

미디언 필터 기반의 Retinex 알고리즘을 통한 안개 영상에서의 차선 검출 기법

김영탁*, 한헌수**

Lane detection method using Median Filter based Retinex Algorithm in Foggy Image

Youngtak Kim*, Hernsoo Hahn**

요 약

본 논문은 도로 영상에서 안개의 존재 여부를 판단하여 미디언 필터를 기반으로 하는 Retinex 알고리즘을 적용하고 영상을 개선한 후 최종적으로 차선을 검출하는 알고리즘을 제안한다. 영상 내에서 특정 관심 영역을 지정하고 해당 영역에서의 히스토그램을 분석하여 안개의 존재 여부를 판단한다. 안개 낀 영상으로 판단되는 경우 영상의 화질 개선을 위해 미디언 필터를 기반으로 하는 Retinex 알고리즘을 이용해 대비도를 향상시킨다. 기존의 Retinex 알고리즘은 가우시안 필터를 적용하기 때문에 연산에 많은 시간이 걸리며, 특히 도로의 안개 영상에서는 차선의 특징이 두드러지지 않았다. 본 논문에서는 가우시안 필터를 미디언 필터를 바꿈으로써 도로의 안개 영상에 대해서 강인한 대비도 향상 효과를 얻을 수 있었다. 개선된 영상에서 차선에 대한 정보를 획득하기 위해서 이중 임계치를 이용한 이진화를 수행하고 라벨링을 통해서 검출된 차선의 크기, 방향 등의 정보를 계산하여 최종적인 차선을 검출한다. 제안한 알고리즘의 성능은 다양한 환경의 도로를 주행하면서 획득한 연속적인 영상들에 적용함으로써 제안하는 알고리즘의 효율성 및 우수성을 평가하였다.

Abstract

The paper proposes the median filter based Retinex algorithm to detect the lanes in a foggy image. Whether an input image is foggy or not is determined by analyzing the histogram in the pre-defined ROI(Region of Interest). If the image is determined as a foggy one, then it is improved by the median filter based Retinex algorithm. By replacing the Gaussian filter by the median filter in the Retinex algorithm, the processing time can be reduced and the lane features can be detected more robustly. Once the enhanced image is acquired, the binarization based on multi-threshold and the labeling operations are applied. Finally, it detects the lane information using the size and direction parameters of the detected lane features. The proposed algorithm has been evaluated by using various foggy images collected on different road conditions to prove that it detects lanes more robustly in most cases than the conventional methods.

• 제1저자 : 김영탁

• 투고일 : 2010. 08. 06, 심사일 : 2010. 08. 10, 게재확정일 : 2010. 08. 17.

* 숭실대학교 대학원 전자공학과 박사과정 ** 숭실대학교 정보통신전자공학부 교수

※ 이 논문은 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음(NIPA-2010-(C1090-1021-0010)).

▶ Keyword : 차선 검출(Lane detection), Retinex 알고리즘, 안개 영상(Foggy image)

1. 서 론

최근 차량의 안전성 향상과 안전사고 예방에 대한 관심이 높아짐에 따라 차량의 인공지능의 향상에 대한 연구가 주목을 받고 있다. 국내의 자동차 관련 업계와 대학의 연구실에서는 다양한 센서들을 이용하여 차량의 주변에 존재하는 위험 요소들을 검출하기 위한 연구를 진행 중에 있으며, 특히 전방의 차량이나 도로의 차선을 검출함으로써 운전자의 부주의로 인한 사고를 예방할 수 있는 시스템에 초점을 두고 있다 [1][2][3]. 이 중에서 차선의 검출에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 특히 CCD 카메라를 통해 획득한 영상 이미지를 분석하여 차선을 검출하는 분야가 많은 관심을 받고 있다 [4][5][6]. 하지만 일반적인 환경이 아닌 비/안개와 같은 악조건의 기상 상태에서는 영상에서 나타나는 차선의 특징들을 검출하기가 어렵다. 본 논문에서는 이러한 악조건의 상태, 특히 안개 낀 날씨에서 획득한 도로 영상에서의 효율적인 차선 검출을 위한 알고리즘을 제안한다.

카메라를 통해 입력되는 영상에서의 차선을 검출하기 위한 기존의 방식들로는 에지 성분의 허프변환을 통한 직선성분의 검출을 기반으로 하는 방법, 색상을 기반으로 하여 차선의 특징을 검출하는 방법, 확률모델을 구성하고 차선의 특징들을 학습 시킴으로써 검출하는 방법들이 있다 [7][8].

차선의 형태를 일반적인 직선과 곡선의 조합으로 가정하는 모델기반 차량 영역의 추출 기법은 잡음과 차선 정보의 손실에 강인하다. 하지만 특정한 형태의 도로에 초점을 맞추고 있기 때문에 임의의 도로형태에서 차량 영역 검출에는 적합하지 않다. 위 문제를 해결하기 위해 직선, 곡선의 도로에 모두 적용이 가능한 B-Snake 기법을 이용한 차선의 검출로부터 차량 영역을 추출하는 기법이 제안되었다 [9]. 또한 Kang [10]은 도로와 차선이 가지는 색상과 넓이 정보, 구별할 수 있는 특징 정보를 이용하여 차선을 검출하는 기법을 제안하였다. 템플릿 매칭을 통해 차선후보를 선정하고 그 후보들 중에 가장 높은 값을 가지는 것에 대한 차선 모델을 통해 차선을 선정하였다.

많은 연구들이 영상 내에서 직선성분을 검출하는 기법인 허프변환(Hough Transform)을 이용한 차선의 검출로부터 차량 영역을 추출하는 기법을 제안하고 있다 [11]. 허프 변환은 영상 내에서 직선으로 나열된 화소들을 검출하는데 효율적인 방법으로 알려져 있다. 이런 특징을 응용한 다양한 변형된

허프변환 방법들이 차량 영역을 찾는 연구에 사용되고 있다 [12]. Hua-jun [13]은 허프 공간상으로의 변환을 이용한 소실점 추정에 관한 연구를 통해 차선을 검출한다. 일반적인 허프변환을 이용한 차량 영역의 추출은 도로 영상에서 배경 정보가 단순한 경우에 잘 적용된다. 시내도로와 같이 복잡하고 다양한 배경을 가지는 도로 영상에는 에지의 정보가 복잡하기 때문에 정확한 차선 검출이 힘들어 차량 영역을 추출하는데 어렵다 [15][16][17]. 또한 이러한 방식들은 주로 맑은 날씨에서 차선의 에지 성분이나 컬러 성분이 뚜렷하게 나타나는 경우에 한정되어 동작하는 것이 대부분이며 안개가 낀 날씨와 같이 물체의 외곽성분이 두드러지게 나타나지 않는 경우에 대해서는 정확한 검출이 어렵다는 단점을 가지고 있다.

안개가 낀 날씨의 주된 특징은 물체의 윤곽선이 뚜렷하게 나타나지 않기 때문에 맑은 날씨에 비해 에지 성분의 검출이 어렵다. 또한 영상에 노이즈 성분이 강하게 발생한 효과와 유사하기 때문에 색상의 정보를 올바르게 추출하기에도 어려움이 있다. 이러한 안개 낀 날씨의 특징을 보완하기 위해서 전처리 단계로 영상의 대비도를 향상시키고 색상을 원색에 가깝도록 처리하는 과정이 필요하다.

영상의 대비를 향상시키는 보편적인 알고리즘들이 많이 존재 하지만, 안개와 같이 전반적으로 흐려지는 영상에 대해서는 잘 적용되지 않는 것을 볼 수 있다. 특히 영상의 전반적인 영역에 대해서 처리하는 알고리즘의 경우 안개의 영역들의 부분적인 처리가 미흡함을 알 수 있다. 반면 Retinex 알고리즘의 경우 영상의 안개 성분에 대해서도 상당히 높은 개선 성능을 보여주고 있다. [14] 사람의 눈은 저조도의 환경에서 시간이 지남에 따라 적응을 할 수 있기 때문에 물체에 대한 컬러 정보를 구별할 수 있다. 하지만 카메라의 경우 이러한 성능을 따라 할 수 없기 때문에 영상에서의 물체에 대한 분별이 어려울 수 있다. Retinex 알고리즘은 이러한 사람의 눈에 대한 성능을 영상에서도 표현할 수 있도록 환경에 적응하여 대비를 향상시키는 알고리즘이다. 따라서 이것은 다른 전역적 영상 향상 방법이 가지지 못하는 여러 장점을 가지고 있다. 하지만 Retinex 알고리즘의 경우 가우시안 필터를 영상에 컨벌루션을 취하는 형태를 가지고 있기 때문에 연산량이 많으며, 더불어 도로 안개 영상에서의 차선 성분의 검출에 있어서 미약하다는 단점이 있다.

본 논문에서는 입력된 영상에 대해서 안개의 존재 여부를 판단하여 각 상황에 적합한 차선 검출 알고리즘을 적용하는 알고리즘을 제시한다. 안개 낀 영상의 경우 대비도 향상을 위해

서 미디언 필터를 기반으로 하는 Retinex 알고리즘을 이용한다. 이러한 단계를 통해 개선된 영상을 이용하여 차선의 성분들을 추출하기 위해 이중 임계치를 적용한다. 이중 임계치는 첫 번째로, High 값 이상을 가지는 픽셀들을 우선적으로 검색하고 두 번째로, 검색된 주변을 검색하여 Low 값 이상을 가지는 픽셀들을 다시 검색함으로써 차선을 검출한다. 마지막으로 라벨링을 통해 차선의 그룹을 지정하고 해당 차선들의 크기 및 방향 정보를 계산함으로써 최종 차선을 결정한다. 그림 1은 본 논문에서 제안한 방법의 전반적 흐름도를 나타낸다.

2장에서는 영상에서 안개의 여부를 판단하는 단계를 설명하고 3장에서는 미디언 필터를 기반으로 하는 Retinex 알고리즘에 대해서 설명한다. 4장에서는 개선된 안개 영상에서의 라벨링을 통한 차선 후보 검출과 기하학적인 특징으로 크기 및 방향 정보를 이용한 최종 차선 검출에 대해서 설명한다. 5장에서는 제안한 알고리즘을 실험을 통해 평가하고 6장에서는 결론을 제시한다.

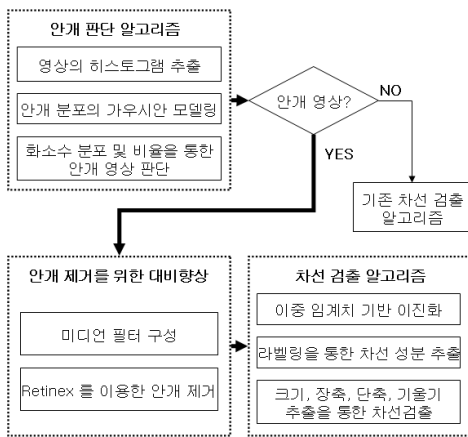


그림 1. 제안된 차선 검출의 전반적 흐름도
Fig. 1. Overall Flowchart for Proposed Lane Detection.

II. 안개 낀 영상의 판단

입력된 영상에서 안개가 존재하는지를 판단하기 위해서 우선 안개의 특징을 정의하고 맑은 날씨와 다르게 나타나는 특징을 추출해야 한다.

안개가 존재하는 영상의 특징은 첫 번째로 전체적인 영역들이 맑은 날에 비해 밝은 값을 가지는 화소들이 많이 존재한다는 것이고 두 번째로 영상에서의 거리에 따라 물체들의 윤곽선이 선명하지 않게 보인다는 것이다. 세 번째 특징은 색상에서의 채도 성분이 많이 떨어진다는 것으로 이는 안개로 인

해 흰색 성분이 노이즈와 같은 형태로 추가된 것과 동일하게 생각할 수 있다.

이와 같은 안개의 특징들은 영상이 가지는 히스토그램을 통해서도 알 수 있는데 그림 2는 (a) 맑은 날씨에서의 히스토그램과 (b) 안개 영상이 가지는 히스토그램의 일반적인 형태를 보여준다.

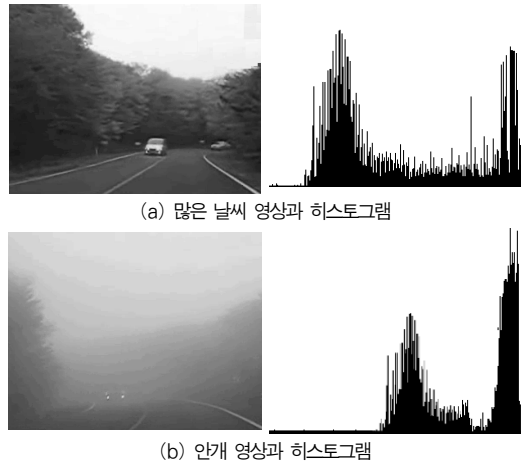


그림 2. 안개 영상과 맑은 날씨에 대한 히스토그램
Fig. 2. Histogram of a foggy and a fine day

그림 2를 통해 알 수 있듯이 안개 영상의 경우 히스토그램에서 밝은 영역, 즉 높은 값을 가지는 화소들의 분포가 상대적으로 많이 분포되어 있음을 알 수 있다. 반면 맑은 날씨의 경우 히스토그램의 분포가 안개 영상에 비해 중간 값을 가지는 화소들에 집중되어 있음을 알 수 있다. 이러한 안개 낀 날씨에 대한 특징을 일반화 하여 영상의 히스토그램에서의 밝은 값을 가지는 성분들의 형태를 분석함으로써 안개의 유무를 판단하도록 한다.

그림 3은 입력된 영상에 대해서 안개의 유무를 판단할 수 있도록 제안하는 알고리즘의 흐름도를 보여준다. 우선 영상이 입력되었을 경우 입력된 영상에서 판단에 적용할 관심영역을 지정하고 해당 픽셀들을 추출한다. 관심영역은 카메라에서 거리가 멀고 안개 화소만 존재하는 부분으로 지정 한다 (본 논문에서는 영상의 상위 2/3 부분, 일반적으로 지평선 상단 부분). 관심 영역에서 추출된 픽셀들의 밝기 성분에 대한 평균과 표준편차를 구하고 이 분포를 가우시안으로 모델링 한다. 입력된 영상에 대한 히스토그램을 구하고 앞에서 계산된 가우시안의 평균 m 과 편차 σ 를 이용하여 $m-2\sigma \sim m+2\sigma$ 범위 내에 존재하는 화소를 계산한다. 이때 전체에 대한 화소 수에 대한 비율을 계산하여 해당 화소수가 전체의 60% 이상이고

표준편차가 15 이내에 존재하는 경우 입력 영상을 안개 영상으로 판단하고 그렇지 않을 경우는 맑은 날씨로 판단한다.

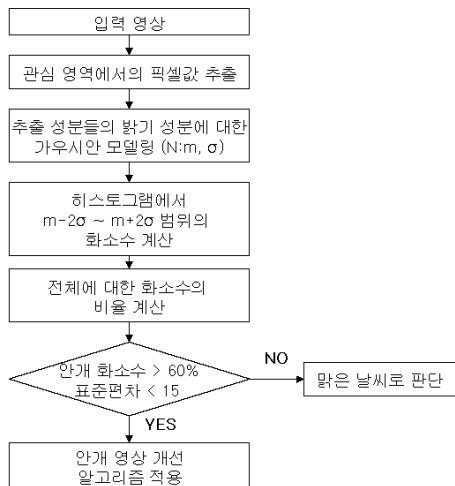
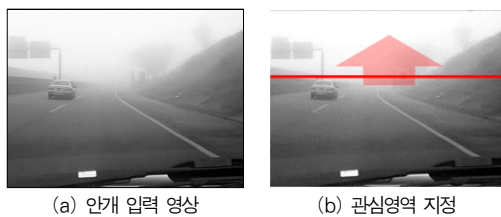


그림 3. 안개 영상 판단 알고리즘의 흐름도
Fig. 3. Flowchart for fog judgment algorithm

그림 4는 위의 흐름도에 적용되는 안개영상 이미지와 관심 영역의 지정에 대한 예시를 보여주며, 이러한 ROI에서의 히스토그램에 대한 가우시안 모델링을 보여준다.



(a) 안개 입력 영상 (b) 관심영역 지정
(c) 히스토그램에서 안개화소 가우시안 모델링

그림 4. 안개 영상에서의 관심영역 지정 및 히스토그램 예시
Fig. 4. The example of ROI(Region of Interest) setting and histogram

그림 4(a)는 입력영상, (b)는 관심영역 지정을 보여주고

(c)는 영상의 히스토그램에서 안개영역이 가우시안 형태로 모델링됨을 보여준다.

III. 미디언 필터 기반의 Retinex 알고리즘

3.1 기존의 Retinex 알고리즘

기존의 Retinex 알고리즘은 영상의 밝기와 인지된 감각 사이에는 로그 관계를 가진다는 Weber-Fechner's Law와 영상의 밝기는 조명 성분과 반사 성분의 곱으로 이루어진다는 Land의 시각적 모델을 가정하여 조명 성분의 영향을 줄이고 사물의 특징을 표현하는 반사 성분을 나타냄으로써 대비도를 향상시키는 방법이다.

일반적으로 Retinex 알고리즘의 기본원리는 입력영상에 들어있는 배경성분을 제거하는 것이다. 배경영상은 입력영상의 평균적인 영상으로 생각할 수 있는데, 이것은 적당한 스케일의 가우시안 필터를 적용하여 얻을 수 있다. 이 필터를 적용하면 입력영상에서 필터사이즈 보다도 작은 스케일은 무시하는 효과를 준다. 또한 입력영상에서의 반사성분은 입력영상을 앞서 구한 배경영상으로 나누면 되고, Retinex 출력은 이 반사성분에 로그 값을 취하여 얻어진다. 이 로그 값을 취함으로써 반사 성분이 분포하는 범위를 압축하는 효과를 얻을 수 있게 된다.

Retinex는 입력 영상의 채널에 따라서 두 가지로 구분할 수 있는데, 하나의 스케일에 대해서 적용하는 경우를 SSR(Single Scale Retinex) 알고리즘이라고 하며 컬러영상과 같이 RGB의 세 개의 스케일에 대해서 적용하는 경우 MSR (Multi Scale Retinex) 알고리즘이라 한다.

그림 5는 MSR 알고리즘의 블록 다이어그램을 보여준다.

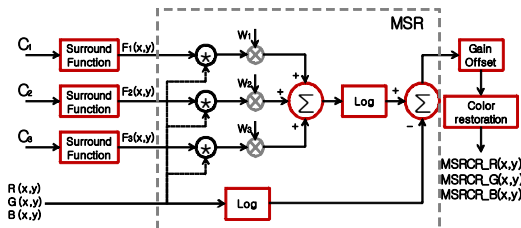


그림 5. MSR 알고리즘의 블록 다이어그램
Fig. 5. Block diagram for MSR of Retinex method

SSR 알고리즘은 식 (1)로 정의할 수 있다.

$$R_i(x, y) = \log I_i(x, y) - \log [F(x, y) * I_i(x, y)] \quad (1)$$

(x,y)는 해당 화소의 좌표를 의미하며, $I_i(x, y)$ 는 i 번째 색상 성분을 나타낸다. 즉 RGB 영상의 경우 $i = 1, 2, 3$ 이다. $R_i(x, y)$ 는 i 번째 색상의 SSR 결과를 나타낸다. * 연산은 컨벌루션 연산을 나타내고 $F(x, y)$ 는 조명 성분 추정을 위한 Gaussian Center/Surround 함수로 식 (2)와 같이 정의된다.

$$F(x, y) = K \exp[-(x^2 + y^2)/c^2] \quad (2)$$

식 (2)에서 c는 Gaussian Center/Surround 상수를 나타내며, K는 식 (3)과 같이 구해진다.

$$\iint F(x, y) dx dy = 1 \quad (3)$$

c가 너무 작은 경우 영상의 경계를 보존하면서 어두운 영역의 정보가 복원된다. 하지만 원 영상에서의 어두운 영역과 밝은 영역 사이의 차이가 너무 줄어들어 회색조로 보이는 영상을 얻게 된다. 반면 c가 큰 경우 어두운 영역과 밝은 영역의 차이가 적절하지만 영상의 경계 정보와 밝은 영역의 정보가 손실되게 된다.

3.2. 미디언 필터 기반의 Retinex 알고리즘

본 논문에서는 기존의 Retinex 알고리즘에서 사용된 가우시안 필터 대신 미디언 필터를 적용함으로써 가우시안 필터의 연산에 소요되는 연산속도를 줄이고 안개 낀 도로영상에서의 강인한 차선의 특징 추출을 제안한다.

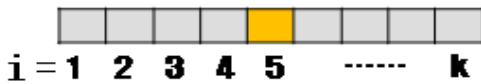


그림 6. 미디언 필터 마스크
Fig 6. Median filter mask

그림 6은 본 논문에서 사용하는 미디언 필터 마스크를 보여주는 것으로, 기존의 미디언 필터에서의 정방향 마스크가 아닌 가로방향의 k개의 성분을 가진 마스크로 구성한다. 이것은 영상에서 나타나는 차선의 성분이 세로축으로 긴 형태를 가지기 때문에 수평적인 성분의 변화가 뚜렷함을 이용한 것이

다. 따라서 k개의 가로 성분들을 추출하여 정렬을 통해 중간값을 취하고, 이 과정을 전체 영상에 적용한다.

제안하는 미디언 필터 기반의 Retinex는 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$R_i(x, y) = \log I_i(x, y) - \log [L(x, y)] \quad (4)$$

여기서 $L(x, y)$ 는 조명 성분에 사용되는 미디언 필터를 나타내는 것으로 식 (5)와 같이 정의될 수 있다.

$$L(x, y) = M(x, y) * I_i(x, y) \\ = Center\{Sort\{I_i(x, y) : I_{i+k}(x, y)\}\} \quad (5)$$

식 (5)에서 알 수 있듯이 $L(x, y)$ 는 i 번째 화소에서 i+k 번째 화소를 정렬하고 가운데 위치 값을 취한 결과이다.

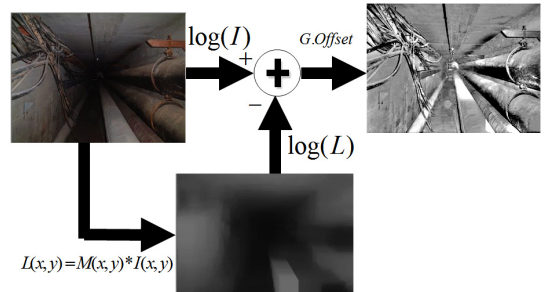


그림 7. 미디언 필터 기반의 Retinex 알고리즘 과정
Fig. 7. Median filter based Retinex algorithm

그림 7은 일반적인 영상에 대한 미디언 필터 기반의 Retinex 알고리즘의 적용과정을 보여준다. 입력된 영상에서의 어두운 부분에서 대비도가 약한 부분이 결과 영상에서 보다 뚜렷하게 나타나는 것을 확인할 수 있다.

IV. 이중 임계치 이진화와 라벨링을 통한 차선 검출

미디언 필터를 기반으로 하는 Retinex 알고리즘을 이용하여 개선된 안개 영상은 차선의 성분뿐만 아니라 다른 영역에서 검출된 노이즈 성분을 포함하고 있다. 따라서 이러한 성분을 제거하고 차선의 정보만 추출할 수 있는 과정이 필요하다. 본 장에서는 두 단계의 임계치를 가지는 이진화 과정을 통해

서 차선 성분을 제외한 나머지 노이즈 성분을 제거하는 단계를 설명한다.

그림 8은 제안한 방식을 이용하여 안개 낀 도로 영상에 대해 대비를 향상시킨 결과를 보여준다.

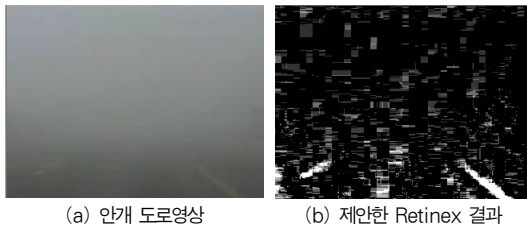


그림 8. 미디언 필터 기반의 Retinex 를 이용한 안개 도로영상에서의 대비 개선

Fig. 8. The result of enhancement of fog image using Median filter based Retinex algorithm

그림 8(a)는 안개가 자욱하게 낀 도로 영상이며 사람의 시각으로도 희미하게 보이는 것을 알 수 있다. (b)는 제안한 미디언 필터 기반의 Retinex 알고리즘을 이용하여 대비도를 개선한 결과를 보여준다. 결과에서 볼 수 있듯이 차선에 해당하는 위치가 두드러져 있음을 알 수 있다. 하지만 대비가 향상됨과 동시에 주변에서의 노이즈 성분도 함께 두드러지기 때문에 이러한 성분을 제거하고 차선에 해당하는 영역만 검출해야 한다.

차선에 해당하는 영역은 밝은 색 성분이 매우 강하게 나타나며 이러한 화소들이 밀집해 있음을 알 수 있다. 따라서 이중 임계치를 이용한 이진화를 통해 차선 성분을 추출할 수 있다.

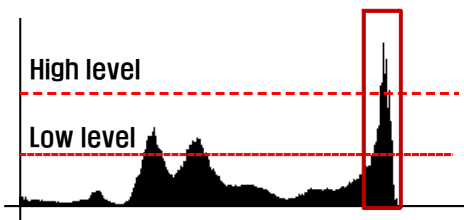


그림 9. 이중 임계치를 이용한 이진화 과정
Fig. 9. Binarization using Multi threshold

그림 9는 이미지의 단면에 대한 밝기 성분의 변화를 나타낸 것으로 이미지의 밝기 값에서의 이중 임계치를 이용한 이진화 과정을 보여준다. 첫 번째로 영상의 밝기 성분이 High level 이상의 값을 가지는 성분들을 검색하고 이러한 성분들에 대한 주변을 검색하여 Low level 이상의 값을 가지는 정보들을 최

종적으로 추출한다. 이러한 과정에서 High level 에서 검색된 화소들의 주변을 검색하고 Low level 이상의 영역을 하나의 그룹으로 묶어주기 위한 라벨링 과정이 필요하다. 라벨링 과정에서의 수행시간 단축을 위해서 라인별 검색을 통해 위아래의 연결된 성분만을 검출하는 방법을 적용한다.

최종적으로 얻어진 차선에 대해서 각 그룹 픽셀들이 가지는 크기, 장축, 단축, 기울기 정보를 계산하고 이를 통해 차선의 유효성 및 방향을 알아낼 수 있다. 그림 10은 최종적으로 얻어진 차선의 정보를 보여준다.

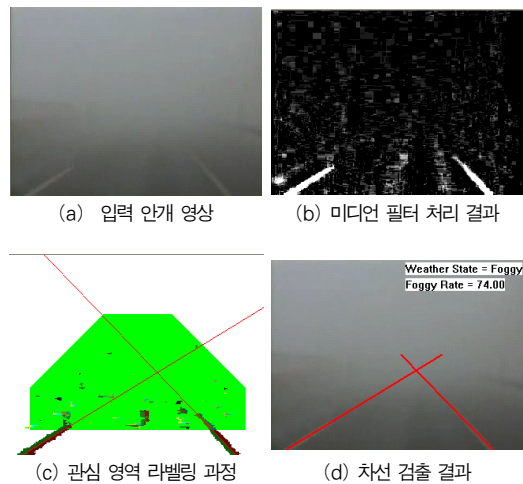


그림 10. 안개 영상의 차선 검출 결과
Fig. 10. Lane detection for foggy image

그림 10에서 (a)는 입력된 안개 도로 영상, (b)는 미디언 필터 기반의 Retinex 대비 향상 결과를 보여주며, (c)는 관심 영역에서의 라벨링 과정을 통한 차선 성분 검출을 보여준다. 최종적으로 (d)는 차선 검출 정보를 영상에 투영한 결과이다.

V. 실험 및 평가

본 논문에서 제시한 알고리즘을 수행하고 평가하기 위해서 우선 안개 낀 날씨에 대해서 테스트 영상을 수집하였으며 알고리즘의 강인성을 판단하기 위해 매우 악조건의 환경에 대한 영상을 위주로 알고리즘을 평가하였다.

5.1 안개 영상의 대비도 향상 실험

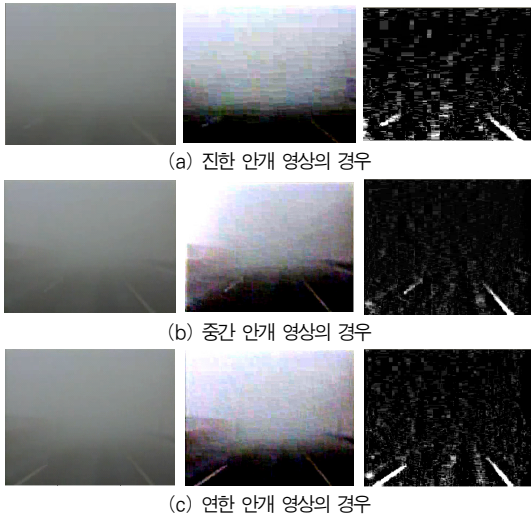


그림 11. 3가지 안개 상태에 대해 가우시안 필터와 미디어 필터 기반의 Retinex 알고리즘 적용 결과 비교
 Fig 11. Comparison for foggy image between Gaussian filter and Median filter based Retinex

그림 11은 가우시안 필터와 미디어 필터를 기반으로 하는 Retinex 알고리즘을 각각 보여준다. (a)는 진한 안개 영상의 경우, (b)는 중간 안개 영상의 경우, (c)는 상대적으로 약한 안개 영상의 경우에 대해 각각 가우시안 기반과 제안하는 미디어 필터 기반의 Retinex 알고리즘을 적용한 결과를 보여준다. 가우시안 필터를 기반으로 하는 경우 영상의 전반적인 대비도가 개선되는 반면, (c)와 같이 제안한 미디어 필터를 이용하는 경우 차선의 영역에 해당하는 부분들이 매우 강하게 두드러지는 결과를 확인할 수 있다.

5.2 안개 영상에서의 차선 검출

안개가 낀 날씨로 판별된 영상을 대상으로 제안한 알고리즘을 통해 영상의 대비도를 향상 시키고 차선 검출 알고리즘을 적용함으로써 최종적인 차선을 검출한다.

그림 12는 그림 11의 3가지 안개 영상에 대해 제안된 방법으로 대비도를 향상시킨 후 차선성분을 검출하고 이를 기반으로 차선을 검출한 결과를 보여준다.

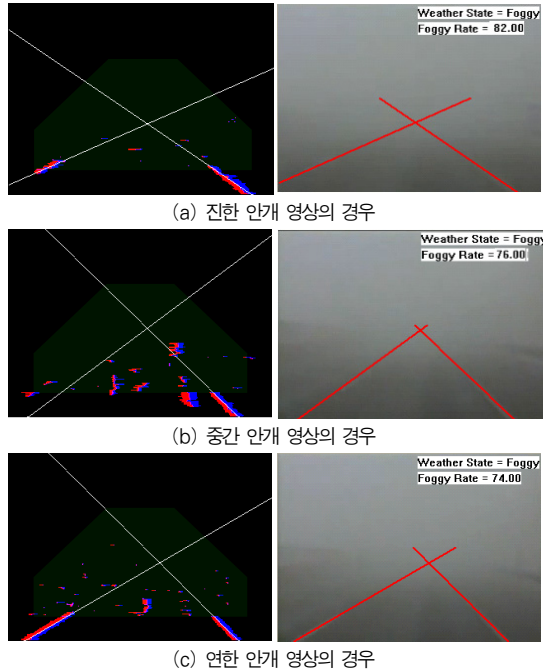


그림 12. 그림 11의 3가지 안개 상태에 대해 제안된 알고리즘을 적용하여 차선 성분을 검출한 결과
 Fig 12. The result of lane detection for three kind of foggy condition (as shown Fig 11) using Median filter based Retinex algorithm

그림 12에서 볼 수 있듯이 안개가 매우 짙은 상태에서도 차선의 정보를 정확하게 검출된 것을 알 수 있다. 테스트를 위한 영상은 매우 악 조건의 상황에서 획득한 영상을 통한 것으로 보통의 경우에는 가까운 차선의 성분이 잘 검출되는 반면, 매우 안개가 짙은 안개 영상에 적용함으로써 강인함을 나타내었다.

제안한 알고리즘의 성능 평가를 위해 사용한 안개 영상은 안개가 낀 날씨에 대해서 적용하기 위해 다양한 환경 조건을 가지는 영상들을 대상으로 하였다. 다양한 연속적인 영상들을 대상으로 약 1500 개의 프레임들을 추출하여 프레임 별로 저장하였다. 다른 알고리즘과의 성능 평가를 위해 저장된 개별 안개 이미지들을 입력하여 각각의 영상 개선 알고리즘을 적용한 후 차선 성분을 검출한 결과를 비교하였다.

표 1. Retinex 기반의 개선된 영상의 차선 검출 결과
 Table 1. Lane detection result of improved image based on Retinex

	가우시안 필터 기반	미디어 필터 기반
시내도로	85.45 %	91.78 %
고속도로	89.28 %	93.94 %

표 1은 안개 영상과 개선된 영상에서의 차선 검출에 대한 검출율을 비교하여 보여준다. 검출 율은 각각의 결과 영상을 5명의 육안으로 판단한 결과이다. 각각 시내도로 및 고속도로에서 획득한 영상을 대상으로 하였다. 안개영상의 경우 근접한 차선이 없는 경우 차선 검출이 어려운 경우가 발생하기 때문에 개선된 영상에 비해 검출 율이 떨어지는 것을 알 수 있으며 개선된 영상의 경우 영상의 흐려진 부분이 존재하는 차선 정보가 뚜렷해짐으로써 차선 검출이 더 용이해 짐을 알 수 있다.

본 논문에서 제안하는 알고리즘은 Intel Core2 Duo 3.00GHz, 2GB RAM의 컴퓨터에서 검출 시간이 40ms 내외로 320*240 크기의 영상을 1초에 25frame 가량 처리할 수 있다.

표 2. 검출 시간 비교

Table 2. The Comparison of Processing Time

	가우시안 필터 기반	미디어 필터 기반
Frame/Second	8	25

표 2는 가우시안 필터를 사용한 Retinex 알고리즘과 미디어 필터 기반의 Retinex 알고리즘의 검출 시간을 나타낸다. 가우시안 필터를 사용한 차선 검출 방법은 가우시안 마스크를 사용하기 위해 수행되는 연산량이 많아지는 이유로 한 장의 영상을 처리하는데 걸리는 시간이 0.125 초 정도, 즉 1초에 8프레임의 처리가 가능함을 보여준다. 반면, 제안한 미디어 필터 기반의 Retinex 알고리즘은 단순 비교 연산만 처리하기 때문에 영상 한 장의 처리를 위해 0.04 초 즉, 1초에 25장 가량 영상 처리가 가능함을 볼 수 있다. 본 논문에서 제안한 알고리즘을 적용하여 검출된 차선 결과 영상을 [18]에서 확인할 수 있다.

VI. 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 이러한 노이즈의 형태에 대해서 분석하고 개선할 수 있는 알고리즘을 제안하였다.

제안한 안개 영상 이미지 판단 및 개선 알고리즘은 안개의 형태를 가우시안으로 모델링함으로써 안개 성분이 가장 많이 분포할 수 있는 영역을 확률적으로 표현하였고 미디어 필터 기반의 Retinex 기법을 적용함으로써 효과적으로 대비도를

향상 시켰다. 이것을 차선 검출을 위한 전처리 단계에 적용하여 안개가 낀 환경에서의 강인한 차선 검출 알고리즘을 구성하였다. 차선 정보를 검출하기 위해서 대비 개선된 영상에서의 이중 임계치 적용을 통한 밝은 영역을 검출하고 라벨링을 통해 최종적인 차선의 성분을 추출하였다.

제안한 알고리즘은 처리 속도와 효율성에 대해서 기존의 가우시안 필터를 기반으로 하는 Retinex 알고리즘과 제안한 미디어 필터 기반의 Retinex 알고리즘을 비교하였다. 특히 안개가 매우 짙은 형태의 영상을 통해 비교하여 확연한 차이가 남을 확인할 수 있었다.

참고문헌

- [1] Takahashi, "A Study on Predicting Hazard Factors for Safe Driving," IEEE Transactin on Industrial Electronics, Vol. 54, No. 2, pp.781-789, 2007.
- [2] Cheng, "Interactive Road Situation Analysis for Driver Assistance and Safety Warning Systems - Framework and Algorithms," IEEE Transactions on Intelligent Transportation System, Vol. 8, No. 1, pp.157-167, 2007.
- [3] S. Tsugawa, "Vision-based vehicles in Japan_ machine vision systems and driving control systems," IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, VOL. 41, NO. 4, pp.398-405, 1994.
- [4] J. C. McCall, "Video-based lane estimation and tracking for driver assistance_survey, system, and evaluation," IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS, VOL.7, NO.1, pp.20-37, 2006.
- [5] C. Thorpe, "Vision and navigation for the Carnegie-Mellon Navlab," IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE, VOL. 10, NO. 3, pp.362-373, 1988.
- [6] R. Chapuis, "Accurate road following and reconstruction by computer vision," IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS, VOL. 3, NO. 4, pp.261-270, 2002.
- [7] Li, "Springrobot: A Prototype Autonomous Vehicle and Its Algorithms for Lane Detection," IEEE Transactions on Intelligent Transportation System,

Vol. 5, No. 4, pp.300-308, 2004.

- [8] Y. Cheng, "Lane Detection With Moving Vehicles in the Traffic Scenes," IEEE Transactions on Intelligent Transportation System, Vol. 7, No. 4, pp.571-582, 2006.
- [9] Wang, "Lane detection and tracking using B-Snake," Elsevier, Image and Vision Computing, 22 pp.269-280, 2004.
- [10] G. Kang, "Real Time Multiple Vehicle Detection Using Neural Network with Local Orientation Coding and PCA," International Symposium on Advanced Intelligent Systems, pp. 636-639, 2003.
- [11] 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.
- [12] Tian, "Vision Based Lane detection for Active Security in Intelligent Vehicle," IEEE International Conference on Vehicular Electronics and Safety, pp.507-511, 2006.
- [13] J. LIU, "A Fast Method for Vanishing Point Estimation and Tracking and Its Application in Road Images," The 6th International Conference on ITS Telecommunications Proceedings, pp.106-109, 2006.
- [14] E. Land, "An alternative technique for the computation of the designator in the retinex theory of color vision," Proceedings of the National Academy of Science, Vol.83, pp.3078-3080, May, 1986.
- [15] 김세훈, 김계영, 최형일, "동적 임계값과 단순화된 칼만 필터 알고리즘을 이용한 효과적인 차선검출," 한국정보과학회논문지, 제 35권, 제 2호, 132-137쪽, 2008년 10월.
- [16] 성준용, 한민홍, 노광현, "안전주행을 위한 비전 기반의 차선 변경보조시스템 개발," 한국컴퓨터정보학회논문지, 제11권, 제5호, 329-336쪽, 2006년 11월.
- [17] 한상훈, 이강호, "연속 영상 분석에 의한 다중 차량 검출 방법의 연구," 한국컴퓨터정보학회논문지, 제8권, 제2호, 37-43쪽, 2003년 6월.
- [18] <http://minihp.cyworld.com/37073941/361385638>

저 자 소 개



김 영 탁
 1992: 숭실대학교 공과대학 전자공학
 과학사
 1994: 숭실대학교 대학원 전자공학과
 석사
 2005 - 현재: 숭실대학교 대학원
 전자공학과 박사과정
 관심분야: 로봇비전시스템, 영상처리



한 현 수
 1991: University of Southern
 California 공학박사
 1992 - 현재: 숭실대학교 정보통신전
 자공학부 교수
 관심분야: 자동화 시스템, 센서 융합,
 물체인식