을 통해 구할 수 있다.

$$J(x) = \frac{I(x) - A}{\max(t(x), t_0)} + A \quad (2)$$

여기서 영상의 안개 값 A 는 안개 영상의 1%의 밝기를 가지는 픽셀들 중 가장 밝은 픽셀의 값으로 선택된다. 간단한 방법이지만 가장 밝은 픽셀을 선택했을 때보다 좋은 결과를 얻을 수 있다. 그림 1은 원본 영상의 히스토그램을 보여준다.



(a) 원본 영상 (b) 원본 영상의 히스토그램

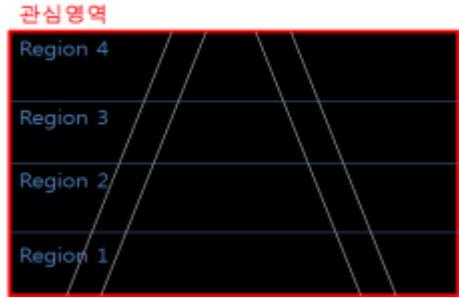


(c) 안개 값으로 Thresholding한 결과

(그림 1) 영상의 안개 값

그림 1의 (b)에서 노란색 위치는 영상의 1%의 밝기를 가지는 픽셀들 중 가장 밝은 픽셀 값의 위치로 안개 값 A 가 되는 밝기값이다. (c)는 안개 값 A 로 Thresholding한 결과이다. 여기에서 하얀색은 안개 또는 차선으로 추측되는 영역

이 된다.



(그림 2) 관심영역 분할

차선의 윤곽선을 더욱 보존하기 위한 영상의 안개 값 A 를 구하기 위해 관심영역을 그림 2와 같이 나누고, 각 영역에서 1% 밝기를 가지는 픽셀들 중 가장 밝은 픽셀 값을 안개 값 A 로 정한다. 식 (2)을 통해 $J(x)$ 를 구하기 위해서는 전달량 $t(x)$ 를 구해야 된다. 전달량 $t(x)$ 를 구하기 위해 Bilateral 필터 등을 이용하는 다양한 방법이 연구되어 왔다. 본 논문에서는 전달량 $t(x)$ 를 대신해 에지 강도 $|E(x)|$ 를 이용한다. 에지 강도 $|E(x)|$ 는 형태학적 연산을 이용해 잡음을 제거한 영상에 수평 소벨(sobel) 마스크를 적용해 획득한 에지의 절대값을 정규화(normalize)하여 얻는다. 여기서 수평 소벨 마스크를 이용한 이유는 차선은 대부분의 영상에서 대각선으로 나타나기 때문이다. 여기서 에지 강도 $|E(x)|$ 는 식 (3)과 같이 0과 1사이의 값을 가져야 하므로, $|E(x)|$ 의 최소값을 E_0 로 제한한다.

$$0 < |E(x)| < 1 \quad (3)$$

그림 3은 본 영상과 위의 방법으로 구해진 영상의 에지 강도를 보여준다.



(a) 원본 영상 (b) 에지 강도

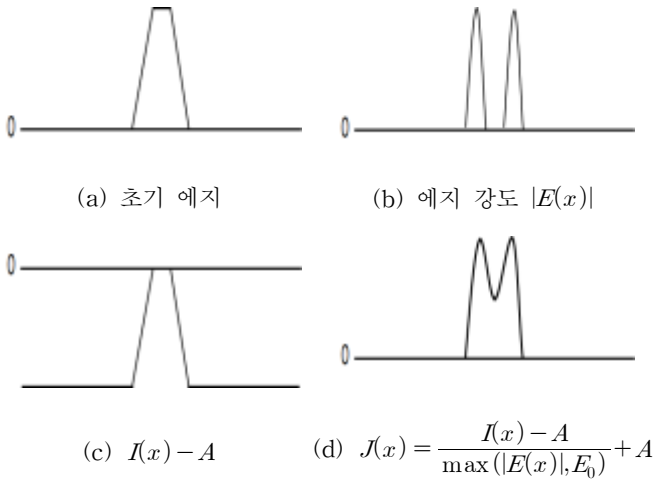
(그림 3) 영상의 에지 강도

본 논문에서 식 (2)의 전달량 $t(x)$ 를 에지 강도 $|E(x)|$ 로 대체하여 식 (4)를 이용해서 안개를 제거하고 명암대비를 향상시킨다.

$$J(x) = \frac{I(x) - A}{\max(|E(x)|, E_0)} + A \quad (4)$$

제안하는 전처리 방법의 전처리 단계별 에지의 변화는 그림 4와 같이 나타난다. 입력 영상에서 차선의 초기 에지는 그림 4-(a)와 같다. 수평 소벨 마스크를 이용해서 영상에서 차선의 에지 강도 $|E(x)|$ 를 구하면 4-(b)와 같이 나타난다.

입력 영상 $I(x)$ 에서 영상의 안개 값 A 를 빼주면 그림 4-(c)에서 볼 수 있듯이, 차선 영역은 0에 근접하고 차선 이외의 영역은 0보다 작은 형태로 나타나게 된다. 그리고 식 (4)를 적용하면, 그림 4-(d)와 같은 에지를 얻을 수 있다. 에지 이외의 부분은 초기 에지보다 밝기값이 떨어지고, 에지 부분은 밝기값이 증가되어 대비가 향상되게 된다. 또한 차선 영역에서도 에지 부분은 밝기가 증가하지만 평탄한 부분의 밝기값은 떨어져 차선의 윤곽선이 뚜렷해지게 되므로, 그림 5-(b)와 같이 차선 영역의 대비가 향상되는 것을 알 수 있다.



(그림 4) 전처리 단계별 에지 변화

식 (4)를 통해 구한 안개가 제거된 영상 $J(x)$ 는 그림 5와 같다. 그림 5를 보면 영상의 안개는 제거되고 차선의 윤곽선은 뚜렷해지는 것을 알 수 있다. 또한 차선의 색은 밝아지고 차선 이외의 부분은 원본 영상에 비해 어두워진다. 이것은 에지 강도가 약한 부분과 화소의 밝기값이 A 보다 작을 경우 원본에 비해 화소의 밝기값이 낮아지기 때문이다.



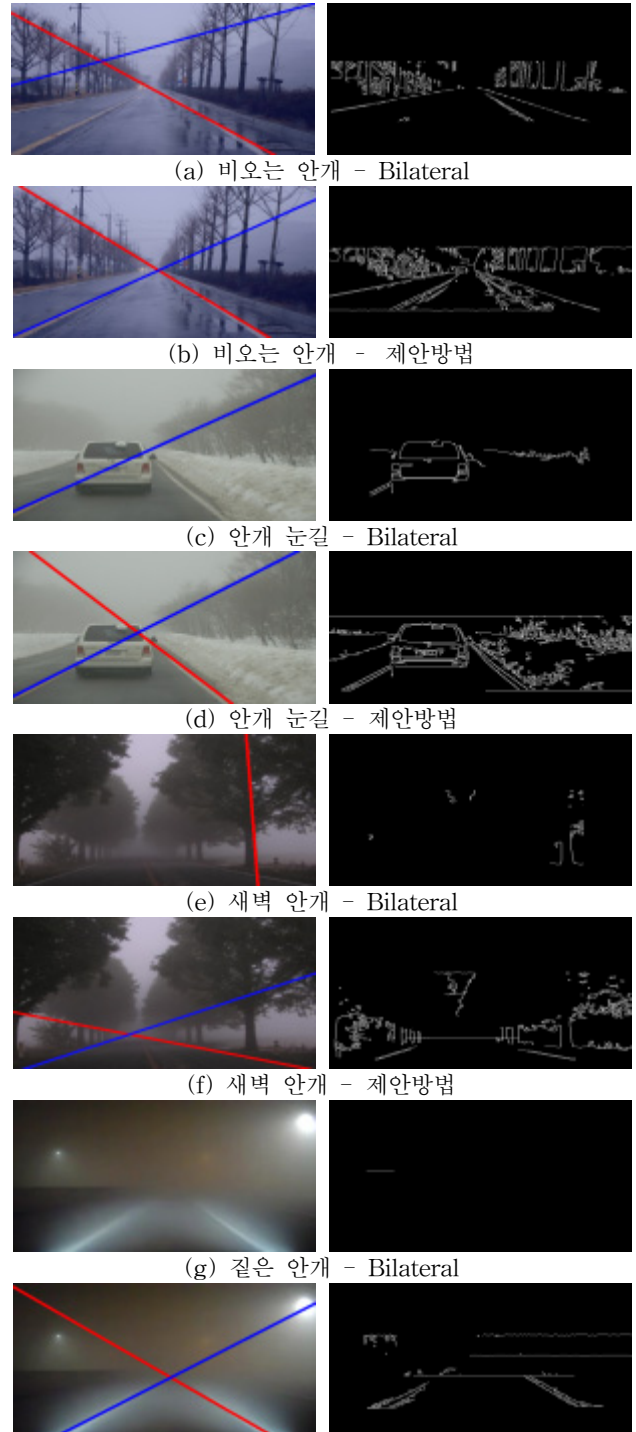
(a) 원본 영상 (b) 전처리 결과
(그림 5) 제안하는 전처리 기법을 적용한 결과

3. 실험 결과 및 분석

본 논문에서는 제안한 전처리 알고리즘과 기존의 Bilateral 필터를 이용한 전처리 알고리즘의 차선검출 결과를 비교하고, 차선검출에 걸리는 처리 시간과 차선검출 성공률을 비교하여 제안한 알고리즘의 객관적인 성능을 평가한다. 먼저 제안한 전처리 알고리즘과 기존의 Bilateral 필터를 이용한 차선검출 결과를 비교하여, 제안한 전처리 알고리즘의 성능을 평가한다.

그림 7은 제안한 전처리 알고리즘과 기존의 Bilateral 필터를 이용한 차선검출 알고리즘의 결과를 비교한 것이다. 그

림 7의 (a)-(b)는 옅은 안개가 낀 영상에서의 수행결과를 비교한 것이고, (c)-(d)는 안개가 낀 눈길 영상, (e)-(f)는 짙은 새벽안개가 낀 영상에서의 수행결과를 비교한 것이다. 3종류 영상의 수행결과에서 공통적으로 Bilateral 전처리 기법은 옅은 환경에서 차선 검출에 실패하는 결과를 보인다. 반면에 제안한 전처리 알고리즘은 좌우측 차선의 에지가 뚜렷하게 보이는 것을 알 수 있다.



(그림 7) 전처리에 따른 차선검출 결과 비교

그림 7의 (g)-(h)는 차선검출 성공률 비교를 위해 사용한

동영상 중 하나의 프레임 결과를 비교한 것이다. 안개가 짙게 끼어있어 Bilateral 필터를 통한 전처리 후 차선 검출 방법은 그림 7-(g)와 같이 차선의 에지정보를 전혀 획득하지 못하지만, 제안한 방법 그림 7-(h)는 안개를 제거하고 차선의 윤곽선을 뚜렷하게 하여 차선이 검출된다.

표 1은 Bilateral 필터와 Retinex, 제안한 전처리 방법의 처리시간을 비교한 것이다. 표에서 알 수 있듯이 제안한 방법은 Bilateral 필터나 Retinex 처리에 비해 훨씬 빠른 처리 시간을 보인다.

<표 1> 처리시간 비교

(단위 : ms)

구 분	720 × 480	1280 × 1024
Bilateral 필터	1500	1600
Retinex	2500	3500
제안한 방법	400	800

표 2는 제안한 알고리즘과 Bilateral 필터를 이용한 차선 검출 방법을 안개가 짙게 낀 고속도로 블랙박스 동영상(그림 12의 마지막 줄 영상이 동영상 중 한 프레임)에 적용하여 차선 검출 성공률을 비교한 것이다. 비교 결과 Bilateral 필터를 이용한 전처리는 짙게 끼어있는 안개를 효과적으로 제거하지 못하고 에지정보를 향상시키지 못해 차선을 검출하지 못했지만, 제안한 방법은 안개를 제거하고 차선의 윤곽선을 뚜렷하게 하여 차선을 검출했다.

<표 2> 차선검출 성공률

(단위 : %)

구 분	제안한 방법	Bilateral 필터
차선검출 성공률	88	8

4. 결론

일반적으로 안개 영상에서는 물체의 외형이 두드러지지 않는 특징을 가지고 있다. 이것은 안개로 인해 영상이 전반적으로 가우시안 형태의 노이즈가 더해진 형태와 유사하게 생각할 수 있기 때문에 본 논문에서는 일반적인 안개 제거 알고리즘을 변형하여 에지 강도를 이용해서, 안개를 제거하고 대비와 에지정보를 향상시켜 차선검출 성공률을 향상시킬 수 있는 전처리 방법을 제안하였다. 제안한 차선검출을 위한 전처리 기법은 영상의 화소의 최대 밝기값과 에지강도를 이용한 변형된 안개 제거 알고리즘을 이용하여 안개가 낀 영상에서 안개를 제거하고 차선의 윤곽선을 향상시키는 전처리 방법을 제안하였다. 이것을 차선검출을 위한 전처리 단계에 적용하여 안개가 낀 환경에서의 강인한 차선검출 알고리즘을 구성하였다.

실험결과 제안한 알고리즘은 처리 속도와 성능에서 기존의 Bilateral 필터를 이용한 방법과 가우시안 필터 기반의 Retinex 알고리즘이 비교해 높은 처리속도와 차선검출률을 확인할 수 있었다. 특히 안개의 정도가 다른 영상을 통해 결

과를 비교하여, 기존의 전처리 방법과 제안한 전처리 방법의 더 높은 검출률을 확인할 수 있었다.

5. 사사

본 연구는 교육과학기술부와 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업(2012H1B8A2025531)과 중소기업청에서 지원하는 2012년도 산학연공동 기술개발사업으로 수행된 연구 결과임,

참고문헌

- [1] 배정호, 김수웅, 이해연, 이현아, 김병만, “단일차선추출 및 중심점 분석을 통한 차선이탈검출 알고리즘”, 정보처리학회 논문지, 제 16-B권, 제1호, pp. 35-46, 2009.
- [2] 권화중, 이준호, “Hough 변환과 2차 곡선 근사화에 기반한 효율적인 차선 인식 알고리즘”, 정보처리학회논문지, 6권 5호, 1999, pp.100-112.
- [3] 장윤, 기창두, “Hough Transform을 이용한 차선인식과 응용”, 한국자동차공학회, pp.912-917, 2002.
- [4] T. Taoka, M. Manabe and M. Fukui, “An Efficient Curvature Lane Recognition Algorithm by Piecewise Linear Approach,” Proc. of IEEE International Conference on Vehicular Tech-nology, pp.2530-2534, 2007.
- [5] J. P. Gonzalez and U. Ozguner, “Lane Detection Using Histo-gram-Based Segmentation and Detecion Tree,” Proc. of IEEE Intelligent Transportation Systems, pp.346-351, 2000.
- [6] 안수진, 한민홍, “자율주행차량을 위한 차선인식에 관한 연구”, 한국정보기술학회논문지, 5권1호, pp.136-142, 2007.
- [7] Y. Wang, E. K. Teoh and D. Shen, “Lane Detection and Tracking Using B-Snake,” Image and Vision Computing, Vol.22(4), pp.269-280, 2004.
- [8] H.-Y. Cheng, B.-S. Jeng, P.-T. Tseng and K.-C. Fan, “Lane Detection With Moving Vehicles in the Traffic Scenes,” IEEE Trans. on Intelligent Transportation Systems. Vol.7(4), pp.571-582, 2006.
- [9] Lin, “Lane departure identification on Highway with searching the region of interest on Hough space,” International Conference on Control, Automation and Systems, pp.1088- 1091, 2007.