

논문 2011-48SD-6-3

형태학과 색상 정보를 이용한 차선 인식 알고리즘

(Lane Detection Algorithm using Morphology and Color Information)

배 찬 수*, 이 중 화**, 조 상 복**

(Bae Chansu, Jong-Hwa Lee, and Sang-Bock Cho)

요 약

지능형 자동차 시스템에 대한 인식이 높아지면서 차선 획득 알고리즘에 대해 많이 연구되고 있다. 일반적인 차선 인식에서 사용하는 경계선 추출을 사용하는 방법은 도로에서의 차선 검출에 좋은 결과를 가져 올 수 있다. 하지만 도로에 그림자, 혹은 가로 선 같은 다른 경계선이 검출 될 수 있다. 본 논문에서는 이와 같은 문제를 해결하기 위해 형태학적 연산을 적용하여 차선에 대한 정보를 추출하였다. 또한 HSV(Hue, Saturation, Value) 칼라 모델을 적용하여 색상에 대한 정보를 이용함으로써 한 번 더 차선의 정보를 추출하였다. 추출된 차선의 후보들을 이용하여 Hough 변환을 통해 차선이 존재할 가능성이 높은 차선 검출 영역을 설정하고, 이러한 차선 검출 영역 내에서 차선을 추출하는 방식을 사용함으로써 효과적으로 차선을 검출할 수 있었다.

Abstract

As increase awareness of intelligent vehicle systems, many kinds of lane detection algorithm have been proposed. General boundary extraction method can bring good result in detection of lane on the road. But a shadow on the road, or other boundaries, such as horizontal lines can be detected. The method using morphological operations was used to extract information about Lane. By applying HSV color model for color information of lane, the candidate of the lane can be extracted. In this paper, the lane detection region was set by Hough transformation using the candidate of the lane. By extracting lane markings on the lane detection region, lane detection method can bring good result.

Keywords : Lane Detection, Morphology, HSV Color Model, Tracking Lanes, Hough Transform

I. 서 론

현대 사회에서 차량 수요의 증가와 운전자가 자동차에서 보내는 시간이 증가함에 따라 자동차는 더 이상 단순한 운송 수단의 개념을 벗어나 하나의 생활공간으로 인식 되고 있다. 이에 따라서 자동차에 대한 안정성 뿐만 아니라 편리성 또한 중요한 요소로 인식되고 있다. 이러한 요소들을 만족하기 위해서 현재 여러 가지 센서를 사용하는 지능형 자동차 시스템에 대한 많은 연구가 활발하게 진행되고 있다. 특히 비전센서를 이용한

차선 획득 알고리즘은 차선이탈방지 시스템, 실사 내비게이션 등 다양한 분야에 적용이 가능하기 때문에 지능형 자동차 성능의 주요 부분으로 인식되고 있다.^[1]

차선 검출을 위해 많은 연구가 되고 있는데 이를 위해 여러 가지 접근 방법이 사용되었다. 차선 마킹을 검출하기 위해서 가장 많이 사용되는 차선의 윤곽선을 검출하는 Edge 검출을 사용하는 방법^[2] 및 RGB 칼라 모델을 사용하여 검출하는 방법이 연구되기도 하였다.^[3] 차선을 위에서 본 것과 같은 역 원근 변환 법을 사용하는 방법^[4], 영역 병합을 사용하여 검출하는 방법^[5], 주파수 도메인 접근 방법^[6], 영역 분할을 사용하는 방법^[7] 및 Hough 변환을 사용하는 방법^[8] 등 여러 가지 방법이 차선 검출을 위해 사용되었다.

비전 센서로 획득한 영상정보는 원하지 않는 잡음을

* 학생회원, ** 정회원, 울산대학교, 전기공학부

(University of Ulsan, School of Electrical Eng.)

※ 이 논문은 현대중공업 지원에 의한 울산대학교 전기공학부 일류화 연구비에 의하여 연구되었음.

접수일자: 2010년11월17일, 수정완료일: 2011년5월27일

포함하고 있어, 이 영상정보로부터 차선을 검출하기 위해서는 먼저 잡음을 제거하고 차선으로 여겨지는 점들을 우선적으로 검출하여야 한다. 본 논문은 차선은 다른 정보에 비해 대단히 규칙적이고 일정한 형태를 유지하고 있는 것, 특히 일정한 폭을 유지하고 있고 또한 차선을 표시한 도로가 운전자의 인식을 향상시키기 위해 도로보다 차선의 조도가 더 높다는 사실에 기초하였다.

본 논문에서는 이와 같이 차선이 일정한 폭을 넘지 않는 것을 이용, 침식 연산과 팽창 연산을 통하여 잡음과 차선에 대한 정보가 제거된 영상을 이전 영상에 뿔셈 연산을 적용함으로써 차선 마킹에 대한 정보를 얻었다.

또한 이를 기초로 HSV 칼라 모델을 사용하여 차선이 가지는 색의 영역을 정해줌으로 인해서 2차적으로 한 번 더 차선이 아닌 후보자를 걸러주는 필터 역할을 해준다.

형태학적 연산과 HSV 칼라 모델을 적용하여 추출된 차선 후보들을 대상으로 Hough 변환을 하여 차선의 방향을 찾고자 한다. 하지만 Hough 변환의 계산량을 줄이기 위해서 Hough 변환 이전에 차선 후보들의 윤곽선을 추출함으로써 Hough 변환의 계산량을 줄여 주었다. 그리고 차선이 직선뿐만 아니라 곡선이 될 수도 있으며 때로는 급격한 변화를 가질 수도 있다. 따라서 Hough 변환을 통하여 차선의 방향을 구한 후 이를 기반으로 차선 탐색 영역을 정한 후 차선을 추적하는 방법을 제안한다.

II. 전처리

1. 형태학적 처리

Mophology(형태학)는 사물의 형태 및 구조를 다루는 학문의 한 분야로서, 영상 처리에서는 영역 모양의 표현과 기술에 유용한 경계선, 골격 등과 같은 영상 성분을 추출하는 도구로서 사용된다.

본 논문에서는 형태학적 연산을 적용하여 차선이 제거된 이미지와 차선이 있는 이미지 사이의 차이를 이용함으로써 차선을 검출하고자 한다. 영상 처리에서 침식과 팽창 연산은 형태학적 영상 처리에서 기본으로 이 두 가지 연산의 조합, 즉 열림 연산으로 차선을 영상에서 제거하기 위해 사용하였다.

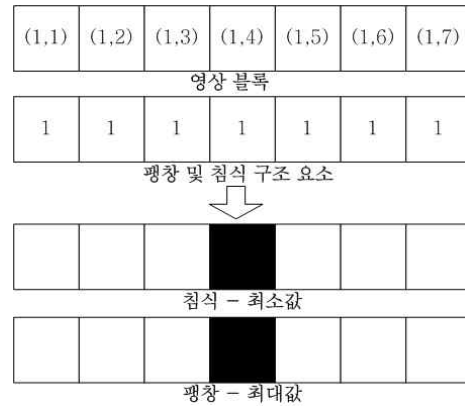


그림 1. 침식과 팽창 연산의 적용
Fig. 1. Erosion and dilation.

가. 침식 연산

침식 연산은 배경을 확장, 객체의 크기를 축소하는 연산으로서 차선을 제거하기 위해서 사용된다. 기본적으로 침식 연산은 구조 요소와 일치하면 해당 픽셀의 값을 1로, 하나 이상 일치하지 않으면 해당 픽셀의 값을 0으로 하게 된다. 이와 같이 침식의 연산으로 인한 객체의 축소 방식과 정도는 구조 요소에 의해 제어된다.

그림 2는 침식 과정을 보여준다. 그림 (a)는 입력 영상의 이진 영상이며 그림 (b)는 오른쪽 그림과 같은 구

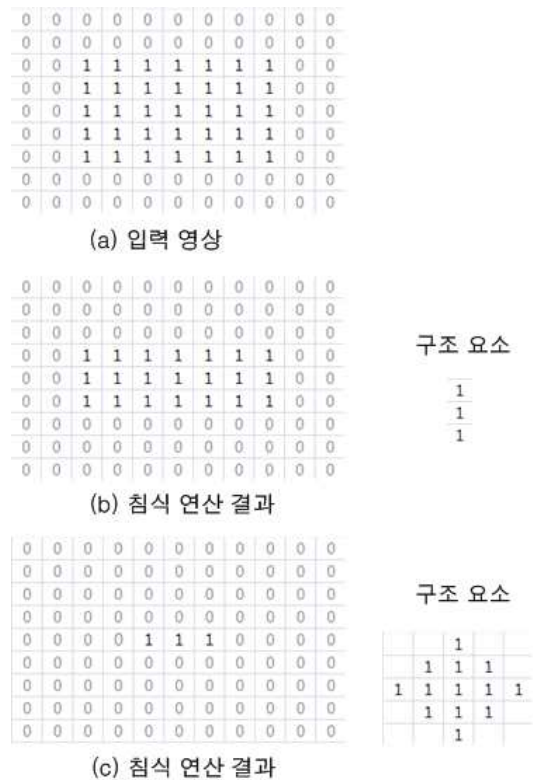


그림 2. 침식 연산과 구조 요소
Fig. 2. Erosion operation and structure.

조 요소를 사용하여 침식 연산을 적용한 결과이다. 세 번째 그림 (c)는 다이아몬드 모양의 구조 요소를 적용한 결과이다.

본 논문에서는 차선이 제거된 이미지를 위해서 먼저 차선에 해당하는 픽셀의 값을 도로에 해당하는 픽셀 값과 같게 하였다. 이를 위해서 차선의 밝기가 도로의 밝기보다 밝은 것을 이용하여 영상에서 침식 마스크를 적용하여 해당 영상블록에서 최소값을 사용하였다. 식 (1)에서 이를 보여주고 있다. 여기서 B를 형성하는 점들의 집합을 B의 영역으로서 D_B 로 표현하였다.

$$(A \ominus B)(x, y) = \min_{(s, t) \in D_B} \{A(x + s, y + t) \times B(s, t)\} \quad (1)$$

나. 팽창 연산

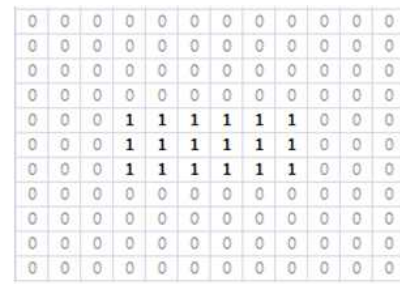
팽창 연산은 침식 연산과는 반대로 마스크 내에서 비교하여 하나의 픽셀이라도 1이 나오게 되면 해당 픽셀 값은 1이 된다. 따라서 팽창 연산은 침식 연산과는 반대로 배경을 축소, 객체의 크기를 확장시키게 된다.

이전 침식 연산으로 인해 차선이 제거되었지만 다른 객체의 크기 또한 작아졌다. 본 논문에서는 형태학적 연산을 적용하여 차선이 제거된 이미지와 이전 차선이 있는 이미지와의 차를 이용해서 차선만을 추출하는 것이 목적이기 때문에 침식 연산으로 인해 작아진 객체의 크기를 원래의 크기로 복구시켜야 할 필요가 있다. 팽창 연산의 식을 식 (2)에서 보여주고 있다.

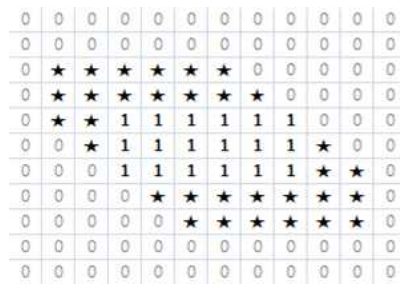
$$(A \oplus B)(x, y) = \max_{(s, t) \in D_B} \{A(x + s, y + t) \times B(s, t)\} \quad (2)$$

그림 3은 직사각형의 객체를 가지고 있는 이진 영상의 입력 영상이다. 이 영상에 대각선의 구조 요소를 가지고 팽창 연산을 적용한 결과를 보여준다. 결과 그림에서 1은 입력 영상의 객체를 표시하고 있으며, 별 모양은 팽창 연산으로 인해 0에서 1로 변화되어 전체적으로 팽창된 모습을 보여주고 있다.

실제 도로에서 차선의 폭은 일정하다. 영상에서 또한 차선의 폭이 일정 폭을 넘지 않을 뿐만 아니라 원근감에 의해 원거리로 갈수록 더 작아지게 된다. 아래 그림 4는 도로 영상을 보여 주는 것으로 도로의 차선을 보게 되면 폭이 일정하며 원거리로 감에 따라서 폭이 좁아짐을 알 수 있다. 또한 도로 및 주변 객체들은 인접한 픽셀들이 비슷한 값을 가지는 반면에 도로와 차선은 사람



(a) 입력 영상



(b) 팽창 연산 결과



구조 요소

그림 3. 팽창 연산과 구조 요소
Fig. 3. Dilation operation and structure.

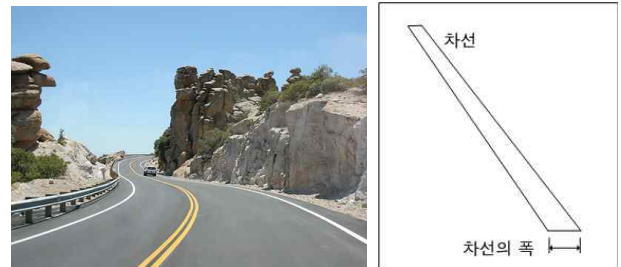


그림 4. 도로 영상과 차선의 폭
Fig. 4. Road image and lane width.

이 인식하기 쉽게 하기 위해 확연한 차이를 보여주고 있는 것을 알 수 있다. 본 장에서는 이를 바탕으로 차선의 후보자라고 할 수 있는 정보를 추출하기 위해서 형태학적 연산 처리를 사용한다.

형태학적 연산 처리를 위해서 먼저 색상 정보를 제외한 그레이 영상으로 변환을 하였다. 이 영상에서 가로 방향의 구조 요소를 형태학적 연산의 침식 연산과 팽창 연산에 적용 함으로써 차선을 입력 영상의 그레이 영상에서 제거하는 효과를 내었다. 다음 그림 5에서 이와 같은 형태학적 연산 처리의 효과를 대략적으로 나타내었다. 첫 번째 그림은 원본 영상의 그레이 이미지이며, 두 번째 그림은 구조 요소를 사용하여 침식 연산을 적용한 결과를 보여주고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 침식 연산의 결과가 차선의 정보를 지우고 다른 주변 환경의 객체를 축소하게 됨을 볼 수 있다. 이 두 번째 영

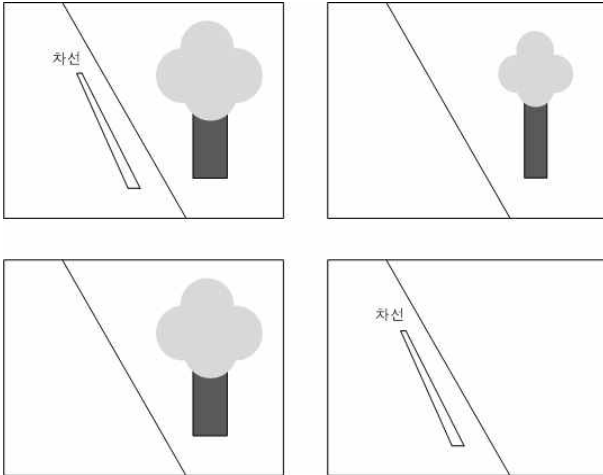


그림 5. 형태학적 연산의 적용 예
Fig. 5. Examples of morphological operations.

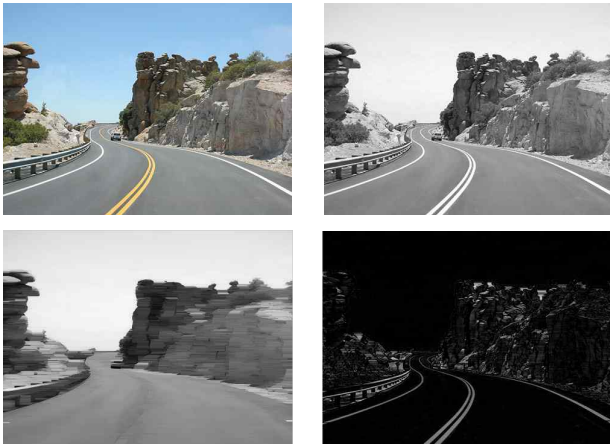


그림 6. 형태학적 연산의 적용 예 (2)
Fig. 6. Examples of morphological operations (2).

상에서 객체를 본래의 크기로 바꾸기 위해서 같은 구조 요소를 사용하여 팽창 연산을 적용한 결과가 세 번째 그림에서 보여주고 있다. 네 번째 그림은 첫 번째 그림에서 세 번째 그림의 차를 이용, 즉 원 영상에서 차선이 제거된 영상의 차를 이용하여 차선의 후보를 검출하고 있는 것을 보여주고 있다.

그림 6은 형태학적 처리를 통해 차선의 후보자를 찾는 과정을 그린 것으로서, 세 번째 그림을 보면 침식과 팽창 연산을 통해 도로에서의 차선이 제거되었음을 볼 수 있다. 이를 통해 이전 그레이 영상으로부터 형태학적 연산이 적용된 연산의 차를 통하여 도로의 잡음을 제거하고 차선의 후보 점을 찾을 수 있다.

2. 경계 값 설정

형태학적 연산이 적용된 영상과 그레이 영상의 차로

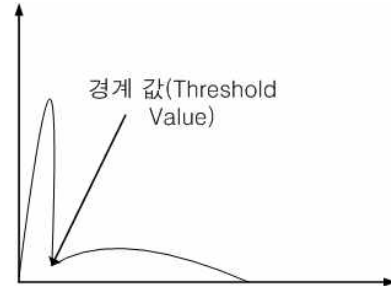


그림 7. 경계 값 설정
Fig. 7. Setting threshold value.

인해서 두 영상의 차이 값들을 그림 6의 4번째 이미지에서 볼 수 있다.

두 영상의 뺄셈으로 인해 나온 결과이므로 차이 값으로 인해 그레이 영상으로 표현되어 있다. 이 그레이 영상 $f(x,y)$ 를 이진화 된 영상 $g(x,y)$ 로 바꾸기 위해 다음 식 (3)과 같은 경계 값 처리를 하였다.

$$g(x,y) = \begin{cases} 1, & \text{if } f(x,y) \geq \text{Threshold Value} \\ 0, & \text{if } f(x,y) < \text{Threshold Value} \end{cases} \quad (3)$$

여기서 경계 값(Threshold Value)을 구하기 위해 두 영상의 차로 인해 각 픽셀의 값이 나온 만큼 잡음을 제거하고 차선을 강조하기 위해 Otsu 알고리즘이 이용되었다. 차 영상인 만큼 대부분의 픽셀 값들이 아래 그림의 왼쪽 봉우리에 해당하는 영역에 속할 것이다. 하지만 형태학적 연산을 적용한 결과로 인해 제거된 차선을 비롯한 값들은 오른쪽 봉우리의 영역에 속할 것이다. 이를 바탕으로 Otsu 알고리즘을 통해 그림 7과 같은 경계 값을 구하였다.

3. HSV 칼라 모델 적용

HSV (Hue, Saturation, Value)는 칼라를 선택하는데 사용되는 몇 가지 칼라 시스템 중 하나로서, 이 HSV Color Model은 사람이 칼라 감각을 경험하고 묘사하는 방식에 대해 RGB 시스템보다 훨씬 더 가깝다.

HSV 칼라 공간은 RGB 칼라 큐브를 그레이 축(흑색과 흰색 모서리를 연결하는 축)을 따라 쳐다보면서 만들어졌다. 그림 8과 같이, 색상(hue)은 칼라 육각형 주위의 각도로 표현되며, 적색 축을 0° 축으로 사용한다. 값(value)은 빨의 축을 따라 측정되며 축의 끝은 흑색(V=0)과 백색(V=1)이며, 전체 칼라 육각형의 중앙에 놓인다. 따라서, 이 축은 그레이의 농도를 나타낸다. 채도(saturation)는 육각형의 중앙 축, V 축으로부터의 거리

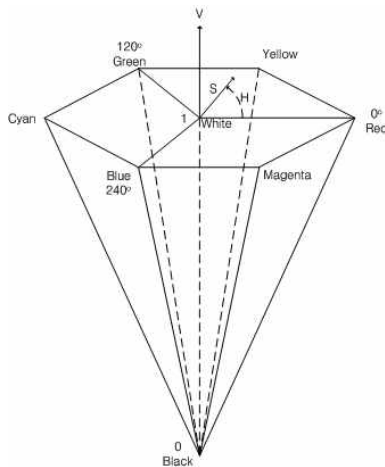


그림 8. HSV 칼라 모델
Fig. 8. HSV color model.

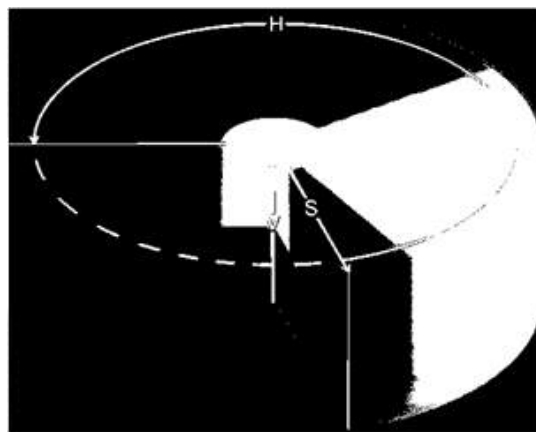
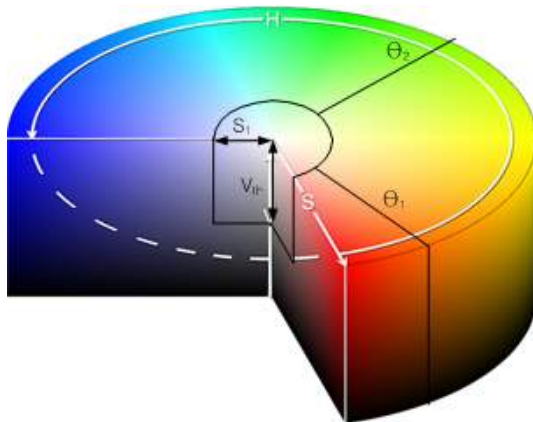


그림 9. HSV 칼라 모델 적용
Fig. 9. HSV color model application.

로 측정된다.

도로에 표시되어 있는 차선의 대부분이 흰색과 노란색으로 구분이 되어 있다. 하지만 같은 색상의 차선이라도 주변 환경에 따라 조금씩 다르게 인식된다. 예를 들어 날씨가 맑은 화창한 오후의 차선과 구름이 낀 흐

린 날의 차선은 영상에서 차이가 나게 된다. 이에 따라서 색상의 범위만 가지고 차선을 찾기 위해서는 매번 모든 영상에서 환경에 맞는 색상의 범위를 정해주어야 한다. 본 장에서는 앞 장에서 언급했던 형태학적 연산이 적용된 영상을 사용하여 이로부터 추출된 차선의 후보자 중에서 차선의 색상이라 여겨지는 차선을 다시 한번 추출하게 된다.

이를 위해서 입력 영상의 R,G,B 값을 H(Hue), S(Saturation), V(Value) 값으로 바꾸어 주어야 할 필요가 있다. 각 픽셀에 대한 H, S, V 값을 구하고, 형태학적 연산을 거쳐 1차적으로 추출된 차선의 후보를 대상으로 해당 픽셀의 H, S, V 값을 비교함으로써 흰색과 노란색 범위에 들어가는 차선의 후보를 2차적으로 한번 더 추출한다.

그림 9는 원통형의 HSV 칼라 모델을 보여주고 있는데 아래 그림은 형태학적 연산을 적용하여 추출된 차선의 후보 중에서 아래에 보여주는 식 (4)를 사용하여 해당하는 칼라 값을 흰색으로 표현하였다.

$$G = \begin{cases} 1, & \text{if } ((Sat < S_1 \text{ and } Value > V_{th}) \\ & \text{or } (\theta_1 < Hue < \theta_2 \text{ and } Sat > S_2)) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

4. 윤곽선 검출

차선의 후보가 추출된 이미지에서 차선만을 검출하기 위해 Hough 변환을 통해 차선의 방향과 추출된 있을 것이라고 여겨지는 영역을 설정한다. 이 Hough 변

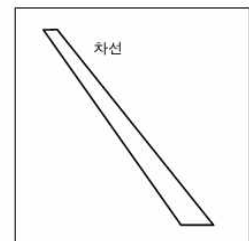
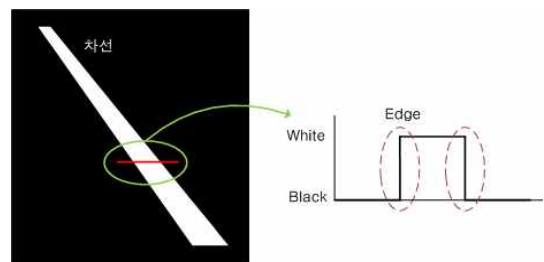


그림 10. 윤곽선 검출
Fig. 10. Edge detection.

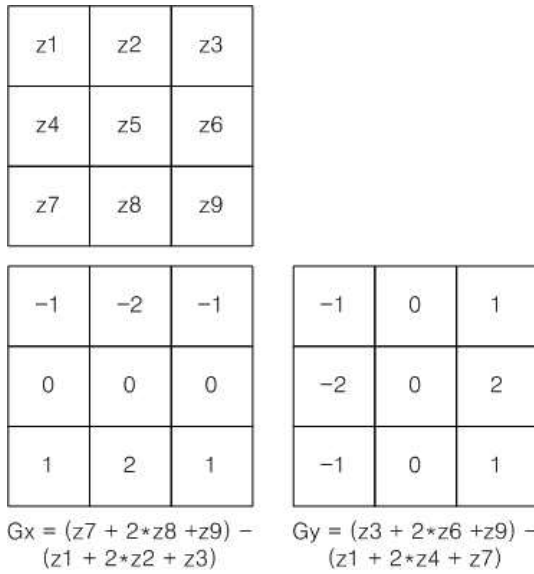


그림 11. Sobel 검출기
Fig. 11. Sobel detector.

환에 앞서서 Hough 변환이 연산 량이 많기 때문에 이러한 연산 량을 줄이려한 연산 앞에서 추출된 차선 후보 이미지에 대한 윤곽선 검출을 사용하였다.

그림 10의 첫 번째 그림과 같은 차선의 이미지를 Hough 변환을 하기 위해서는 많은 연산이 필요하게 된다. 하지만 Hough 변환을 통해서 추출하기 위한 데이터는 차선의 진행하는 방향이기 때문에 굳이 차선으로 여겨지는 모든 픽셀 값에 대한 Hough 변환은 불필요하게 된다. 이를 두 번째 그림과 같이 차선의 윤곽선(Edge) 만을 찾고 그 결과를 세 번째 그림에 나타내 주고 있다. 이 윤곽선에 해당하는 픽셀들에 대해서만 Hough 변환을 함으로써 연산 량을 줄여 주었다.

윤곽선 검출을 하고자 하는 이미지가 단순한 이진화된 이미지이기 때문에, 그림 11과 같은 마스크를 사용한 Sobel 검출기를 사용하여 윤곽선을 검출하였다.

이와 같은 Sobel Edge 마스크들을 사용하여 G_x 와 G_y 값을 구한 후, 3x3 마스크의 중앙 픽셀에서의 기울기는 다음과 같이 계산된다.

$$G = [G_x^2 + G_y^2]^{1/2} \tag{5}$$

5. Hough 변환

Hough 변환은 Paul Hough가 소개한 방식으로 영상에서 직선 패턴을 추출하는 대표적인 방법이다. 이 Hough 변환의 기본 개념은 영상에서의 직선 점들은 일반적인 형태의 직선 방정식으로 표현되어 질 수 있다는

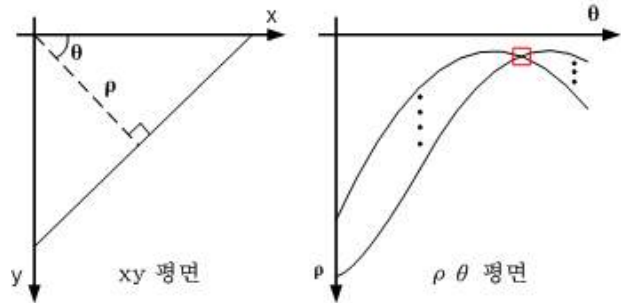


그림 12. Hough 변환의 좌표계
Fig. 12. Hough transformation of coordinates.

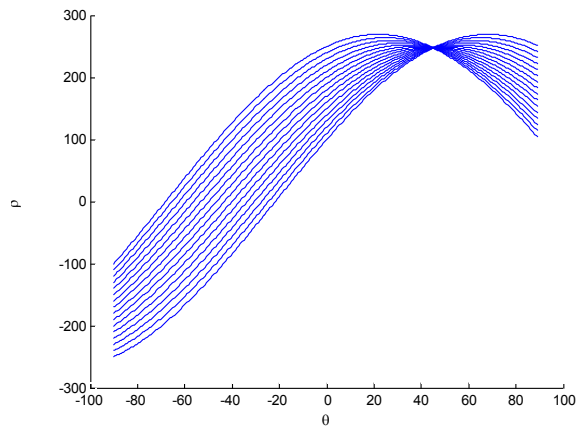
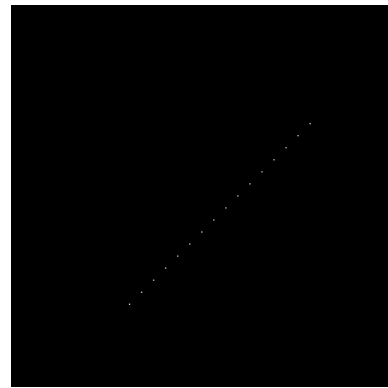


그림 13. Hough 변환의 예
Fig. 13. Example of Hough transformation.

것이다. 즉, 기울기 a와 y축과 직선과의 절편 b의 두 가지 매개 변수를 가지는 $y = ax + b$ 의 형식으로 표현될 수 있다는 것이다. 하지만, 이 형식은 y 축과 평행하게 되는 경우, 즉 수직선이 되는 경우 기울기 a 가 무한대가 될 수 있다. 이를 방지하기 위해 Duda Hart는 다음 식 (6)과 같은 형식의 방정식을 사용하여 직선을 표현할 수 있게 하였다.

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta \tag{6}$$

여기서 ρ 는 원점에서 직선까지의 길이이며, θ 는 ρ 와 x 축이 이루는 각이다. x 와 y 는 영상에서의 가로와 세로축을 의미한다. 이 함수를 통해서 영상의 xy 평면에서 한 점은 $\rho \theta$ 평면에서 곡선으로 표시할 수 있다. 따라서 이를 통해 직선을 찾기 위해서는 $\rho \theta$ 평면에서 곡선이 모이는 점을 찾음으로써 해결할 수 있다. xy 평면의 직선과 $\rho \theta$ 평면의 곡선을 그림 12에 표현하였다.

그림 13은 실제 이미지에서의 흰색 점들을 $\rho \theta$ 평면에서 계산한 결과를 보여주고 있다. 이 그림에서 알 수 있듯이 하나의 직선에 놓여있는 점들은 $\rho \theta$ 평면에서 하나의 점에 모이는데 이 점을 이용하여 직선을 검출할 수 있다.

도로의 차선을 보면 도로의 폭이 일정하기 때문에 영상에서는 원근감으로 인해 양쪽 차선의 끝은 한 점으로 향하게 된다. 이로 인해 도로의 차선은 평행하더라도 이미지에서는 서로 다른 각을 가지게 된다. 그림 14에서 왼쪽 차선은 1 사분면에 오른쪽 차선은 4 사분면에 위치하는 것을 보여주고 있다.

경계선 검출을 거쳐 나온 차선의 후보 경계 점들에 대해서 Hough 변환을 실행하게 되면 여러 개의 직선이 검출되게 된다. 차선 검출의 목적이 차량이 운행하고 있는 도로의 차선을 인식하는 것이 목적이기에, 이 직선들 중에서 차량의 중심을 기준으로 가까운 양쪽 1개씩의 직선만을 검출할 필요가 있다.

본 논문에서는 그림 15와 같이 양쪽 차선에 해당하는 1개씩의 직선만을 검출하기 위해서 차량의 중심선에 있는 하나의 점을 기준으로 삼았다. 차량이 달리고 있는 도로의 양쪽 차선은 이 기준 점의 ρ 값 보다 작은 값을 가지게 되며 또한 기준 점과 차선의 ρ 값의 차는 기

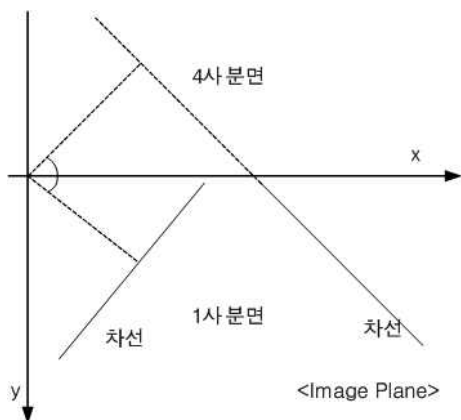


그림 14. 영상 좌표에서의 차선 위치
Fig. 14. Lane position on image coordinates.

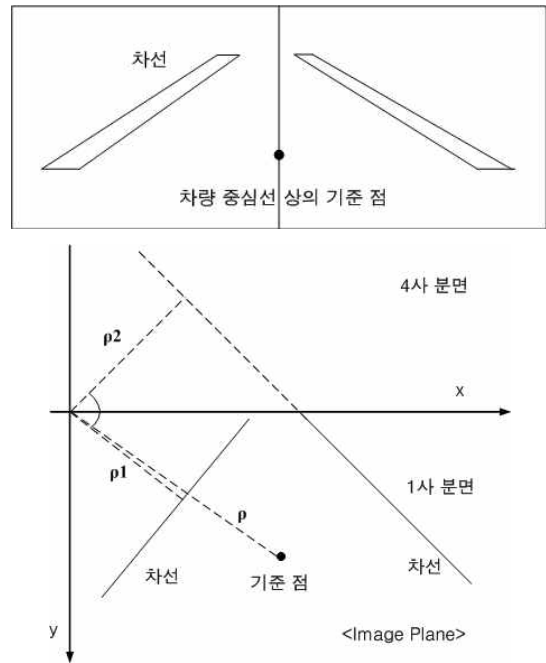


그림 15. 차량 중심선 상의 기준 점
Fig. 15. Criteria point of center line of a vehicle.

준 점과 차선 밖의 선들의 ρ 값과의 차보다 작은 값을 가지게 된다.

III. 차선 검출

윤곽선 검출을 통하여 추출된 윤곽선들을 기반으로 Hough 변환을 하였다. 하지만 도로 차선이 항상 직선만 있는 것이 아니라 커브도 있으며 굴곡도 있을 수 있다. 따라서 직선을 검출하는 Hough 변환을 하여도 정확한 차선인지는 확신할 수 없다.

1. 차선 영역 설정

본 논문에서는 Hough 변환을 통하여 차량으로부터

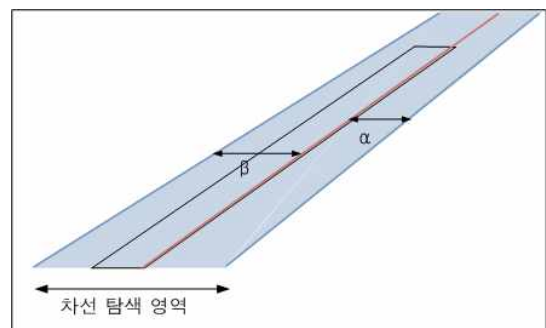


그림 16. 초기 차선 탐색 영역 설정
Fig. 16. Setting of initial lane detection area.

존재하는 차선의 진행 방향을 검출하여 이를 기반으로 차선이 존재할 것이라고 여겨지는 영역을 설정한 후 차선을 인식하고자 한다.

앞 장에서 Hough 변환을 통해 차선의 방향을 인식하였다. 여기서 검출된 두 직선 간의 사이 영역이 현재 차량이 주행하는 도로로 여겨지는 영역에 해당한다. 이를 기반으로 차선이 존재할 가능성이 높은 영역을 설정하기 위해 그림 16과 같이 Hough 변환을 통해 검출된 직선을 기반으로 초기 탐색 영역을 설정한다.

2. 차선 탐색 영역 재설정

도로에 있는 차선 중, 직선 차선뿐만 아니라 커브와 같은 차선들도 존재한다. 이와 같은 차선들을 검색하기 위해 초기 차선 탐색 영역을 기반으로 차선의 방향에 따라 차선 탐색 영역 또한 차선에 맞춰서 변경되도록 하였다. 그림 17과 같이 차선의 진행 방향에 맞춰서 차선 탐색 영역의 진행방향 또한 적합하게 변경하게 된다.

먼저 초기 탐색 영역을 기반으로 차선을 탐색하게 된

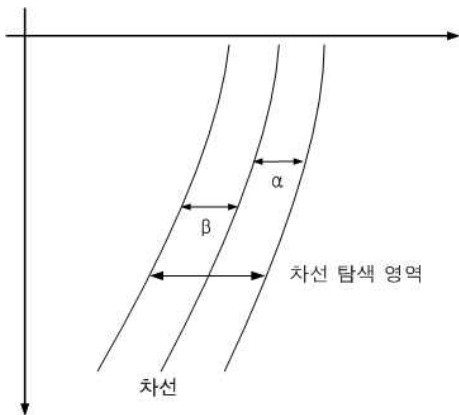


그림 17. 차선 탐색 영역 재설정
Fig. 17. Resetting of lane detection area.

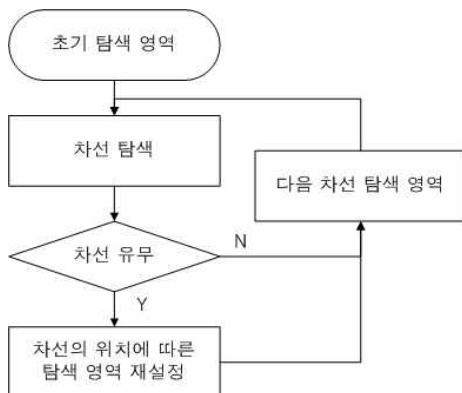


그림 18. 차선 탐색 영역 설정의 흐름도
Fig. 18. Flowchart for Lane Detection Area.

다. 영역 내에 차선이 검색되면 그 차선의 위치에 맞춰서 중심이 되는 탐색 점을 바꾸어 준다. 그리고 탐색 영역을 이 탐색 점에 맞추어서 다음 차선 탐색 영역에 변화를 주게 된다. 대략적인 흐름도를 그림 18에서 보여주고 있다.

IV. 실험

본 논문에서 제안한 차선 검출을 검증하기 위해 320 x 240 사이즈의 도로 영상 이미지를 사용하였다. 모든 입력 영상은 JPG 압축 형식의 파일이다.

그림 19의 첫 번째 그림은 입력 영상이다. 아래 왼쪽 그림은 입력 영상에 Otsu 알고리즘을 통한 이진화를 거치고 Edge를 찾은 이미지로서 가로로 놓인 흰색 선의 경계선이 그대로 표현됨을 볼 수 있다. 반면에, 아래 오른쪽 그림은 입력 영상의 형태학적 연산 처리된 이진화된 이미지의 Edge를 표시한 이미지로서 입력 영상의 차량 앞에 있는 가로로 놓여있는 흰색 차선이 제거됨을 알 수 있다.

그림 20은 형태학적 연산과 HSV 칼라 모델을 적용한 후의 차선 정보를 이용하여 Hough 변환을 통해 검출된 정보를 이용하여 표현한 주행 도로 영역이다. 도로가 직선 구간이어서 Hough 변환 검출 결과가 차선의 방향과 매우 일치함을 알 수 있다.

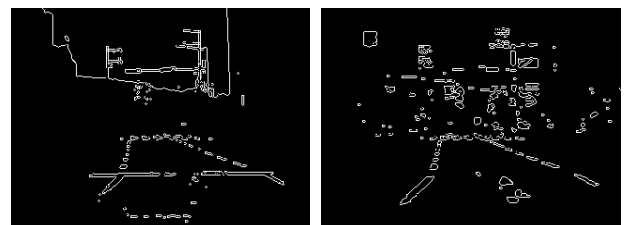


그림 19. 형태학적 연산의 적용 예
Fig. 19. Examples of morphological operations.



그림 20. 영상 내 차량 주행 차선
Fig. 20. Detected vehicle driving lane.



그림 21. 차선 검출 알고리즘 결과 이미지 (1)
Fig. 21. Result image of lane recognition algorithm (1).



그림 22. 차선 검출 알고리즘 결과 이미지 (2)
Fig. 22. Result image of lane recognition algorithm (2).

Hough 변환 검출 결과를 기반으로 차선의 재 검출 영역을 설정하고 검출한 결과를 그림 21에서 보여주고 있다.

그림 22는 여러 가지 실제 도로의 영상에 대해서 제안하는 알고리즘을 적용한 결과로서 차선의 검출이 효과적으로 되고 있음을 볼 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 형태학적 연산과 HSV 칼라 모델을 이용하여 차선 후보를 검출하고 차선 영역의 재설정을 통하여 보다 효과적으로 차선을 검출하는 알고리즘을 제안하였다. 차선의 폭이 일정한 폭을 넘지 않는 것을 이용하여, 형태학적 연산을 적용하여 1차적으로 차선의 후보를 추출할 수 있었다. 이러한 후보들에 대해서 차선의 색 특징을 이용하여, HSV 칼라 모델의 색 영역의 범위를 적용함으로써 2차적으로 차선의 후보들을 추출할 수 있었다.

차선의 후보들을 이용하여 경계선을 추출함으로써 Hough 변환을 하는 계산량을 줄여 주었다. Hough 변환을 통해 검출된 직선들 중에서도 ρ 값과 θ 값을 이용하여 차량에 근접한 차선을 검출함으로써 차선 검출 영역의 기초가 되는 영역을 잡을 수 있었다. 이와 같이 기초 영역을 기반으로 차에서 가까운 차선부터 검출하면서 차선 검출 영역을 차선 검출 지점에 따라서 변화를 시켜 줌으로써 직선 뿐만 아니라 커브와 같은 차선 또한 검출을 할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] Joel C. McCall and Mohan M. Trivedi, "Video-based lane estimation and tracking for driver assistance survey, system, and evaluation", IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS, VOL. 7, NO. 1, MARCH 2006.
- [2] Abdulhakam.AM.Assidiq, "Real Time Lane Detection for Autonomous Vehicles", Proceedings of the International Conference on Computer and Communication Engineering 2008 May 13-15, 2008 Kuala Lumpur, Malaysia
- [3] Hsu-Yung Cheng, "Lane Detection With Moving Vehicles in the Traffic Scenes" IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS, VOL. 7, NO. 4, DECEMBER 2006.
- [4] Seung Gweon Jeong, "Real - Time Lane Detection for Autonomous Navigation", 2001

IEEE Intelligent Transportation Systems Conference Proceedings - Oakland (CA), USA - August 25-29, 2001.

[5] Cheng, H.-Y., "Environment classification and hierarchical lane detection for structured and unstructured roads", IET Comput. Vis., 2010, Vol. 4, Iss. 1, pp. 37 - 49

[6] Chris Kreucher and Sridhar Lakshmanan, "LANA: A Lane Extraction Algorithm that Uses Frequency Domain Features", IEEE TRANSACTIONS ON ROBOTICS AND AUTOMATION, VOL. 15, NO. 2, APRIL 1999.

[7] Pangyu Jeong and Sergiu Nedevschi, "Efficient and Robust Classification Method Using Combined Feature Vector for Lane Detection", IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS FOR VIDEO TECHNOLOGY, VOL. 15, NO. 4, APRIL 2005.

[8] Gwon Hwa Jung, Lee Jun Ho, "A Efficient Algorithm for Lane Recognition based on Hough Conversion and Approximation of Quadratic Curve", Korea Information Processing Society Vol. 6, December, 1999.

[9] 배찬수, "형태학적 연산을 적용한 차선 인식", 대한전자공학회 2010년 하계종합학술대회, pp. 369~371, 2010년 6월

— 저 자 소 개 —



배 찬 수(학생회원)
 2009년 울산대학교 전자공학과
 학사 졸업.
 2011년 울산대학교 전자공학과
 석사 졸업.

<주관심분야 : 영상처리 회로 설계 및 제작>



이 종 화(정회원)
 1974년 울산대학교 전기공학과
 학사 졸업.
 1976년 한국과학기술원
 재료공학과 석사 졸업.
 1986년 Brunel University
 물리학과 이학박사 졸업.

1972년~현재 울산대학교 전기공학부 교수
 <주관심분야 : 반도체 소자, VLSI 설계>



조 상 복(정회원)
 1979년 한양대학교 전자공학과
 학사 졸업.
 1981년 한양대학교 전자공학과
 석사 졸업.
 1985년 한양대학교 전자공학과
 박사 졸업.

1994년~1995년 Univ. of Texas, Austin
 교환교수
 2003년~2004년 Univ. of California, San Diego
 교환 교수
 2000년~2001년 울산대학교 자동차전자연구센터
 장
 2006년~현재 울산대학교 e-Vehicle 연구
 인력양성사업단장
 (2단계 BK21 정보기술사업단)
 <주관심분야 : SoC/VLSI 설계 및 테스트, 자동차
 전장시스템 설계, 영상처리 회로 설계 및 제작, 머
 신비전 시스템 개발, 초고집적 메모리 설계>