

하이브리드 검출기법을 이용한 후보 차선검출에 관한 연구

박상주¹, 오중덕², 박찬홍³

¹안산대학교 인터넷정보과, ²상지대학교 컴퓨터정보공학부, ³동서대학교 컴퓨터공학부

A Study on Candidate Lane Detection using Hybrid Detection Technique

Sang-Joo Park¹, Joong-Duk Oh², Roy C. Park³

¹Department of Internet Information, Ansan University

²School of Computer, Information, and Communication Engineering, Sangji University

³Division of Computer Engineering, Dongseo University

요 약 자동차 보유량이 늘어남에 따라 남녀노소 모두 교통사고에 위협이 가해지고 있으며 교통사고가 자주 일어나는 점을 미연에 방지하기 위해 ADAS가 중요하다. 이러한 교통사고의 주범을 인지하고 방지하는 한 방법이 차선 검출을 이용하는 것이다. 따라서 본 논문에서는 영상처리를 통해 차선검출 기법을 연구하였고 영상 처리에 의한 많은 에지 검출기법들 중 대표적인 소벨 에지 검출 기법과 캐니 에지 검출 기법을 사용하여, 두 가지 에지 검출기법을 통해 곡선과 직선의 차선 검출에서 가장 검출율이 좋은 기법을 찾아 직선의 차선을 검출하는 기법에 적용한다. 실험은 총 4,000프레임(주간영상 2,900프레임, 야간영상 1,100프레임)으로 실험을 수행하고, 실험 결과는 주간 영상에서 소벨 에지 검출 기법의 임계치는 2차미분차수로 검출하는 것이 가장 높은 후보 차선 검출율을 보였으며 검출율이 86.1%이고, 캐니 에지 검출 기법의 임계치는 Low=50, High=300에서 가장 높은 88.0%의 검출율을 보였다.

• 주제어 : 차선 검출, 에지검출 기법, 운전자 주행 보조 시스템, 차선이탈 경보시스템

Abstract As more people have cars, the threat of traffic accidents is posed on men and women of all ages. The main culprit of traffic accidents is driving while intoxicated or drowsy. The method to recognize and prevent the cause of traffic accidents is to use lane detection. In this study, a total of 4,000 frames (day image: 2,900 frames, night image: 1,100 frames) were used to test lane detection. According to the test, in the case of day image, when the threshold of Sobel edge detection technique was detected with second-order differential equation, there was the highest candidate lane detection rate which was 86.1%. In the threshold of Canny edge detection technique, the highest detection rate of 88.0% was found at Low=50, and High=300. In the case of night image, the threshold of Sobel edge detection technique, when horizontal calculation and vertical calculation had second-order differential equation, and when horizontal-vertical calculation had 1.5th-order differential equation, there was the highest detection rate which was 83.1%. In the threshold of Canny edge detection technique, the highest detection rate of 89.9% was found at Low=50, and High=300.

• Key Words : Lane detection, Edge Detection, Advance Driver Assistant Systems, Lane Departure Warning System

Received 25 January 2016, Revised 19 February 2016, Accepted 22 March 2016

* Corresponding Author Roy C. Park, Division of Computer Engineering, Dongseo University, 47, Jurye-ro, Sasang-gu, Busan, Korea.
E-mail: roypark1984@gmail.com

I. 서론

최근 IT융합 기술 연구가 활발하게 진행되고 관심이 높아져가고 있다. 또한 세계적으로 자동차 보유량이 증가함에 따라 교통사고가 점점 늘어나는 문제점이 생기고 있다. 교통사고의 예방 방지를 위해 운전을 보조하는 많은 기술의 연구와 개발이 이루어지고 있다. 하지만, 운전자의 과실로 교통사고가 자주 일어나는 점을 미연에 방지하기 위해 ADAS(Advance Driver Assistant Systems)가 중요하다[1-2].

ADAS란 첨단운전자 지원시스템 또는 운전 보조 장치라 하며, 운전과정에서 운전자를 도울 수 있는 시스템이며 이 시스템은 비전 센서, 레이저 센서, 적외선 센서 등 많은 센서를 이용하여 차선 및 거리를 감지하고 있다. 2000년도에 처음으로 차량에 적용되었고, 그 이후 국내외에서 활발하게 개발되고 있는 기술이다. 차선이탈 경보시스템, 후 측방 경보시스템, 전방물체 인식시스템 등 많은 기술이 있으며, 본 논문에서는 ADAS 중 일부분인 차선이탈경보시스템에 적용 가능한 차선검출기법에 관한 연구를 진행하였다.

차선이탈 경보시스템(LDWS, Lane Departure Warning System)은 운전자의 졸음운전으로 인하여 교통사고를 미연에 방지하거나 막는 시스템이다. 차선이탈 경보시스템에서는 실제 차선정보가 필요함으로 차선 추출이 관건이며 추출방법에는 두 가지가 있다. 그 중 하나는 도로에 자석과 같은 마그네틱을 매설하여 자기장의 변화를 감지하거나 특수한 물질을 함유한 페인트로 차선을 도색하여 차선을 인식하는 방법이다[3-4].

그러나 이 방법에는 도로 및 차선에 별도의 작업을 수행하므로 많은 시간과 비용이 든다는 불가피한 단점이 있다. 이를 보상하기 위한 다른 방법으로 차량에 카메라를 부착시켜 카메라영상을 통해 차선을 검출하는 방법이 있다

카메라 영상에 의한 비전 기반 시스템은 저렴한 비용으로 많은 정보의 추출이 가능하며, 기존에 연구되어진 비전 처리 알고리즘을 활용할 수 있는 장점으로 인해 보편적으로 널리 활용되어오고 있다. 카메라 영상 기반의 차선검출시스템은 입력영상으로부터 특징 정보를 추출하고, 차선검출을 위한 파라미터릭 모델과 매칭[5-7], Kalman 필터[8] 또는 particle 필

터링[9] 등과 같은 갱신 알고리즘의 적용에 의한 근사화 방법이나 허프 변환(Hough transform)과 같은 변환에 의한 non-parametric 모델 매칭[10] 등의 방법이 주로 연구되어 왔다.

본 논문에서는 지능형 차량을 위한 차선 검출 기법에 관해 연구하였다. 1,280×720 해상도의 블랙박스 영상을 획득하여 연구를 진행하였고, 영상은 주간 직선 주행, 야간 직선 주행 영상을 사용하였다. 두 가지 영상을 사용한 이유는 첫 번째, 직선주행 영상은 차선이 일직선이어서 차선 검출율이 높게 나온다는 점 두 번째, 야간 직선주행 영상은 빛에 의해 차선검출이 영향을 받는다는 점 때문이다.

II. 차선검출기법 및 관련연구

2.1 에지(edge) 검출

에지는 가장자리 또는 윤곽선 이라하며, 영상의 밝기가 낮은 값에서 높은 값으로 변하는 지점에 존재하는 부분을 가리킨다. 또한 에지는 라인에지(Line edge), 루프에지(Roof edge), 스텝에지(Step edge)와 램프에지(Ramp edge)로 나뉘며, 아래 표 2.1과 그림 2.1은 에지 개체 내의 경계 넓이에 따라 다양한 패턴 구성이 되는 개념 표와 그림이다.

Table 1. Edge concept table

에지 개념	설명
라인에지(Line edge)	밝기 값이 갑자기 변하거나 특정 구간을 지나 다시 원래의 값으로 되돌아오는 부분
루프에지(Roof edge)	잡음 제거 후의 라인 에지 부분
스텝에지(Step edge)	밝기 값이 갑자기 변하는 부분
램프에지(Ramp edge)	잡음 제거 후의 스텝 에지 부분

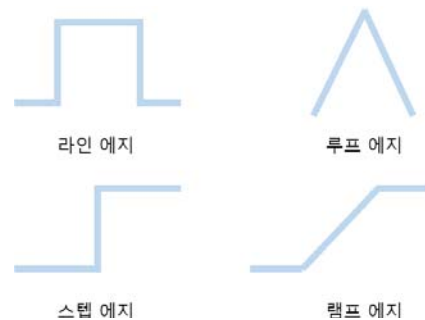


Fig 1. Edge pattern

윤곽선 검출(edge detection)은 윤곽선에 해당하는 화소를 찾는 과정이며, 윤곽선을 추출할 때 잡음을 제거하는 전처리 과정을 거쳐야 한다. 전처리 과정을 거칠 때 잡음 제거를 하는데 이 영향으로 영상이 희미해지고 밝기 값의 변화가 둔화한다.

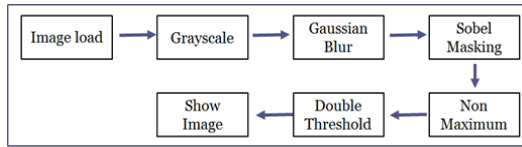


Fig. 3 Canny edge flowchart

2.2 소벨에지

소벨 에지는 에지 추출의 가장 대표적인 마스크 기법으로, 1차 미분 연산자 중 하나이다. 모든 방향의 에지를 추출하고 돌출된 화소 값을 평균화하므로 잡음에 강하다는 특징이 있다. 또한 수직, 수평 방향 에지보다 대각선 방향 에지에 더 민감하게 반응한다. 소벨 마스크의 크기가 3×3으로 고정되어 있는 것은 아니며, 필요에 따라 5×5 크기의 마스크도 존재한다. 소벨 에지는 마스크의 3×3 크기에도 두껍게 검출되기 때문에 마스크의 크기가 커질수록 에지 검출 가능성은 미흡해진다.

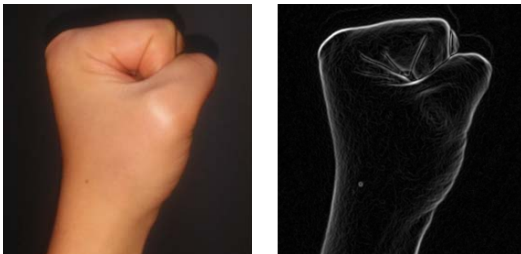


Fig. 2 Image by Sobel Mask

그림 2의 (a)는 원영상이며, (b)는 (a)의 원영상을 바탕으로 소벨 에지 연산을 한 이미지이다.

2.3 캐니에지

캐니 에지 알고리즘은 1986년 John F. Canny[11]에 의해 개발된 알고리즘으로 다른 에지 검출 기법들 보다 우월한 장점이 있다. 윤곽선을 가장 잘 찾아내면서도 원래 영상의 회색과 관련된 모든 에지를 제거할 수 있는 에지 검출 기법이다. 캐니 에지는 그림 2.4와 같이 총 8단계로 진행된다. 8단계 중 Gaussian Blur 단계, Sobel Masking 단계, Non Maximum 단계, Double Threshold 단계, Edge Tracking 5가지 과정을 살펴본다.

첫 번째 Gaussian Blur 과정은 노이즈를 제거하기 위해서 Gaussian Blur를 사용한 과정으로 배경에서 원하는 물체를 뚜렷하게 보이거나 필요 없는 부분들을 제거할 수 있다.

두 번째 Gaussian Blur 과정을 거쳐 노이즈가 제거된 영상을 획득하고, 획득된 영상을 Sobel Masking 과정을 통해 에지를 추출하게 된다.

세 번째 Non Maximum 과정은 Local maxima를 선택하는 과정으로, 첫 번째 단계에서 흐려진 에지들 중에서 잘못된 검출이 발생하여, Blur를 통해 흐려진 에지에서 샤프한 에지로 변환시켜야 한다.

네 번째 Double Threshold 과정은 Non Maximum 과정을 거친 이미지에 나타난 에지들 중에는 참 에지와 잡음에 의해 검출된 거짓 에지가 존재하므로 이 과정에서 두 개의 임계치를 이용하여 3단계로 구분한다.

다섯 번째 Edge tracking 과정이다. 이 과정은 이전 단계에서 에지가 아니라고 판단된 부분을 다시 살려내는 과정이며 두 개의 임계치를 이용한다. 강한 에지라 판단된 부분은 그대로 에지로 판단하는데 약한 에지라 판단된 부분은 약한 에지를 중심으로 주변 에지들과 연관성을 비교해 에지인지 아닌지 결정한다.

약한 에지 주변에 강한에지와 연결성이 있다면 약한 에지는 참 에지로 판단한다. 이 과정을 통해 에지라고 판단된 부분 중 선이 끊어진 부분을 연결해 준다.

2.4 허프변환

허프 변환은 라인의 직선 검출이나 형상 검출, 특징 추출을 위해 사용되는 변환 알고리즘으로 선의 기울기를 포함하여 선위의 다른 화소들 간의 기하학적인 정보를 추출하는데도 사용된다. 이는 영상공간을 임의의 평면에 많은 직선이 존재하는 (ρ, θ) 공간으로 바꾸는 것으로, 원점을 지나는 어떠한 선이라

도 보통 x 축에 관한 θ 의 각을 가질 것이고 원점에서 ρ 만큼 떨어진 곳에 있을 것이다. 평면으로 변환에서 보이는 값 (ρ, θ)은 허프 변환이다.

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (1)$$

식 (1)은 점 $P(x, y)$ 를 지나는 직선들이 파라메트릭 표현이며 이는 영상 평면의 픽셀좌표, P 는 영상의 왼쪽 상단에서 직선까지의 수직거리이다. θ 는 직선과 직교 직선 사이의 각도를 나타내며, 점 $P(x, y)$ 를 통과하는 모든 직선들은 유일한 $\rho - \theta$ 에 의해 표현된다[12-15].

III. opencv를 이용한 차선검출기법

지능형 자동차를 위한 차선 검출에 필요한 영상은 한 가지 영상만으로는 차선 검출에 한계가 있다. 따라서 본 논문에서는 주간 직선 주행 영상과 야간 직선 주행 영상을 사용하여 연구하였다. 주간 직선 주행 영상은 차선이 일직선이어서 차선 검출률이 높게 나온다는 점과 야간 직선 주행 영상은 빛에 의해 차선 검출이 영향을 받는다는 점을 가정하여 연구를 진행하였다.

본 논문에서는 주간 직선 주행 영상과 야간 직선 주행 영상으로 나뉘어서 후보 차선 검출 기법을 실험하였고, 주간 직선 주행 영상 샘플은 아래 표 2와 같이 2,900개의 샘플 프레임, 야간 주행 영상 프레임은 1,100개의 샘플 프레임으로 실험하였다. 직선 주행 영상에는 많은 종류가 있는데 본 논문에서 연구할 때는 화창한 날씨를 기준으로 하여 연구를 진행하였고, 주로 1차선 시내 주행을 하면서 영상을 획득하였다.

Table. 2 Driving video sample frames

영상 구분	샘플 프레임
직선주행영상	2,900 (frame)
야간주행영상	1,100 (frame)

그림 4는 원영상이며, a는 주간주행영상, b는 야간 주행영상이다.



Fig. 4 Original images: (a) daytime image, (b) night image

원영상을 토대로 에지 검출 과정을 수행하기 위해서는 먼저 Red, Green, Blue 3개의 채널을 1개의 회색 채널로 변환하여야 한다. 그레이스케일은 검은색과 흰색 중간색인 회색의 색상으로 이미지를 표현하는 것으로 빛의 강도를 기준으로 하며 수치를 0부터 255까지 표현한다. 검정색은 0으로 표현되고 흰색은 255로 표현되고 회색은 128로 표현하여 총 256단계로 이루어져있다. RGB 3개의 채널일 때 영상처리를 하면 3개의 채널을 처리하여야하기 때문에 그레이스케일 변환 과정을 거쳐 이미지를 나타낸다. 그림 5는 원영상을 토대로 그레이 스케일로 변환한 영상이다.

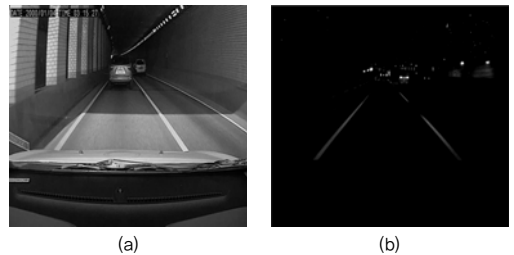


Fig. 5 Grayscale image: (a) daytime image, (b) night image

그레이스케일 과정을 수행한 후 후보 차선을 검출하기 위해서 관심영역을 설정하여 추출하는 과정을 수행한다. 관심영역을 추출하기 위해서는 주변 배경을 제외시켰다. 주변배경을 제외시키면 영역을 지정한 곳에서만 직선이 검출되기 때문에 보다 높은 후보 차선 검출율을 얻을 수 있다. 또한 영역을 설정하지 않고 하였을 때, 처리속도가 현저히 낮아지는 걸 방지하였다. 관심영역을 추출하기 위해 본 논문에서는 블랙박스의 설치 위치가 차량 중심에 설치한 영상을 기준으로 $X, Y(270, 385)$ 좌표로 시작하여

X축으로 715, Y으로 260을 더하여 영역을 지정하여 차선 검출 실험을 진행 하였다.

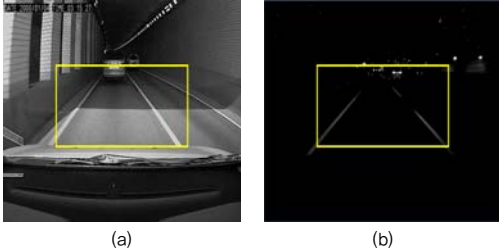


Fig. 6 Setting of interest region: (a) daytime image, (b) night image

에지 검출은 두 가지 에지 검출 기법인 소벨 에지 기법과 캐니 에지 기법을 이용하여 후보 차선 검출하는 실험을 진행하였다. 각 기법들의 임계치를 가중시켜 실험을 진행하였으며, 소벨 에지 기법은 최소 1.0에서 0.5씩 최대 2.0까지(즉, 1차 미분차수, 1.5차 미분차수, 2차 미분차수)의 임계치를 변화시키면서 실험하였고, 캐니 에지 기법은 임계치를 low는 최소 0부터 최대 250까지, High는 최소 50부터 최대 300까지 임계치를 50씩 가중시켜 실험을 진행하였다.

소벨을 이용하여 에지 검출을 하였으며, 필터는 방향성 필터인 관계로 검출방법은 수평방향, 수직방향 수평수직방향의 총 3가지로 나누어서 진행하였다. 본 논문에서는 소벨 에지에 관한 임계치는 각 x, y 방향에 의한 미분차수를 임계치로 정의하였으며, 그림 7은 소벨에 의한 에지 검출 영상이며, (a)는 소벨을 이용한 주간 직선 주행 영상의 에지 검출 영상이고, (b)는 소벨을 이용한 야간 직선 주행 영상의 에지 검출 영상이다.

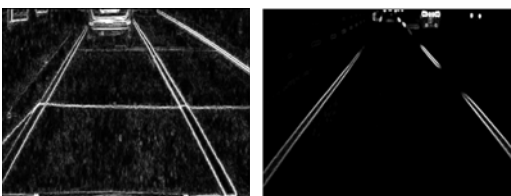


Fig. 7 Edge detection image by Sobel

표 3은 소벨 에지 검출 기법에서 임계치 변화에

대한 검출율을 보인 것이며, 임계치의 변화는 x 축 방향과 y 축 방향을 각각 1.0부터 0.5씩 증가하여 2.0까지의 범위를 가지며, x, y 축 방향 역시 동일한 범위를 가진다. x 축 방향은 수평에 대한 차선을 검출하는 임계치(미분차수)이고, y 축 방향은 수직에 대한 차선을 검출하는 임계치(미분차수)이다.

Table. 3 Sobel Threshold(daytime image 2,900 frames)

Sobel threshold	x 축 방향	y 축 방향	x, y 축 방향
1차 미분차수	48.1%	49.8%	50.9%
1.5차 미분차수	52.6%	52.6%	53.0%
2차 미분차수	49.6%	56.8%	86.1%

또한 그림 8의 a, b, c, d는 각기 다른 프레임에서 소벨 임계치 2.0을 사용하여 차선을 검출을 하였으며, 다른 프레임에서도 동일한 검출율을 보였다.

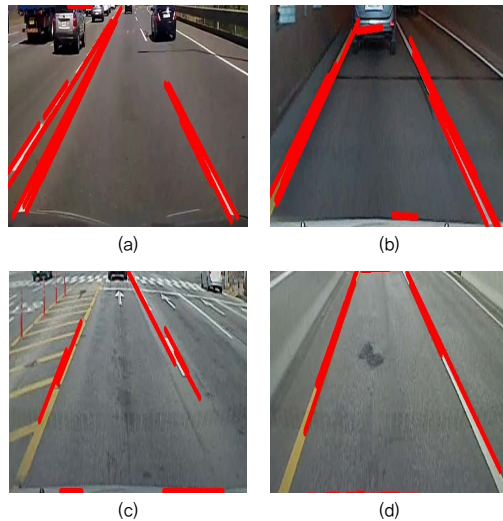


Fig. 8 Sobel candidate lane detection result by threshold 2,0 (daytime image)

Table. 4 Sobel threshold(night image 1,100 frames)

Sobel threshold	x 축 방향	y 축 방향	x, y 축 방향
1차 미분차수	69.1%	71.3%	82.8%
1.5차 미분차수	71.3%	49.3%	83.0%
2차 미분차수	77.4%	79.5%	75.8%

소벨 에지 기법과 허프 변환 기법에 의한 야간 직선 주행 영상을 사용하여 차선 검출한 실험 결과를 표 4에서 보였다. 야간 직선 주행 영상에 의한 차선

검출은 1,100 프레임에 대하여 임계치 변화에 대한 검출율을 구하였다.

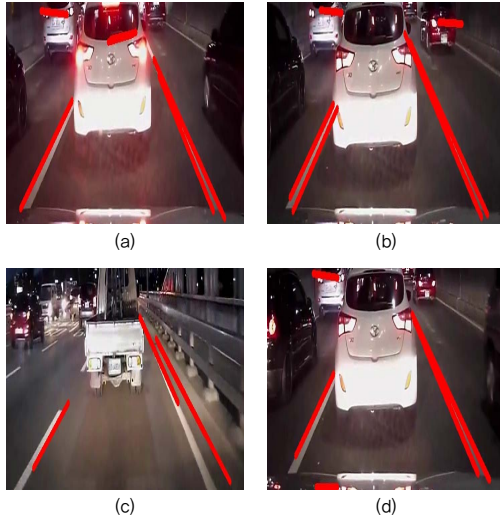
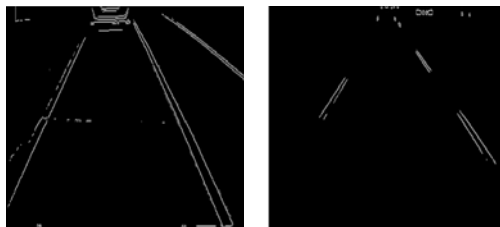


Fig. 9 Sobel candidate lane detection result by threshold 1.5 (night image)

캐니 에지 검출 기법은 정확하게 정의된 연산자로 폭넓게 이용이 되고 있으며, 일반적인 에지 검출의 성능평가 기준에서 가장 최적화된 에지 검출 방법으로 인식되고 있다. 캐니 기법을 이용하여 추출하는데 앞서 캐니 기법은 임계치를 Low level 값 250, High level 값 300으로 가정하여 실험을 진행하였다.



(a) Canny 직선 주행 에지 영상 (b) Canny 야간 주행 에지 영상

Fig. 10 Edge detection image by Canny

소벨 에지 검출 기법과 달리 소벨 커널을 기본으로 하며, 임계치를 적용하여 계산한다. 그림 10은 캐니 에지 검출 기법을 이용하여 주간 직선 주행 영상, 야간 직선 주행 영상 순으로 실험을 진행 하였다. 그림 10은 캐니 에지 검출 기법을 사용하여 에지를

검출한 직선 영상으로 강한 윤곽선이 검출된 것을 알 수 있다.

Table. 5 Canny threshold(daytime images 2,900 frames)

분류	임계치 및 검출율						
	임계치	0-50	0-100	0-150	0-200	0-250	0-300
A	임계치	0-50	0-100	0-150	0-200	0-250	0-300
	검출율	86.1%	85.0%	83.3%	83.0%	83.2%	84.5%
B	임계치	50-100	50-150	50-200	50-250	50-300	
	검출율	84.8%	85.7%	85.8%	87.6%	88.0%	
C	임계치	100-150	100-200	100-250	100-300		
	검출율	84.6%	85.9%	86.6%	88.0%		
D	임계치	150-200	150-250	150-300			
	검출율	86.8%	86.9%	85.8%			
E	임계치	200-250	200-300				
	검출율	85.2%	84.9%				
F	임계치	250-300					
	검출율	83.6%					

표 5는 주간 직선 주행 영상에 대한 차선 2,900 프레임에 대한 캐니 에지의 임계치 변화에 대한 검출율을 보인 것이며, A는 Low 값 0인 상태에서, High 값 50에서 300까지 50씩 가중시켰고 B는 Low 값 50인 상태에서, High 값 100에서 300까지, C는 Low 값 100인 상태에서, High 값 150에서 300까지, D는 Low 값 150인 상태에서, High 값 200에서 300까지, E는 low 값 200인 상태에서, High 값 250에서 300까지 50씩 가중시켰고, F는 Low 값 250에서 High 값 300까지 2,900개의 프레임 중 각 프레임의 High-Low 임계치를 변화시켜 그에 따른 검출율을 도출하였고, 임계치가 50-300일 때 가장 높은 검출율, 0-200일 때 가장 낮은 검출율 결과를 보였다.

Table. 6 Canny threshold(night image 1,100 frames)

분류	임계치 및 검출율						
	임계치	0-50	0-100	0-150	0-200	0-250	0-300
A	임계치	0-50	0-100	0-150	0-200	0-250	0-300
	검출율	83.9%	87.7%	87.1%	85.1%	89.7%	87.1%
B	임계치	50-100	50-150	50-200	50-250	50-300	
	검출율	88.4%	87.1%	87.2%	87.4%	89.9%	
C	임계치	100-150	100-200	100-250	100-300		
	검출율	87.9%	87.6%	84.8%	85.6%		
D	임계치	150-200	150-250	150-300			
	검출율	85.7%	84.2%	85.6%			
E	임계치	200-250	200-300				
	검출율	84.7%	86.3%				
F	임계치	250-300					
	검출율	86.5%					

표 6은 야간 직선 주행 영상 1,100 프레임에 대한 캐니 에지 임계치 변화에 대한 검출율을 도출하였고, 임계치가 50-300일 때 가장 높은 검출을 결과를 보였으며, 임계치가 0-50일 때 가장 낮은 검출을 결과를 보였다. 야간 직선 주행 영상에 대한 직선 검출 결과가 야간 주행이라 빛의 영향을 받아 직선 주행 결과보다는 약간 낮은 검출율을 보였다.

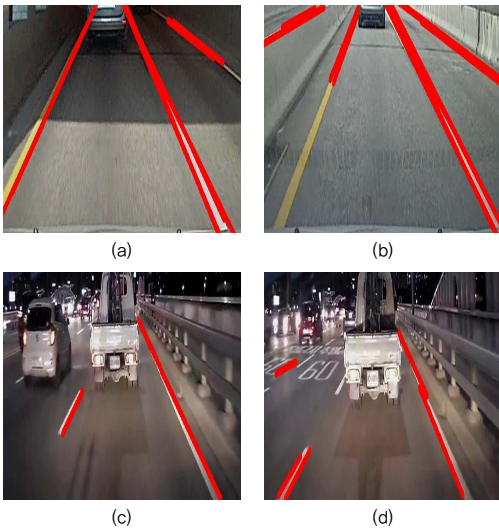


Fig. 11 (a),(b) Canny candidate lane detection by threshold $L=50, H=300$ (daytime images)
(c), (d) Canny candidate lane detection results by threshold $L=50, H=300$ (night image)

그림 11은 주간 직선 주행 영상 프레임과 야간 직선 주행 영상 프레임을 캐니 에지 검출 기법에 의해 실험한 임계치 중 가장 검출율이 높은 임계치를 적용하여 실험한 것으로 주간(Low 값 50, High 값 300), 야간(Low 값 50, High 값 300)으로 설정하여 후보 차선을 검출한 결과이다.

IV. 결론

본 논문에서는 지능형 차량을 위한 차선검출 방법에 관한 연구를 진행하였다. 영상처리기반 차선검출 기법 중 중간 과정인 에지검출에 임계치를 변화시켜 각 주간 직선도로주행, 야간 직선도로주행의 두 가지

주행에 있어 적합한 임계치를 찾는 기법을 제안하였다. 영상처리로 후보 차선 검출 시 에지기법을 통해 검출하고 에지검출 된 이미지를 통해 후보 차선을 검출한다. 많은 에지 검출 기법이 있지만, 그 중 많이 쓰이고 기본이 되는 소벨 에지 검출 기법과 캐니 에지 검출 기법을 이용하여 얻어진 에지 영상을 허프 변환 알고리즘을 통해 후보 차선을 검출하였다.

주간 직선 주행 영상 2,900프레임, 야간 직선 주행 영상 1,100프레임으로 총 4,000프레임의 1,280×720 해상도의 HD급 영상으로 실험하였다. 프레임마다 소벨 에지 기법은 임계치를 1부터 0.5씩 2까지(1차 미분차수, 1.5차 미분차수, 2차 미분차수) 가중시켜 프레임에 대한 에지 검출을 하였고, 캐니 에지 기법은 임계치를 최소 $Low=0, High=50$, 최대 $Low=250, High=300$ 으로 가중시켜 에지를 검출하였다. 그 결과 직선주행 시 소벨 에지 기법의 최고 검출률 임계치는 수직, 수평, 수평수직에 대한 임계치가 2차미분차수로 86.1%의 검출율을 구하였고, 캐니 에지 기법의 최고 검출률 임계치는 $Low=50, High=300$ 과 $Low=100, High=300$ 의 임계치에서 88.0%의 검출율을 보였다. 캐니 에지 기법은 강한 윤곽선만 검출하는 특징이 있어 직선 주행에서는 캐니 에지 검출 기법이 더 검출률이 우수하다.

야간 주행 시는 빛이 없어 실험을 수행하는데 힘든 부분이 있었다. 소벨 에지 기법의 최고 검출 임계치는 수직, 수평 계산 임계치에서 2차 미분차수, 수평 수직 임계치에서 1.5차 미분차수로 나왔으며, 이때 검출율이 83.1%을 보였고, 캐니 에지 기법의 최고 검출률 임계치는 $Low=50, High=300$ 의 임계치를 도출하였으며, 검출율은 89.9%을 보였다.

본 논문의 결과는 지능형 차량을 위한 차선 검출에 ADAS 기술 중 일부분인 차선이탈 경보시스템에 많은 도움을 줄 수 있다. 또한 차선 검출이 아닌 얼굴인식 등의 다른 인식방법을 연구할 때 소벨 에지와 캐니 에지의 임계치를 구하는데 적용할 수 있다.

REFERENCES

[1] Qing Li, Nanning Zheng and Hong Cheng, "Springrobot : a prototype autonomous vehicle and its algorithm for lane detection", IEEE

- Trans. Intell. Transportation Sys., vol. 5, no. 4, pp. 300-308, Dec 2004.
- [2] Chis Kreucher and Sridhar Lakshmanan, "LANA : A lane extraction algorithm that uses frequency domain feature", IEEE Trans. Robotics and Automation, vol. 15, no. 2, pp. 343-350, April 1999.
- [3] Claudio R. Jung and Christian R. Kelber, "A lane departure warning system based on a linear-parabolic lane model", in Proc. of the IEEE Intell. Vehicle Sym., pp. 891-895, Parma, Italy, June 14-17, 2004.
- [4] Joel C. McCall and Mohan M. Trivedi, "Video-based lane detection estimation and tracking for driver assistance : Survey, system, and evaluation", IEEE Trans. Intell. Transportation Sys., vol. 7, no. 1, pp. 20-37, March 2006.
- [5] B. Brihault-O'Mathony, "New method for vanishing point detection", Computer Vision, Graphics, and Image Proc., vol 54. no. 2, pp. 289-300, 1991.
- [6] YoungUk Yim and Se-Young Oh, "Three-feature based automatic lane detection algorithm (TFALDA) for autonomous driving", IEEE Trans. Intell. Transportation Sys., vol. 4, no. 4, pp. 219-225, Dec. 2003.
- [7] J F Canny, "A computational approach to edge detection." IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 8(6):679-698, 1986.
- [8] H. K. Yuen, J. Princen, J. Illingworth, and J. Kittler, "Comparative Study of Hough Transform Methods for Circle Finding," Image and Vision Computing, vol. 8, no. 1, pp. 71-77, Feb. 1990.
- [9] Baeza-Yates, R. & Ribeiro-Neto, B. (1999), Modern Information Retrieval, ACM Press. Ballard, D. (1981), 'Generalizing the Hough Transform to Detect Arbitrary Shapes', Pattern Recognition 13(2), 111-122.
- [10] K L Chung and H Y Lin, "Hough transform on reconfigurable meshes." Computer Vision and Image Understanding, 61:278-284, 1995.
- [11] N Guil, J Villalba, and E L Zapata. "A fast Hough transform for segment detection." IEEE Transactions on Image Processing, 4:1541-1548, 1995.

저자소개

박 상 주 (Sang-Ju Park)



2007년 02월 상지대학교 컴퓨터정보공학부(공학사)
 2009년 02월 상지대학교 컴퓨터정보공학부(공학석사)
 2012년 02월 상지대학교 컴퓨터정보공학부(공학박사)
 2000년 03월~2012년 2월 안산대학교 겸임교수
 2012년 3월~현재 안산대학교 인터넷정보과 교수
 ※관심분야: 신호처리, 영상처리, 스마트 IoT

오 중 덕 (Joong-Duk Oh)



2014년 02월 상지대학교 컴퓨터정보공학부(공학사)
 2016년 02월 상지대학교 컴퓨터정보공학부(공학석사)
 2016년 03월~현재 (주)대신네트웍스 연구원
 ※관심분야: 신호처리, 영상처리, 임베디드시스템

박 찬 흥 (Roy C. Park)



2008년 08월 상지대학교 산업공학과(공학사)
 2010년 08월 상지대학교 컴퓨터정보공학부(공학석사)
 2015년 02월 상지대학교 컴퓨터정보공학부(공학박사)
 2010년 09월~2015년 02월 상지대학교 외래교수
 2010년 09월~2015년 02월 안산대학교 겸임교수
 2015년 03월~현재 동서대학교 컴퓨터공학부 교수