

# 차선 인식을 위한 Hough Transform과 차량 진행 방향 예측

강세범\*, 양승조\*, 김은주\*, 류승필\*  
\*세명대학교 컴퓨터학부  
e-mail:@nysjtll@nate.com

## Lane Detection & Prediction of Vehicle's Progress- Direction Using improved Hough Transform

Sei-Bum Kang\*, Seung-Ju Yang\*, Eun-Ju Kim\*, Sung-Pil Lyu\*  
\*Dept of Computer Science, Semyung University

### 요 약

차선 검출을 위한 영상처리연구는 Hough Transform을 이용하는 방법과 주파수 변환 방법, 히스토그램을 이용하는 방법, 템플릿을 이용하는 방법등이 사용되고 있다. 차선 검출에 가장 많이 사용되는 Hough Transform은 연산 과정이 복잡하여 차량의 속도가 증가하면 실제 상황과 오차가 생길 확률이 높다. 이러한 문제를 해결하기 위해 영상을 분할하여 최소한의 영역을 처리하여 처리량을 줄였으며, 차선 이외의 선이 추출될 경우 그 선의 각도와 위치를 고려하여 연산에 방해되는 선을 삭제한다. 또한 고속으로 진행되는 차량의 경우, 점선으로 이루어져 선이 보이지 않는 부분에서는 차선의 인식이 불가능하여 위험한 상황을 초래한다. 따라서 최소한의 차선을 이용하여 차선을 연장하고, 여러 직선으로 곡선을 표현하여 차량 진행 방향을 예측할 수 있다.

### 1. 서론

자동 주행 시스템은 사람의 간섭 없이 스스로 도로를 인식하여 이동하는 장치를 말하며, 이의 한 부분으로 운전자에게 차선을 알려주어 도로의 상황을 알려주는 운전 보조 시스템이 있다. 자동화의 흐름속에서 자동 주행 시스템의 가치와 필요성이 날로 증대되고 있다[1].

자동 주행 차량은 산업 분야에 사용되는 무인 반송차나 대리운전, 운전 보조등으로 사용될 수 있으며 위험한 상황에서 임무를 대신하는 등 다양한 분야에 응용될 수 있다. 자동 주행 연구의 목적은 연속적인 도로의 영상으로부터 도로의 정보를 추출하고 이동경로를 결정하여 차량이 스스로 이동할 수 있는 컴퓨터 시각 시스템을 개발하는 것이다. 도로의 정보는 그 도로를 대표할 수 있는 것으로서 최소한의 파라미터로 다양한 상황의 정보를 나타낼 수 있어야 한다[2]. 도로의 정보를 구성하기 위해 가장 먼저 필요한 것은 주행도로의 차선인식이다. 이러한 차선 인식을 위해서는 차량속도와 연산속도에 제한을 받지 않는 방법이 필요하다.

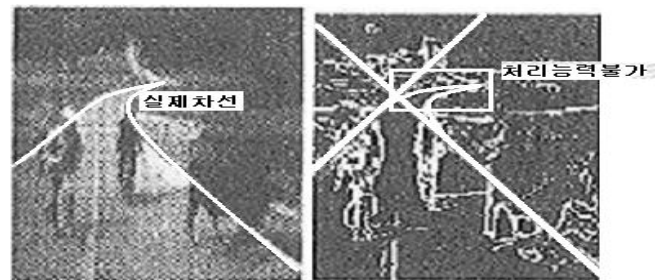
### 2. 관련 연구

차선 검출을 위해 사용되는 방법에는 크게 Hough Transform을 이용하는 방법과 주파수 변환 방법, 히스토그램을 이용하는 방법, 템플릿을 이용하는 방법 등이 사용되고 있다. Hough Transform을 이용하는 방법에는 다시 직선검출을 이용하는 방법[2,3,4]과 보다 부드러운 차선검출을 위해 곡선까지 추출하기 위해 Spline이나, Snake를

이용하는 방법이 있다[1]. 그러나 Hough Transform의 경우 실시간 처리 시에 많은 계산량으로 인해 실시간 처리가 불가능한 경우가 발생하기도 한다.

지금까지 차선과 관련된 영상처리연구는 주로 차선표식의 위치 검출에 초점이 맞추어졌다. 이러한 기존 연구들은 차량과 양 차선 경계사이의 offset을 검출하였고 이 offset이 발생되지 않도록 차량을 제어하였다[2-5].

이러한 연구들은 존재할지 모를 잡음에 대비하여 연속 입력된 몇 장의 영상을 중첩시켜본다거나[4], 추출된 정보의 평균[4,5], 예측기[2,3]를 사용하여 이전 프레임의 정보를 현재 프레임에 전파시키는 방법을 사용하고 있다. 그러나 이런 시도가 반대로 잡음의 영향을 증가 시켜, 연산 처리속도를 현저히 감소시키는 결과를 초래할 수 있다. 이러한 경우의 예를 들면 그림 1은 차선이 직선으로 검출되는 부분까지만 인식되며, 곡선으로 이루어진 부분은 인식되지 않는다[6].



(그림 1) 직선 차선 검출  
또한 그림 2의 차선이 없는 경우에는 차선을 검출하지

못하여 연산처리 능력을 떨어뜨리게 되고 곡선부분인 경우에는 그림 3과 같이 정확히 인식하지 못하기 때문에 차량속도에 제한을 주게 된다.



(그림 2) 차선이 없는 부분 인식하지 못하는 화면



(그림 3) 곡선으로 구성된 차선을 직선으로 처리한 화면

이러한 이유로 기존 차선인식에 대한 알고리즘을 보면 "Hough Transform을 이용한 차선검출"[7]이나 차선의 경계선을 추출하는데 보다 쉽도록 영상을 분할하여 차선을 인식하는 방법[9]이 주로 이용되고 있다.

Hough Transform을 이용할 경우에는 반드시 시간을 고려해야 하지만 비포장도로와 같은 애지 영역이 잘 구분되지 않는 경우에도 차선 검출이 용이하다는 장점을 이용하고, 단점인 연산속도와 곡선 추출에 제한을 받지 않는 방법을 모색하면 효과적인 알고리즘이 될 수 있을 것이다. 또한 차선이 인식되지 않는 경우 전 프레임의 정보와 현재 프레임의 최소한의 정보로 차선을 예측하고, 멀리 있는 차선이 가리키는 방향을 예측하여 주행 방향을 사전에 예측할 수 있다.

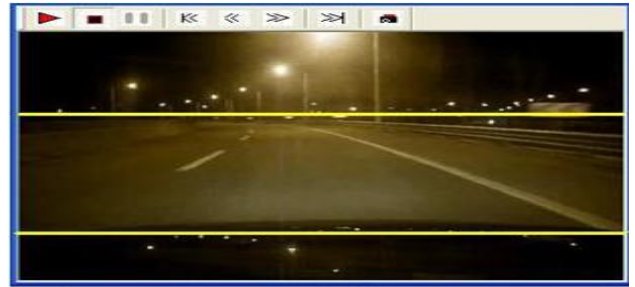
### 3. 차선인식 및 방향 추정 시스템 설계 및 구현

#### 3.1 제안된 방법

본 논문에서는 영상을 획득 후 빠른 처리능력을 위해 그레이 스케일로 영상을 변환한 후 Roberts Mask[9]를 이용하여 경계선을 검출하고 검출된 영상을 차선에 필요한 부분만을 영상 분할하여 차선인식 알고리즘을 이용하여 차선을 검출한다. 차선이 검출된 프레임은 검출된 직선에 대한 정보를 저장하고 차선이 없는 영상일 경우에는 이전 프레임에 대한 정보를 이용하여 차선을 예측 가능하도록 한다.

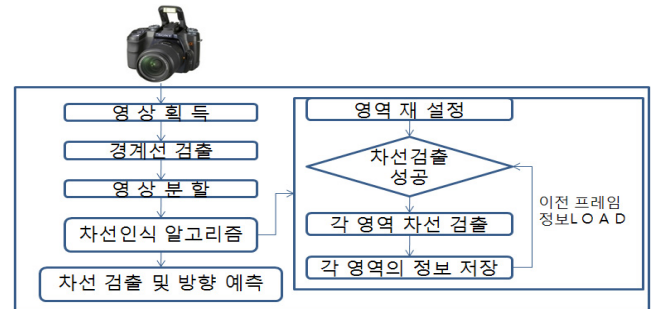
그림 4를 보면 차선을 나타낸 부분과 그 외 다른 배경 화면을 확인할 수가 있는데 Hough Transform의 단점인 차량속도와 연산속도의 제한에 따른 연산 처리 능력을 최대한 줄이기 위해 차선이 아닌 부분을 물리적으로 나누어 연산처리에서 제외함으로써 연산 처리 과정을 최대한 줄

이도록 한다. 또한 곡선은 직선의 연결이기 때문에 차선 검출에 필요한 영역을 10등분하여 Hough Transform을 적용하여 각각 직선을 검출한다. 분할된 각 영역에서 직선을 검출한 후 검출된 각 직선을 연결하여 곡선에 대한 처리를 근사화 할 수 있다.



(그림 4) 룸미러에 설치 후 촬영한 영상 화면

제안한 시스템은 크게 3단계로 구성된다. 첫 단계는 영상획득과 Line Detection이고, 두번째 단계는 영역 분할에 따른 차선인식 알고리즘, 세번째 단계는 각 영역에 대한 정보를 이용한 차선 검출 및 방향예측으로 나뉘게 된다.



(그림 5) 전체 시스템 흐름도

### 3.2 시스템 구성

#### 3.2.1 전처리 과정

전처리 과정은 영상획득 후 영상을 그레이스케일로 변환하여 에지를 추출하는 과정이다. 그림 4를 보면 배경 화면, 차량의 앞부분, 차선 있는 3부분으로 분류 할 수 있다. 배경화면과 차량의 앞부분은 차선을 검출하는데 있어 잡음에 해당되기 때문에 연산부분에서 제외시킴으로써 불필요한 잡음을 최소화 할 수 있다. 이와 같은 잡음을 제거하기 위해 영역을 분리한 후 차선의 경계선 검출을 위해 그레이스케일로 영상을 변환 후 마스크를 사용하여 경계선을 검출한다. 경계선 검출 방법으로는 대표적으로 5가지 방법이 있는데 이중 로버츠 마스크는 정확성과 속도면에서 우수한 성능을 보인다. 윤곽선 검출 마스크 중 가장 기본이 되는 로버츠 마스크의 특징은 매우 민감한 필터를 이용하여 매우 빠른 연산속도를 나타내고, 작은 커널을 사용하기 때문에 잡음에 매우 민감하며, 분명한 에지만을 검출해 내며, 마스크의 모양은 45도 기울기를 가지고 있다 [10]. 차선은 좌우로 약 45도 대칭에 있다. 따라서 로버츠 마스크의 기울기가 가장 적절한 마스크이다.

### 3.2.2 차선인식 알고리즘

Hough Transform 변환은 동일 직선상의 점들을 한 점으로 모은다. x,y 평면에서 a,b평면(기울기)으로 변환 할 때 x,y 평면의 같은 직선상의 점들은 a,b 평면상의 한 점으로 모이는 것을 이용한다. 그러나 기울기 매개 변수 표현 방법으로는 직선이 수직일 경우 기울기가 모두 무한대가 되어 구현상 문제점이 있다. 이런 문제점을 해결하기 위해 직선의 식을 식(1)과 같은  $\rho, \theta$ 의 매개변수로 표현할 수 있다.

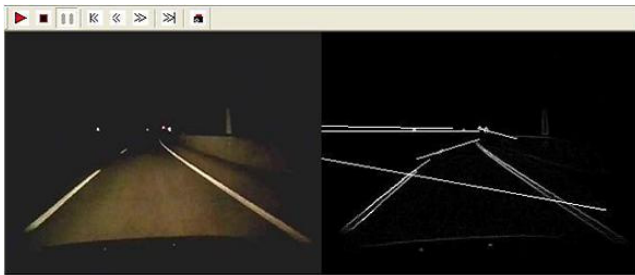
$$x \cos \theta + y \sin \theta = \rho \quad \text{식(1)}$$

이 식은 한 직선을 원점으로부터 거리와 각도로 나타낸 것이다. x,y 평면에서 동일 직선상의 점들은 식(1)을 이용하여 Hough Transform 하면  $\rho, \theta$  평면에서 한 점으로 모이고  $\rho, \theta$  평면에서 많은 화소가 집중된 누적 셀의 값을 조사하면 누적 셀의 값을 이용하여 역변환하면 원하는 직선을 검출할 수 있다.

또한 두 차선간에는 속도표시나 횡단보도와 같은 차선을 인식하는데 불필요한 영상을 접할 수 있는데 이러한 영상으로부터 정확한 차선을 잡기위해 실제 차선과 각 영역에서 잡은 직선을 아래와 같은 방법을 통하여 차선으로 인식되는 선만을 확인 할 수 있다. 수식(2)는 좌우측 차선 사이의 거리를 측정식이다. 수식(3)은 각 직선간의 거리값과 실제 차선 거리값의 차중 가장 작은 값을 구하는 식이다.

$$f(x) = (left\_x - right\_x) \quad \text{식(2)}$$

$$f(x)' = \text{Min}(R(x) - f(x)) \quad \text{식(3)}$$

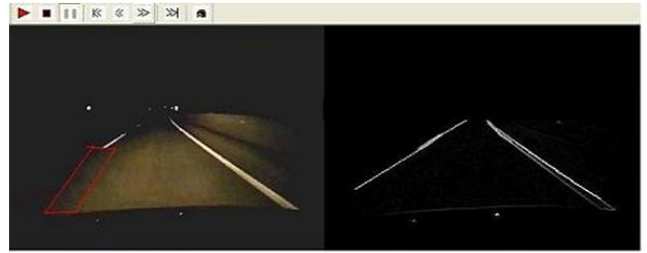


(그림 6) 구간별 Hough Transform을 이용한 차선 검출

그림 6은 직선 검출을 하기 위해 각 영역을 10등분 한 각 구간을 Hough Transform을 이용하여 차선을 검출한 것이다. 초기 Hough Transform을 이용할 경우 잡음으로 인하여 차선을 검출하는데 정확성에 문제가 되지만 차선은 방향성을 지닌 직선의 집합이기 때문에 차선을 인식하지 못한 연산부분은 제외시키고 다음 영역이나 이전 영역의 인식된 Hough Transform의 정보를 이용하여 인식하지 못한 차선을 인식된 Hough Transform 정보를 이용하여 해결이 가능하다.

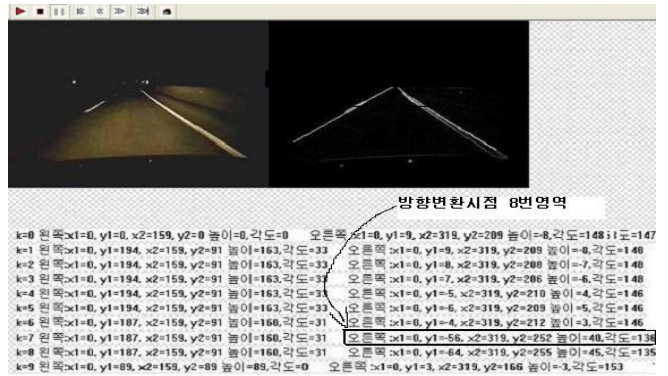
그림 7은 차선에 정보가 없는 부분을 이전 영역 또는 이후 영역의 Hough Transform 정보를 이용하여 차선으로 예측하여 차선이 없는 부분을 차선으로 설정한 모습이다. 차선은 직선의 집합으로 이루어진 곡선이기 때문에 이전 프레임의 정보를 이용하여 방향성을 가진 직선으로 표

시한다.



(그림 7) 차선이 없는 부분의 차선 검출

그림 8은 오른쪽 방향으로 진행되는 차선에 대해서 각 영역에서 Hough Transform을 이용하여 직선을 검출한 화면이다. 여러 영역의 직선의 집합이 곡선을 나타내는 것을 확인할 수 있는데 이것으로 차선을 보다 정밀하고 정확하게 인식하고 차선이 진행될 방향을 유추할 수 있다. 그림 8의 하단에 있는 데이터는 직선을 세밀하게 검출하기 위해 10개의 영역을 나누어 Hough Transform을 이용한 직선의 방정식 정보이다.



(그림 8) 오른쪽방향 차선에 대한 각 영역 직선 검출 정보

### 3.2.3 각영역의 차선검출 및 방향 예측

일반적으로 영상 좌표에서 실세계 좌표까지의 거리인 깊이(depth)를 산출하기 위해 스테레오 영상 기법을 이용하나 영상의 대응(correspondence)문제로 상당량의 연산 시간을 소모하는 단점이 있다. 실 좌표계(x,y,0)와 (x<sub>f</sub>,y<sub>f</sub>)의 컴퓨터 이미지 좌표계 사이의 관계는 영상좌표와 컴퓨터 이미지 좌표계 사이의 관계와 영상 좌표에서 실 좌표로 변환하는 역원근 변환에서, Z축으로의 이동 T<sub>z</sub>와 X축에 대한 90° 회전만을 생각하면 수식(4)와 같이 간단히 될 수 있다.

$$x = \frac{(x_f - c_x)d_{px}T_z}{(y_f - C_y)d_{py}} \quad y = -\frac{fT_z}{(y_f - C_y)d_{py}} \quad \text{식(4)}$$

(여기서,  $d_{px} = d_x \frac{N_{cx}}{N_{fx}}$ ,  $d_{py} = d_y \frac{N_{cy}}{N_{fy}}$ )

$C_x C_y$ : 컴퓨터 프레임 메모리의 중심,  $N_{cx} N_{cy}$ : CCD센서의 셀수  
 $N_{fx} N_{fy}$ : 이미지의 수평, 수직 분해능,  $d_x d_y$ : 인접 CCD센서 셀간의 중심 거리  
 도로에 있는 차선은 2차 포물선에 근사 될 수가 있고, 실 좌표계 상에서 수식(5)와 같이 표현 된다.

$$x(y) = C + By + Ay^2/2 \quad \text{식(5)}$$

A: 차선 곡률, B: 차선의 초기 방향, C: 차량과 차선과의 거리



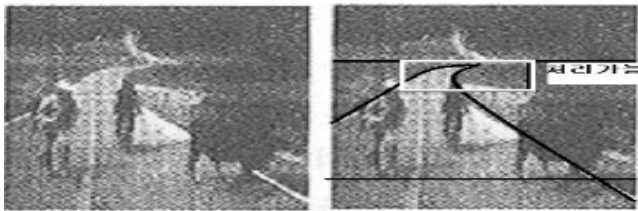
수식(4)를 수식(5)에 대입하고 수식을 풀어 간단히 하면, 실 좌표계의 차선 모델을 영상 평면에 투영한 수식(6)과 같은 형태의 식이 구해진다.

$$y_f = ax_f + b \pm \sqrt{cx_f^2 + dx_f + e} \quad \text{식(6)}$$

수식(6)을 이용하여 방향이 변화된 픽셀의 위치와 실제 변화되는 부분의 위치를 알 수 있고 이 정보를 이용하여 언제 방향이 변화되는지를 알 수 있다.

#### 4. 실험 및 고찰

그림 9는 그림 1의 영상을 본 연구에서 개발된 알고리즘을 적용한 화면이다. 그림 1의 경우 Hough Transform 알고리즘만을 사용하기 때문에 320\*240에 대한 모든 연산 처리를 한다. 하지만 본 시스템에서는 배경화면과 차량의 앞부분을 제외한 차선으로 추정되는 부분만을 연산하고, 각 영상을 10등분하여 처리함으로써 320\*100 이미지를 연산 처리하여 수행과정이 줄어든다. 또한 전체적인 정보를 직선 방정식을 이용하는 것이 아닌 10등분한 영역을 각각 처리하기 때문에 차선의 곡선부분까지 근사화 시킬 수 있다.



(그림 9) 시스템에 적용한 이론내용

그림 10 왼쪽은 모빌아이 회사에서 개발한 차선인식 프로그램 처리화면이고, 오른쪽은 본 시스템에 적용하여 실행한 모습이다.



(그림 10) 모빌아이 개발 화면과 본 시스템에 적용한 점선 차선에 대한 직선 검출 화면

그림 11은 곡선 차선에 대한 성능 비교 화면으로 차선 부분인 곡선을 인식하는 부분이다. 그림 11 왼쪽은 차선을 인식하는 부분이 정확하지 못한 것을 확인할 수 있다. 그림 11 오른쪽은 본 시스템에 적용한 화면으로 차선으로 추정되는 부분을 정확히 검출하고 있는 모습이다. 또한 점선으로 처리된 부분까지 처리하여 보다 정확한 차선을 인식하는 모습을 확인할 수 있다.



(그림 11) 모빌아이 개발 곡선처리 화면과 본 시스템 적용한 곡선 차선에 대한 검출 화면

#### 5. 결론

차선 검출을 위한 영상처리연구는 Hough Transform을 이용하는 방법과 주파수 변환 방법, 히스토그램을 이용하는 방법, 템플릿을 이용하는 방법등이 사용되고 있다. 차선 검출에 가장 많이 사용되는 Hough Transform은 연산 과정이 복잡하여 차량의 속도가 증가하면 실제 상황과 오차가 생길 확률이 높다. 이러한 문제를 해결하기 위해 영상을 분할하여 최소한의 영역을 처리하여 처리량을 줄였으며, 차선 이외의 선이 추출될 경우 그 선의 각도와 위치를 고려하여 연산에 방해되는 선을 삭제한다. 또한 고속으로 진행되는 차량의 경우, 점선으로 이루어져 선이 보이지 않는 부분에서는 차선의 인식이 불가능하여 위험한 상황을 초래한다. 따라서 최소한의 차선을 이용하여 차선을 연장하고, 여러 직선으로 곡선을 표현하여 차량 진행 방향을 예측할 수 있다.

#### 참고문헌

- [1] K.Sato, T.Goto, Y.kubota, "A Study on a Lane Departure Warning System using a Steering Torque as a Warning Signal," Proc. AVEC '98, pp.479-484,1998
- [2] E.D.Dickmanns, A.Zapp, "Autonomous High Speed Road Vehicle Guidance by Computer Vision, " Proc. IFAC 10th Triennial World Congress, pp.221-226,1987
- [3] S.P.Liou, R.C.jain, " Road Following Using Vanishing Points," CVGiP, Vol.39, pp.116-130,1987
- [4] J.W.Lee, U.K.Yi, K.R.Baek, "A Cumulative Distribution Function of Edge Direction for Road Lane Detection," IEICE Trans. Information and Systems, Vol.E84-d, No9, pp.1206-1216,2001
- [5] 이준웅, 이성웅, "에지분포함수 기반의 차선 이탈경보 알고리즘," 한국자동차공학회논문집, 제9권 제3호, pp.143-154, 2001
- [6] 이병모 차의영 "Hough Transform을 이용한 직선차선 검출" 2001년도 한국정보과학회 봄 학술발표 논문집
- [7] 강병찬, 정찬근, "hough Transform을 이용한 차선 검출의 고속화에 관한 연구"
- [8] 안수진, 한민홍, "자율주행차량을 위한 차선인식에 관한연구" 한국정보기술학회논문지
- [9] 오중훈, 정창성 "윤곽선 검출을 위한 DSC와 기존 알고리즘 비교" 2004년 한국정보과학회 봄 학술발표논문집