

무인차량 적용을 위한 차선강조기법 기반의 차선 인식

Lane Recognition Using Lane Prominence Algorithm for Unmanned Vehicles

백 준 영, 이 민 철*

(Jun Young Baek and Min Cheol Lee)

Abstract: This paper proposes lane recognition algorithm using lane prominence technique to extract lane candidate. The lane prominence technique is combined with embossing effect, lane thickness check, and lane extraction using mask. The proposed lane recognition algorithm consists of preprocessing, lane candidate extraction and lane recognition. First, preprocessing is executed, which includes gray image acquisition, inverse perspective transform and gaussian blur. Second, lane candidate is extracted by using lane prominence technique. Finally, lane is recognized by using hough transform and least square method. To evaluate the proposed lane recognition algorithm, this algorithm was applied to the detection of lanes in the rainy and night day. The experiment results showed that the proposed algorithm can recognize lane in various environment. It means that the algorithm can be applied to lane recognition to drive unmanned vehicles.

Keywords: lane recognition, unmanned ground vehicle, lane prominence

I. 서론

오랜 기간 동안 머신 비전 기술은 산업의 여러 분야에서 널리 사용되어 왔으며, 한정된 공간에서의 비전 기술에 대한 신뢰성은 많은 비전 연구로 인해 해결이 되었다. 그러나 다양한 변화가 있는 환경, 특히 자동차가 주행하게 되는 환경은 시간, 날씨, 주위 환경에 따라 많은 변수와 예기치 않은 상황 및 노이즈가 발생하여 인식을 저하에 큰 원인이 된다. 이를 해결하고자 많은 연구가 진행되어 왔으며, 기하학적인 변환과 모폴로지(morphology)를 이용하는 방법[1], 히스토그램을 이용하는 방법[2], 스네이크(snake)를 이용하는 방법[3], 차선의 구조와 차선에 대한 상대적인 차량의 위치를 묘사한 모델에 기초한 방법[4], 확장 칼만 필터(EKF)를 사용한 방법[5], 호프변환을 이용한 방법[6-8] 등이 연구되어 왔다. 또한 추가적인 센서(레이저 센서, 초음파 센서)를 사용하여 도로 경계를 측정하는 방법을 추가로 적용하여 차선 인식을 높이고 있다[9,10]. 앞서 언급한 방법들은 차선 후보 추출을 흑백 이미지에 대한 이진화, 에지(edge) 추출법 또는 템플릿에 의한 패턴 인식과 히스토그램의 분포 함수 등을 사용하여 추출을 하였으나, 이러한 방법들은 도로와 경계 부분의 밝기 차이를 이용하거나, 차선이 흰색으로 도색된 경우에만 만족하기 때문에 주간에 대해서만 알고리즘 검증을 하였으며, 주간 우천시 또는 야간과 같은 다양한 환경에 대한 알고리즘 검증이 미흡하다. 따라서 일부 환경에 국한되지 않고 주야간 모두에 대해 햇빛이 강

한 맑은 날, 흐린 날과 비 오는 날, 시내 및 고속도로 등에 대한 다양한 환경에서 기존의 차선 후보 추출 알고리즘을 개선하여 차선 인식을 높이고자 한다. 차선 후보 추출 과정에 있어서 도로와 차선의 밝기와 색 차이는 차선 인식을 개선시키는데 중요한 요소가 된다. 본 논문에서는 앞서 언급한 문제들을 고려하여 차선을 인식하기 위해 도로의 아스팔트와 차선을 효과적으로 구분하여 차선을 인식할 수 있는 차선 강조 기법을 제안하고, 추출된 차선의 이미지를 좌우 3등분하여 호프 변환(Hough transform)을 통해 직선화를 거친 후 왜곡된 차선을 보정하기 위해 최소자승법(least square method)을 적용한다. II 장에서는 차선 강조 기법을 보다 효율적으로 적용하기 위해 전처리 과정으로 흑백 이미지(gray image)에 차선의 주요색이 되는 노란색과 흰색을 선명하게 구분할 수 있도록 파란색을 제외한 값으로 구성하며, 획득한 흑백 이미지는 역원근변환(inverse perspective transform)에 의해 카메라 좌표에서 세계좌표계로 변환한다.

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수: 2010. 3. 15., 수정: 2010. 4. 15., 채택확정: 2010. 4. 30.

백준영: 부산대학교 기계공학부 제어자동화시스템전공

(main100@pusan.ac.kr)

이민철: 부산대학교 기계공학부(mcleee@pusan.ac.kr)

※ 본 연구는(부산대학교 특수환경 Navigation/localization로봇기술 연구센터를 통한)지식경제부/한국산업기술진흥원 융복합형로봇 전문인력양성사업의 지원으로 수행되었음.

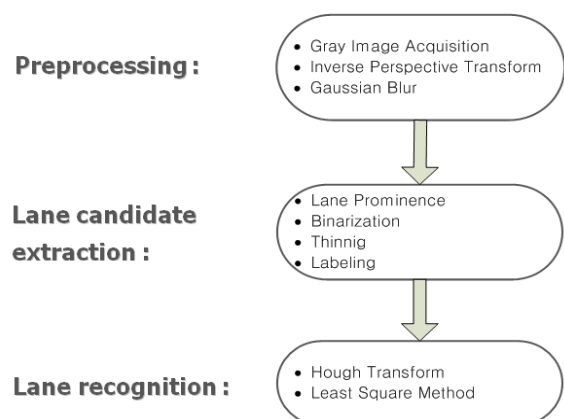


그림 1. 차선인식 알고리즘 순서도.

Fig. 1. Overview of an lane recognition algorithm.

이는 수평 밝기에 기반한 차선 강조 효과를 개선하는데 사용된다. III 장에서는 엠보싱 효과(embossing effect)를 시작으로 차선 강조 알고리즘을 수행하며, 이진화(binartization)와 세션화(thinning)를 거쳐 최종 차선 후보를 추출한다. 이렇게 추출된 차선 후보는 노이즈를 내포하고 있기 때문에 몇 개의 관심영역을 선정하여 호프변환 및 최소자승법을 통해 최종 차선 인식을 수행한다. IV 장에서는 알고리즘 검증에 위하여 시내 및 고속 도로상에서 날씨에 따른 실험 결과를 보여주고 있다.

II. 전처리 과정

1. 흑백 이미지 획득

입력되는 영상은 320 * 240 크기의 24bit 칼라 영상이다. 24bit 칼라 영상은 빨강(red), 녹색(green), 파랑(blue)으로 각 8bit씩 분리하여 표현이 가능하다. 칼라영상을 8bit 흑백 이미지로 변환하면 24bit 칼라 영상에 비해 정보의 양이 3배 줄어든다. 흑백 영상에서 영상 데이터 처리 양을 단축시키기 위해서 24bit 칼라 영상을 8bit 흑백 영상으로 변환시킨다. 8bit의 흑백 영상을 획득하기 위해 일반적으로 R, G, B 값의 평균을 이용하여 구할 수 있다. 이렇게 얻어진 8bit 흑백 영상은 각 색깔의 명암 값을 가지게 된다. 일반적인 차선의 색깔대인 노란색과 하얀색을 선명하게 만들면 차선 주변 환경과의 밝기 변화를 크게 가져와 인식률을 높일 수 있다. 따라서, 칼라 영상에서 노랑과 백색의 주요색인 빨강(red)과 녹색(green)으로만 흑백 영상을 획득한다. 흑백 영상 획득에 관해서는 식 (1)과 같이 2RG를 이용하여 변환하였다.

$$GrayImage = (2 \times Red + Green) / 3 \quad (1)$$

그림 2에서는 RGB값 전체를 이용한 결과와 파란색(blue)을 제외한 2RG에 대한 결과를 나타내고 있으며, 2RG값 이미지에서의 차선이 RGB값 이미지에서의 차선 보다 선명하게 보여짐을 알 수 있다. 여기서 빨간색에 가중치를 둔 이유는 흰색 차선에는 무관하지만 노란색 차선에서 RGB색

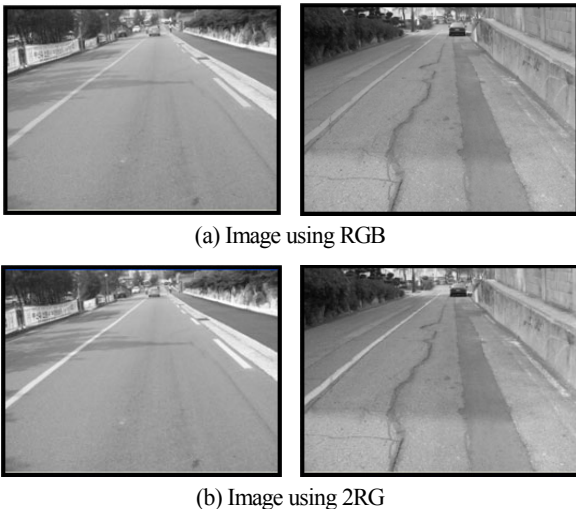


그림 2. 흑백이미지.
Fig. 2. Gray Image.

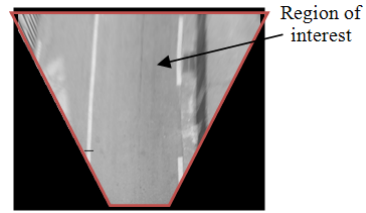


그림 3. 역원근변환 후의 이미지와 관심 영역.
Fig. 3. Image after the inverse perspective transform and ROI.

분포를 검토해보면 R값이 G나 B보다 상대적으로 큰 값을 가지고 있기 때문이다.

2. 역원근 변환

카메라에 의해 획득된 이미지는 일반적으로 원근효과를 가지고 있다. 따라서 역 원근 변환을 통해 획득된 이미지의 원근 효과를 제거하고, 세계 좌표계로 변환이 가능하다. 역 원근 변환기법은 1993년에 발표한 Xian Chen의 논문에서부터 시작되었다[11]. 이후로 1995년 D. Pomerlean은 RALPH라는 차선 이탈 경보 시스템을 발표하였고[12], Alberto Broggi는 1995년과 1996년에 stereo IPM (Inverse Perspective Mapping)방식을 적용한 차선 및 물체 인식 알고리즘을 발표하였다. 이러한 방법은 카메라가 차량의 임의의 위치에 고정되어 있고 도로는 평평하다(flat road)라는 가정이 전제된 후 수행될 수 있다. 이 방법의 특징은 입력된 영상의 원근 효과에 기인하여 영상 평면에서의 도로의 경계 및 차선은 카메라로부터 떨어진 거리에 따라 차선의 폭이 변하게 된다. 그러므로 원근 효과를 가진 입력 영상에서 역 원근 변환을 이용하여 원근 효과를 제거하고 영상 평면의 위치 정보를 세계 좌표계의 위치 정보로 변환시키면, 마치 카메라를 도로 위에 설치하여 하늘에서 바라보는 듯한 영상을 획득하게 되어 차선의 폭 및 차량의 위치 인식 알고리즘을 간단히 구성할 수 있는 장점이 있다. 본 논문에서는 그림 3과 같이 세계 좌표계로 변환된 도로 영상은 차선 두께를 일정하게 만들어 추후 잡음 제거에 효과적으로 활용할 수 있는 역원근 변환 기법을 적용하였다.

III. 차선 강조 기법에 의한 차선 후보 추출 및 인식

본 논문에서의 차선 강조 기법은 먼저 역 원근 변환에 의해 일정한 차선 폭으로 변환한다. 이 때 엠보싱 효과를 이용하여 차선 폭의 시작은 흰색(255)에 가까운 값으로 끝은 검정색(0)에 가까운 값으로 구분 지을 수 있어 차선 폭 검사를 단순하게 만들어 주게 된다. 차선 폭 검사를 통해 차선과 유사한 픽셀만 남겨 새로운 이미지를 만들고, 차선과 유사한 픽셀에 대해 마스크를 씌워 차선 부분만 밝은 값을 가지도록 한 뒤 이진화와 세션화를 거쳐 차선 강조 기법이 완료된다.

1. 엠보싱 효과

차선 강조 기법 중에서 영상 처리 알고리즘인 엠보싱 효과(embossing effect)는 영상 픽셀의 밝기 변화를 나타내는 것으로 수직, 수평 전 방향에 대해 적용할 수 있지만, 차선의 밝기 변화는 그림 4와 같이 수평 축에 대한 정보만으로 적용이 가능하기 때문에 본 논문에서는 수직 축에 대한 변

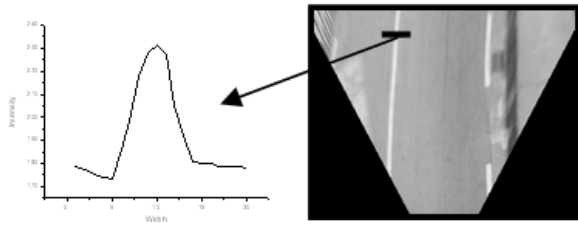


그림 4. 일반적인 차선의 밝기 변화.
Fig. 4. A typical variation of lane intensity.

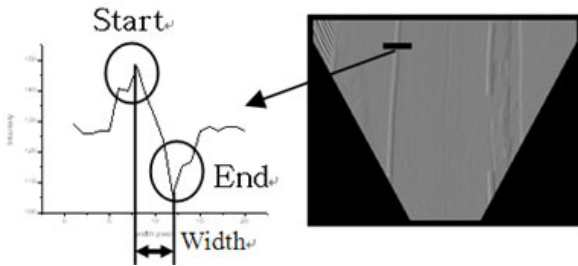


그림 5. 엠보싱 효과 적용 후의 이미지.
Fig. 5. Intensity variation of embossing image.

화는 고려하지 않았다. 역 원근 변환 후인 흑백 이미지에 대해 수평의 밝기 변화는 식 (2)와 같이 구해진다.

$$G(x,y) = Gray(x,y) - Gray(x-1,y) + 128 \quad (2)$$

그림 5와 같이 엠보싱 효과 적용 후 차선 주위의 밝기 분포를 보면 차선 경계의 좌측은 흰색(255)에 가까운 값을, 우측은 검은색(0)에 가까운 값을 가지게 된다. 이것이 차선의 후보 추출에 필요한 중요한 정보가 되며, 좌우측 경계의 폭은 카메라 파라메타와 설치 위치에 따라 결정이 된다.

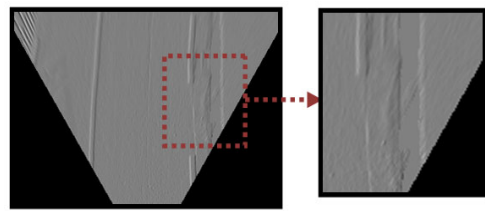
2. 차선 두께 검사를 이용한 노이즈 제거

엠보싱 효과 이미지는 그림 5에서처럼 밝고 어두운 경계면이 존재하는 차선뿐만 아니라, 인도와 보도의 경계 부분에 놓여 있는 연속 경계면처럼 밝거나 어두운 경계면만 있는 부분이 존재한다. 이를 효과적으로 구분하기 위해 그림 5처럼 차선 밝기 변화의 특징을 이용하여 픽셀거리를 검사하면서 차선과 유사한 값만 새로운 이미지로 갱신한다. 따라서 그림 6에서처럼 흰색 임계치(white threshold)보다 큰 값을 가지는 픽셀을 발견하면 그 픽셀을 기준으로 탐색 픽셀을 기준 픽셀 우측으로 이동하면서 설정한 흑색 임계치(black threshold)와 비교한다. 탐색 영역내에 흑색 임계치 이하의 픽셀이 존재하면 차선과 유사한 폭이 되므로 새로운

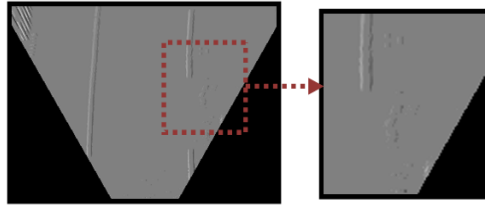
```

if G(x, y) > White Threshold
for i=2 to 6
    if G(x+i, y) < Black Threshold
        G_refresh(x, y) = G(x, y)
    else
        G_refresh(x, y) = 128
    
```

그림 6. 차선 두께 알고리즘.
Fig. 6. Algorithm of lane thickness.



(a) Before



(b) After

그림 7. 차선 두께 알고리즘.

Fig. 7. Application of lane thickness check algorithm.

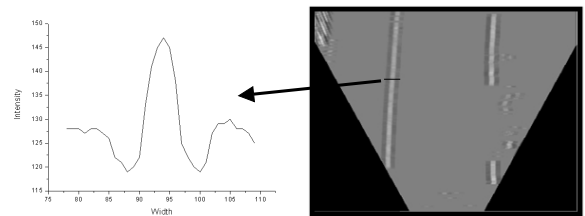


그림 8. 차선 두께 검사 후 마스크에 의한 밝기 변화.

Fig. 8. Application of lane thickness check algorithm.

이미지에 표시하게 된다. 여기서 실험적으로 white threshold는 135, black threshold는 115로 정하였다. 그림 7은 밝기 변화 검사를 적용하기 전과 후를 나타내고 있으며, 그림 7(a)처럼 차선 이외의 배경에 대한 많은 노이즈를 내포하고 있지만, 그림 7(b)에서는 차선과 유사한 픽셀만 표시됨을 보이고 있다. 따라서 이미지에 존재하는 도로와 보도의 경계인 연속과 도로 상에 존재하는 노이즈를 제거하는 효과를 얻는다.

3. 마스크를 이용한 차선 후보 추출

노이즈가 제거된 엠보싱 효과의 이미지를 이용하여 차선을 추출하기 위하여 식 (3)과 같이 1차원 마스크를 적용하여, 그림 8과 같이 차선의 밝기를 주위 색에 비해 밝게 만드는 효과의 이미지를 얻는다. 식 (3)에서 n의 선정은 차선의 폭과 관계가 있다. 이것은 카메라의 설치 조건에 따라 역 원근 이미지 내에 차선의 크기가 결정되기 때문이다. 그림 8은 식 (3)에 의해 이미지의 밝기를 변화 시킨 결과이며, 상대적으로 차선 후보의 중앙 부분이 주위 밝기보다 큰 차이를 나타내도록 변화시킨다. 이 결과로 인해 이진화시 후보 추출을 용이하게 만들어준다.

$$G_2(x,y) = G_{refresh}(x,y) + \sum_{i=1}^n [G_{refresh}(x-1,y) - G_{refresh}(x+1,y)] \quad (3)$$

차선 인식시 소요되는 데이터 처리량을 줄이기 위하여 이진화와 세선화를 사용하였다. 그림 9(a)처럼 세선화 후에

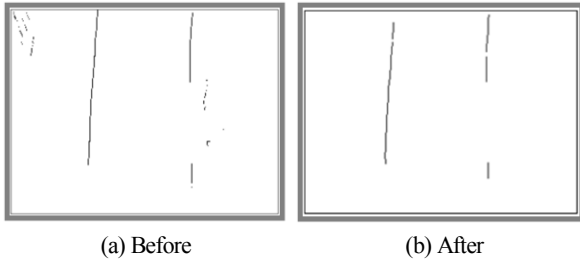


그림 9. 라벨링 결과.
Fig. 9. Result of labelling.

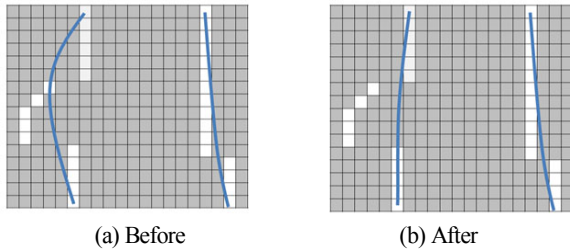


그림 10. 호프변환.
Fig. 10. Hough transform.

존재하는 작은 노이즈들을 제거하기 위하여 라벨링 처리를 적용하여 남아 있는 노이즈를 제거함으로 그림 9(b)와 같이 실제 차선에 가까운 선만 남게 되는 결과를 얻게 된다.

4. 호프 변환 및 LSM을 이용한 2차 차선 방정식

직선 및 곡선으로 되어 있는 차선을 표현하기 위해 식 (4)와 같이 2차 방정식으로 가정하였으며, 가정한 2차 방정식의 계수를 간단히 구하기 위해 실제 데이터와 회귀 모형의 차를 최소가 되도록 만들어주는 LSM (Least Square Method)을 사용한다.

$$x = Ay^2 + By + C \quad (4)$$

그림 10(a)와 같은 경우에 대해 LSM을 적용하여 차선 방정식을 구하게 되면 차선의 왜곡이 발생하기 쉽다. 따라서 그림 10(b)와 같이 차선과 일치하는 차선 방정식을 구할 수 있도록 직선을 추출하기 위한 호프변환(Hough transform)을 사용한다. 호프 변환의 가장 큰 장점은 그림 11과 같이 점과 점의 간격에 상관없이 직선을 추출할 수 있어 상대적으로 영상의 잡음에 영향을 덜 받는다는 장점이 있다. 따라서, 획득한 영상의 일정한 영역에 윈도우를 씌우고 일부분만 존재하는 차선에 대해 직선으로 변환하는 용도로 호프 변환을 사용한다. 이때 그림 12와 같이 차선의 기울어짐이 30도에서 150도 사이에 존재하기 때문에 이 사이로 제한한다. 이것은 호프 변환의 단점인 연산 시간을 단축시키기 위해서이다. 그리고, ρ 의 범위는 이미지 중심을 기준으로 좌측은 0에서 200 픽셀, 우측은 100에서 400픽셀로 정하여 불필요한 처리 과정을 제거하였다. 이러한 제한을 두기 위해 시행착오적으로 차선과 영상의 상대적 관계를 구하였다.

호프 변환을 직선에 대해 적용하였기 때문에 곡선에 대한 검출이 어려우며, 전체 이미지를 모두 적용할 경우 연산 속도가 저하되는 단점이 있다. 따라서 이런 문제를 해결하

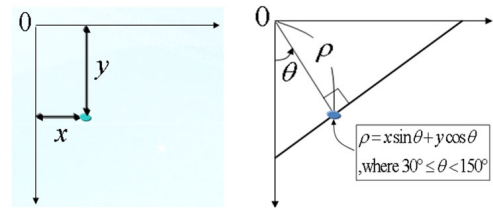


그림 11. (x,y)좌표 점의 호프변환(ρ, θ).
Fig. 11. Hough transform(ρ, θ) of point of (x,y).

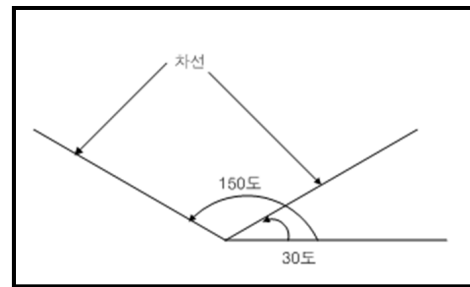


그림 12. 차선 최대 검출 각도.
Fig. 12. Maximum angular of lane detection.

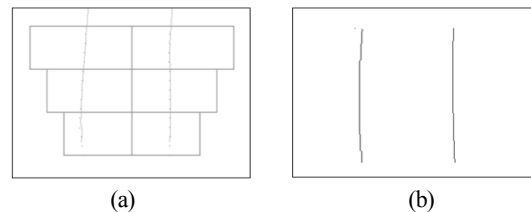


그림 13. (a)호프변환 윈도우 (b) LSM에 의한 차선 인식.
Fig. 13. (a)Hough transform windows (b)Lane recognition by LSM.

기 위해 차선 방정식을 차선과 일치하도록 하고, 역 원근 변환 후 관심 영역 이미지 내에 차선 정보를 효율적으로 처리하도록 영상 중심을 기준으로 좌측과 우측을 3등분하여 호프 변환을 적용하였다. 이렇게 함으로써 연산 속도 개선 및 차선과 유사한 곡선을 구하게 된다. 그림 13(a)와 같이 세로 길이는 같으며, 상단부터 140, 120, 90 픽셀 크기로 차등 선정하고, 좌우측으로 대칭적인 윈도우를 정하였다. 그리고 최소자승법의 연산 시간 단축 및 차선과 유사한 곡선 근사식을 구하기 위해 호프 변환의 직선을 점으로 표시하였다. 그림 13(a)는 차선을 검출하기 위한 호프변환 윈도우를 나타내며 그림 13(b)는 호프 변환 후 윈도우 내에 존재하는 직선을 검출한 결과를 나타낸다.

IV. 실험 결과

적용 대상인 무인 주행 차량의 시내 주행 테스트의 어려움으로 인해, 알고리즘 검증용 위한 주행 테스트는 일반적인 차량에 적용하였으며 주행 환경은 시내 및 고속도로를 대상으로 진행하였다. 그림 14처럼 간단한 시스템을 구성하고 승용차 내부에 카메라를 고정하였으며, 그림 15와 같이 차선을 인식한 실험결과 영상에 차선 후보로 추출된 선은



그림 14. 시스템 구성.

Fig. 14. Configuration of system.



그림 15. 차선 후보(녹색선) 및 최종 차선 인식 이미지(파란선).

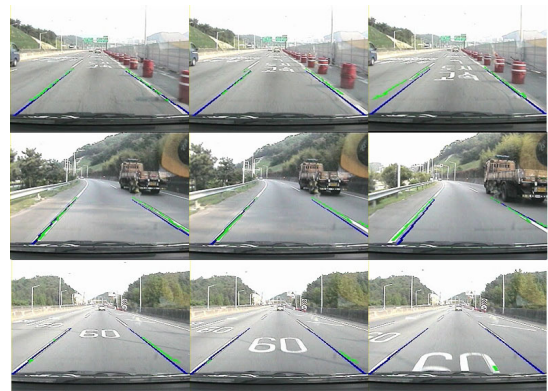
Fig. 15. Lane candidate(green line) and lane detection image(blue line).

표 1. 날씨에 따른 실험 결과.

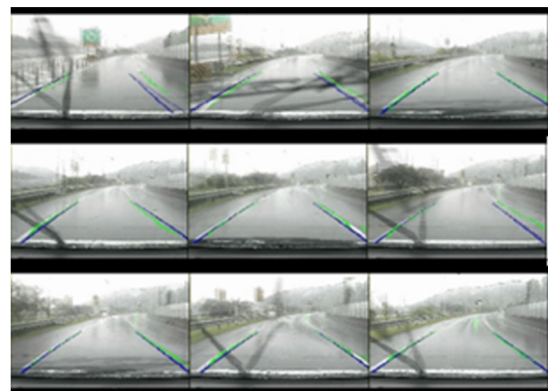
Table 1. Experiment result by weather condition.

실험 환경		시내도로	고속도로
주간	맑은 날	96.5%	98.2%
	비오는날	95.8%	97.9%
야간	맑은 날	94.5%	97.5%
	비오는날	92.1%	95.4%

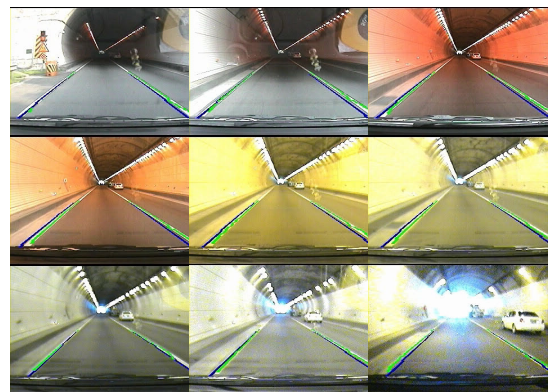
녹색으로 최종 차선 인식 결과는 파란색으로 표시하였다. 그림 16과 그림 18은 고속도로에서 주행 실험을 한 결과를 나타내고 있다. 먼저 그림 16(a)는 주간 맑은 날씨의 고속도로 주행 장면이며, 옆 차선의 차량, 가로수 그림자, 차량 통제 장애물, 도로 바닥의 주행안내 표시글 및 화살표등의 외란에도 높은 인식률을 보였다. 그림 16(b)는 주간 우천시의 고속도로에서의 주행 실험 결과이며, 우천시의 와이퍼 작동 및 빗방울 등의 외란 요소에도 불구하고 높은 인식률을 보였다. 또한 와이퍼에 속도를 저속에서 고속까지 변화를 주어 실험하였으나 인식률에는 영향을 주지 못하였다. 그림 16(c)는 고속도로에서 터널 통과시 터널 입구에서부터 터널 내부로 진입하는 경우와 터널 외부로 빠져나오면서 외부 빛의 변화가 급격해지는 경우에 대한 차선 인식 결과를 나타낸다. 인식 결과에서 알 수 있듯이 급격한 밝기 변화에도 높은 인식률을 보였다. 그림 16(d)는 야간의 맑은 날씨의 고속도로 주행 실험 결과이다. 차량의 전조등 불빛과 가로등 불빛이 반사되어 외란이 높아지며, 대체로 영상에 색바래미 발생하였으나 차선 인식에 있어서는 만족할 만한 인식률을 보였다. 그림 17은 시내도로에 대한 실험 결과를 보이고 있다. 고속 도로 결과와 유사한 인식률을 보이지만, 고속도로에 비해 더욱 복잡한 요인들이 많기 때문에



(a) Daytime



(b) Day-Rainy



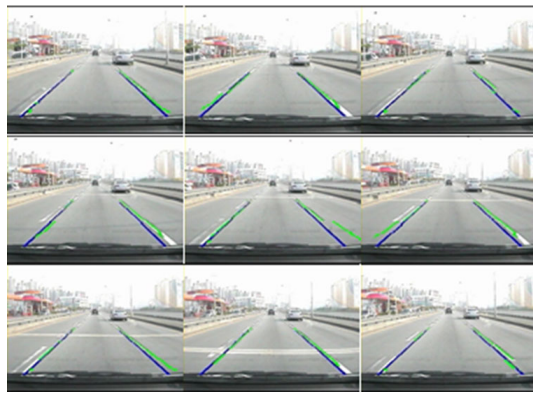
(c) Day-Tunnel



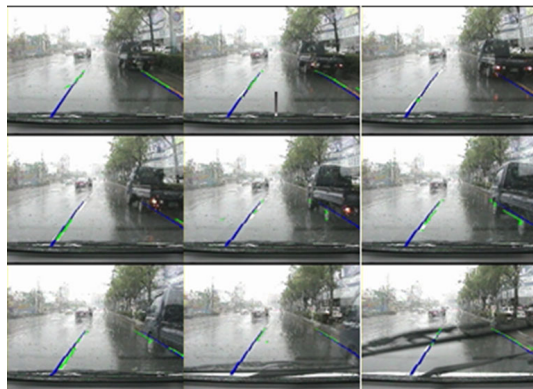
(d) Nighttime

그림 16. 고속도로에서의 결과.

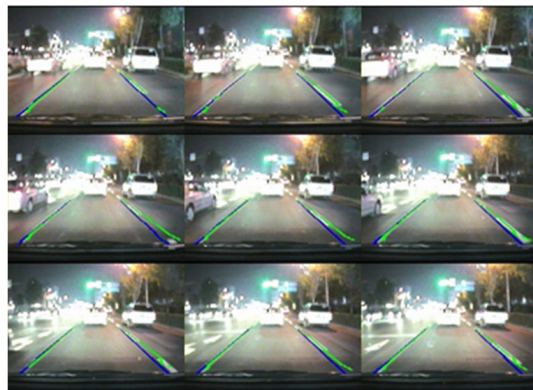
Fig. 16. Result on highway road.



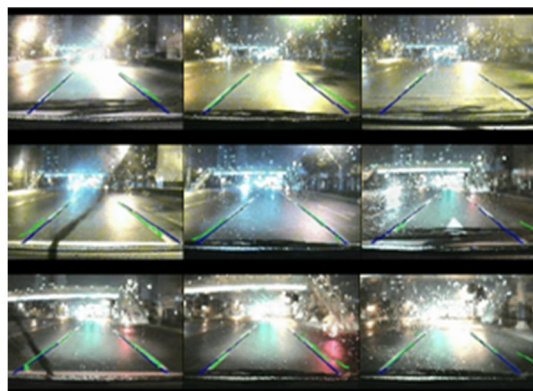
(a) Daytime



(b) Day-Rainy



(c) Nighttime



(d) Night-Rainy

그림 17. 시내도로에서의 결과.

Fig. 17. Result on urban road.

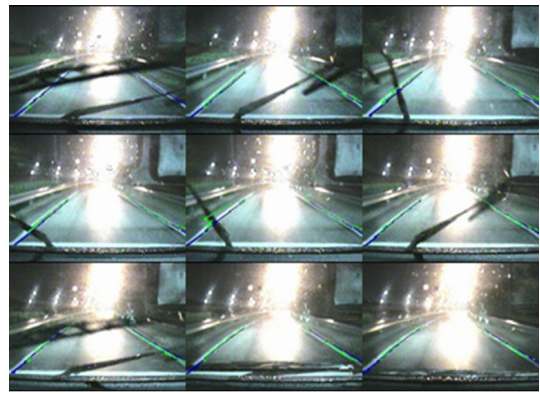


그림 18. 야간 비오는 고속도로에서의 결과.

Fig. 18. Result of night-rainy on the high way road.

인식률 저하에 영향을 미친다. 그림 17(a)는 주간 맑은 날씨의 시내 도로 주행 실험 결과이다. 시내 도로는 고속도로의 차선과는 달리 훼손되거나 유실된 차선이 많으며 도로 노면의 색이 바뀌는 구간이 존재하는 것이 특징이다. 그림 17(b)는 주간 우천시에 시내도로 주행 실험 결과이며 도로 한쪽에 정차된 차량이 존재하여 차선이 가려지는 경우에도 인식률에 큰 영향을 받지 않는 것을 볼 수 있다. 그림 17(c)는 야간 맑은 날씨 시내 주행시에 차량 정체로 인한 서행 운전인 경우에도 차선 인식에 만족할 만한 결과를 얻었다. 우천시 시내 도로 상황은 그림 17(d)에서처럼 조명에 따른 노면의 색변화와. 우천시 고속도로에서 처럼 빗방울에 대한 빛 반사가 심하게 발생하여 차선 인식에 많은 노이즈를 발생시켜 인식률을 저하시키므로 추후 이에 대한 개선이 필요하다. 그림 18은 야간 우천시의 고속도로에서 차량 앞 유리의 빗물이 외부 불빛에 반사되고 도로 바닥의 빗물이 차량의 전조등에 의한 반사와 함께 와이퍼의 작동이 동반되므로 외란 요소가 매우 커지게 된다. 하지만 차량 강조 기법 적용 이후 와이퍼와 차량 앞 유리에 대한 영향에도 비교적 만족할 만한 인식률을 보였다. 전반적으로 결과 영상을 보면 차선 후보 추출에 오류가 발생하더라도 호프변환의 적용으로 인해 차선 왜곡이나 인식률 저하가 되지 않는 결과를 보이고 있다. 표 1은 주간, 야간에 대하여 맑은 날, 비 오는 날 등을 나누어 고속도로는 15km를, 시내 도로는 10km 주행하며 평균속도는 고속도로에서는 80km/h로, 시내 도로에서는 60km/h로 실험을 수행한 결과이다. 그 결과 주간 맑은 날씨의 차선이 없는 경우를 제외한 시내 및 고속도로에서의 인식률은 각각 96.5%, 98.2%로 고속도로보다 일반적으로 배경 잡음이 많은 시내도로에서 인식률이 상대적으로 저하되었으며, 야간의 맑은 날에도 각각 94.5%, 97.6%의 인식률을 보였다. 비 오는 날 실험 결과는 주간 시내와 고속 도로 각각 95.8%, 97.9%로 맑은 날에 비해 약간의 인식률 저하가 생기지만 만족할 만한 결과를 보였고, 야간 실험에서는 92.1%, 95.4%로 시내 및 고속도로에서 모두 인식률 저하가 발생하였다. 이는 앞서 언급했듯이 가로등 및 주위 불빛이 도로면에 반사되어 차선을 사라지게 만들기 때문이다. 또한 연산 속도 테스트 결과 최소 17fps(frame per second)에서 최대 24 fps까지 입력 이미지에

따라 차이가 발생하였고, 평균20fps의 연산 속도를 나타내었다.

V. 결론

야간 및 우천시의 다양한 환경에서도 차선 인식이 가능한 차선 강조 기법을 제안하여 선행 연구에 사용되었던 예지 추출 알고리즘 적용시 와이퍼 등 외란 요소에 대한 영향이 높아지는 문제점을 없앨 수 있었다. 또한 차선 인식에 필요한 시스템 구성을 비교적 간단하고 저렴한 장비를 사용해 자율 운전 또는 무인 주행 운전시 차선 이탈 경고 시스템에 응용이 가능하도록 하였다. 본 연구를 통해서 얻은 결과는 다음과 같다.

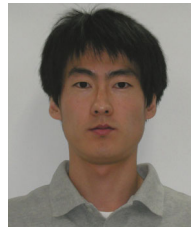
1. 제안한 알고리즘에 카메라 영상을 세계 좌표로 변환함으로써, 차선 강조 기법이 적용될 수 있도록 차선의 폭을 일정하게 만드는 효과를 얻었으며, 일반적으로 주행에 대한 선행 실험을 통해 차선 인식 알고리즘의 효용성을 검증하였다.

2. 일반 도로에 대해 제한 조건 없이 실험을 하였으며, 주간 및 야간에 따른 조명 변화와 우천시와 도로에 표시된 마크 등 다양한 환경에서 실험을 수행하였다. 그 결과 야간 우천시의 시내도로 주행시에 차선 인식률이 최저 92.1% 였으며 주간의 맑은 날의 고속도로상에서의 주행인 경우 최고 98.2%의 인식율을 얻을 수 있었다. 특히 우천시 차량 앞 유리에 떨어지는 빗물과 와이퍼에 대한 영향이 거의 없어 경계 추출 알고리즘과 차이를 보이고 있다. 또한, 차선 인식 연산 속도가 20fps로 전기 무인 차량 적용에 있어 적합함을 확인하였다.

향후과제로서 무인 전기 차량의 시내 주행을 위하여 주어진 지도 정보를 바탕으로 특정 건물의 위치에 대한 입력을 통해 건물간 자율 주행 테스트를 실시할 계획이며, 차선 인식률이 저하되는 구간의 경우, 교차로와 차선 지워짐을 고려하여 차선 인식률을 향상시킬 수 있도록 확실적인 방법을 이용할 계획이다.

참고문헌

- [1] A. Broggi, "Robust real-time lane and road detection in critical shadow conditions," *IEEE International Symposium on Computer Vision*, pp. 353-358, 1993.
- [2] J. P. Gonzalez and U. Ozguner, "Lane detection using histogram based segmentation and decision trees," *IEEE Intelligent Transportation System*, pp. 346-351, 2000.
- [3] 김덕래, 문호선, 김용득, "B-Snake를 이용한 차선 검출 및 추적 알고리즘에 관한 연구," *전자공학회 논문지*, 제42권 제4호, pp. 21-30, 2005.
- [4] M. Betozzi and A. Broggi, "Real-time lane and obstacle detection the GOLD system," *IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, pp. 213-218, 1993.
- [5] M. Tian, F. Liu, and Z. Hu, "Single camera 3D lane detection and tracking based on EKF for urban intelligent vehicle," *IEEE Vehicular Electronics and Safety*, pp. 413-418, 2006.
- [6] M. A. Sotelo and F. J. Rodriguez, "A color vision-based lane tracking sustum for autonomous driving in unmarked road," *Autonomous Robot*, vol. 16, pp. 95-116, Jan. 2004.
- [7] 이준웅, 이운근, "차선관련 파라미터의 대칭성과 선행 회귀에 기반한 차선이탈 인식," *제어·자동화·시스템 공학회 논문지*, 제11권 제5호, pp. 435-444, 2005.
- [8] 서승범, 강연식, 노치원, 강성철, "도심 자율주행을 위한 비전기반 차선 추종주행 실험," *제어·로봇·시스템 학회 논문지*, 제15권 제5호, pp. 480-487, 2009.
- [9] K. R. S. Kodagoda, W. S. Wijesom, and A. P. Balasuriya, "CuTE : Curb tracking and estimation," *IEEE Transaction on Control System Technology*, vol. 12, no. 5, pp. 951-957, Sep. 2006.
- [10] K. R. S. Kodagoda, S. S. Ge, W. S. Wihesom, and A. P. Balasuriya, "IMMPDAF approach for road-boundary tracking," *IEEE Transaction on Vehicular Technology*, vol. 56, no. 2, pp. 478-153, Mar. 2007.
- [11] X. Chen, E. L. Dagless, S. J. Zhang, and B. T. Tomas, "A real-time plan-view method for following bending road," *IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, pp. 219-224, 1993.
- [12] A. Broggi, "A massively parallel approach to real-time cision-based road making detection," *IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, pp. 84-89, 2000.



백 준 영

2007년 부산대 기계공학부 졸업. 2008년 동 대학원 석사. 2008년~현재 동 대학원 박사과정. 관심분야는 센서 계측, 영상처리, 지능제어.



이 민 철

1983년 부산대 기계공학과 졸업. 1988년 일본 쓰쿠바 대학교 이공학 연구과 공학석사. 1991년 동대학 물리공학 연구과 공학박사. 2000년 8월~2001년 8월 노스캐롤라이나 주립대학(NCSU) 방문교수. 1991년~현재 부산대학교 기계공학부 교수. 관심분야는 시스템 규명, 로봇 제어, 지능형 서비스로봇, 이족보행로봇, 군집주행, 메카트로닉스.