

Hough Transform을 이용한 차선 검출의 고속화에 관한 연구

*강 병 찬, 정 차 근
호서대학교 전기정보통신공학부 정보제어전공
e-mail : bc2447@kornet.net

A Study on high speedization of lane detection using Hough Transform

*Byeong-Chan Kang, Cha-Keon Cheong
The School of Electrical Engineering
Hoseo University

Abstract

본 논문에서는 Hough 변환을 이용하여 도로 차선의 핵심 정보를 추출하고 차선을 인식하는 방법을 제안하고 실시간으로 차선 인식이 용이 하도록 차선 검출의 고속화 방법을 제안한다. 고속화를 위해 이미지를 작은 영역(Interest Zone)으로 분할하고 분할된 영역에 대해 Hough 변환을 수행하여 영역내의 차선을 검출한다. 검출된 차선의 패턴 정보를 이용하여 다음 Step의 Interest Zone을 결정하고 Hough 변환의 수행을 반복하여 차선 검출을 시도 하였다. 또한 실험 영상을 대상으로 시뮬레이션 수행한 결과를 제시하고 제안 방법의 유효성을 검증하였다.

I. 서 론

최근 국내외적으로 좀 더 안전하고 편리한 자동차에 관한 관심이 높아지면서 기존의 수동적인 자동차에서 첨단기술을 접목시키는 지능형 자동차에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 지능형 자동차의 궁극적인 목표인 선행차량과의 거리와 속도를 자동으로 조절하고 충돌 회피 및 경보 등의 자율 주행 시스템을 구현하기 위하여 반드시 선행 되어야 할 과제가 차선을 인

식하는 것이다. 이러한 시스템에서 Vision Sensor는 가장 핵심적인 역할을 한다. Vision Sensor를 이용한 차선 검출의 방법에는 Hough 변환을 이용한 방법[1], Spline Model을 이용한 방법[2], Snake 모델을 이용한 방법[3], Vision Sensor와 여러개의 Radar를 이용한 방법[4]들이 보고되고 있다. Hough 변환은 직선성분을 검출할 때 사용하는 대표적인 기법이다. 이를 더 확장하면 곡선 검출[5]에 응용할 수 있지만 잡음에 민감하고 많은 계산 시간이 요구된다. Spline Model, Snake Model을 이용한 방법 또한 많은 계산량으로 처리시간이 많이 요구된다. 이러한 방법들은 고속으로 주행하는 자동차에서 실시간으로 차선을 검출하기에 적당치 않다.

본 논문에서는 차선의 실시간 검출을 위한 새로운 방법을 제시한다. 도로 이미지를 여러개의 작은 창으로 분할하고 분할된 영역(Interest Zone)에 대하여 Hough 변환을 수행한다. Hough 변환으로 검출한 직선의 패턴 정보를 분석하고 각 패턴에 따라 정해진 방법으로 다음 step의 차선인식을 위한 작게 분할된 영역을 결정한다. 이와 같은 방법으로 차선의 끝부분까지 반복한다. 제안된 방법은 작게 분할된 영역만을 Hough 변환 하여 차선의 패턴정보를 이용하여 추적해 나가므로 기존의 전체 영역을 Hough 변환하는 방법에

비해 처리시간을 상당히 줄일 수 있는 장점이 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 전체적인 이미지 처리과정을 기술하였고, 3장에서는 실험영상을 통한 검증 및 분석을 하였고 결론은 4장에서 기술하다.

II. 이미지 처리 과정

본 논문에서는 차선 검출을 위하여 외부의 환경요인(날씨, 장애물, 그림자등)을 배제하고 256x256크기의 gray scale의 실제 차선에 가까운 실험 영상을 제작하여 실험하였다

2.1 이미지 전처리

Fig1은 획득한 도로영상의 차선검출을 위한 전체적인 이미지 처리 과정을 나타낸다. 우선 입력영상에서 노이즈 제거 과정으로 메디안 필터를 사용하고 Canny edge detector를 이용하여 윤곽선을 검출한다. Canny edge detector는 잡음에 강하고 강한 윤곽선만이 검출되는 특징을 가진다.

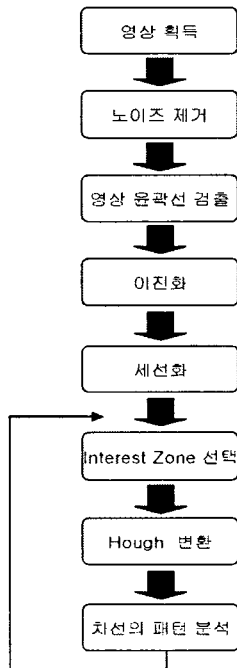


Fig 1. 전체적인 이미지 처리 흐름도

gray 영상을 직접 Hough 변환하면 복잡한 알고리즘과 많은 계산시간이 걸리는 단점이 있다. Hough 변환

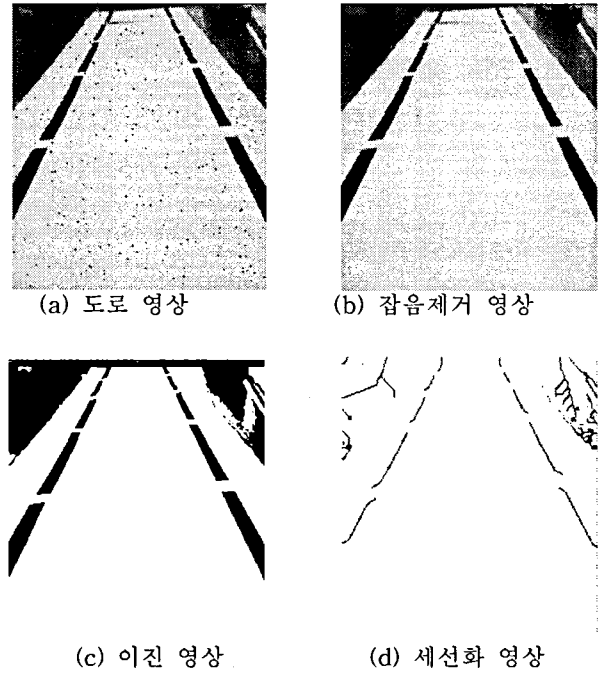


Fig 2. 이미지 전처리 과정

을 이용하기 편하게 하고 처리 속도를 개선하기 위하여 이진화 처리를 한다. 또한 보다 단순한 영상을 만들기 위해 Blume[6]에 의해 제안된 세션화 기법을 사용한다. 세션화는 두꺼운 영상을 가운데 픽셀만을 추출하여 두께가 한 픽셀인 영상을 추출 할 수 있다. 세션화 처리로 ρ, θ 평면에서의 분석이 쉬워지고 계산 량이 현저히 줄어드는 효과를 얻는다.

2.2 Hough 변환

Hough 변환은 동일 직선상의 점들을 한 점으로 모은다. x, y 평면에서 a, b 평면(기울기-절편)으로 변환할 때 x, y 평면의 같은 직선상의 점들은 a, b 평면상의 한 점으로 모이는 것을 이용한다.

그러나 기울기-절편의 매개 변수 표현 방법으로는 직선이 수직일 경우 기울기와 절편이 모두 무한대가 되어 구현상에 문제점이 있다. 이런 문제점 해결하기 위해 직선의 식을 식(1)과 같은 ρ, θ 매개변수로 표현할 수 있다.

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

이 식은 한 직선을 원점으로 부터의 거리와 각도로

나타낸 것이다. x, y 평면에서 동일 직선상의 점들은 식(1)을 이용하여 Hough 변환 하면 ρ, θ 평면에서 한 점으로 모인다.

ρ, θ 평면에서 많은 화소가 집중된 누적 셀의 값을 조사한다. 누적 셀의 값을 이용하여 역변환하면 원하는 직선을 검출할 수 있다.

2.3 Interest Zone 결정

영상전체에 대하여 Hough 변환을 수행하는 데에는 많은 시간을 필요로 하며, 이것은 전체 이미지 처리에서 상당한 부분을 차지한다. 이런 Hough 변환의 많은 처리 시간을 줄이기 위하여 본 논문에서는 차선만을 따라 도로 이미지를 여러 개의 작은 창으로 분할하고 분할된 영역(Interest Zone)에 대하여 Hough 변환을 수행한다. Hough 변환으로 검출된 차선의 패턴 정보를 분석하고 이 정보를 이용하여 각 패턴에 따라 다음 Step의 차선인식을 위한 Interest Zone을 결정한다. 새로 결정된 Interest Zone에 대하여 Hough 변환을 수행하여 영역내의 차선을 검출한다. 같은 방법으로 차선의 끝부분까지 반복한다.

일반적으로 영상상단의 Camera와 가까운 곳의 차선은 선의 길이가 길고 폭이 넓으며 거의 직선에 가깝다. 반면에 영상의 상단으로 갈수록 선의 길이가 짧고 얇아지는 특징을 가진다. 그러므로 초기의 Interest Zone의 크기보다 다음 Interest Zone의 크기는 영상의 수직축 좌표에 비례하여 작아져야 한다. Interest Zone의 크기를 결정하기 위하여 Fig 3의 Pinhole camera model을 이용하였다.

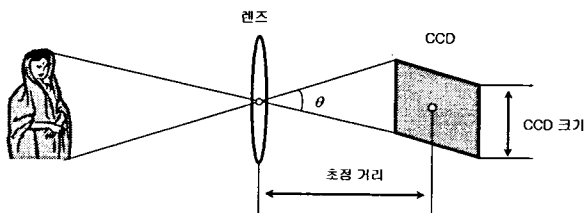


Fig 3. Pinhole camera model

우선 Camera의 초점거리(focal length)와 CCD image sensor의 크기로부터 렌즈 초점과 CCD image sensor의 각을 구한다.

$$\theta = \tan^{-1} \frac{y}{f} \quad (2)$$

여기서 f : focal length, y : CCD image sensor 또한 Camera는 동일한 위치에 고정되어 차선 시작점은 거의 동일한 위치에 존재하므로 초기 Interest Zone의 크기를 일정하게 고정 시킬 수 있고 식(3)으로 나타낼 수 있다.

$$A = k \frac{C_y}{\tan \theta} \quad (3)$$

A : Interest Zone의 크기,

C_y : 영상내 점의 수직축 좌표, k : 상수

본 논문에서 k 는 실험적으로 구하였고 $k=0.08$ 로 하여 Interest Zone을 결정하였다.

III. 실험결과 및 분석

본 논문에서는 주위환경에 따른 악영향을 배제한 도로 형상에 가까운 실험 영상을 사용하였다. 알고리즘은 Visual C++ 6.0을 사용하여 구현하였으며 시뮬레이션은 펜티엄 4 PC에서 수행하였다. 실험 영상은 256X256의 gray 영상을 사용하였다.

전처리 단계에서 미디언 필터를 이용하여 잡음을 제거 하였고 Canny edge detector를 이용하여 윤곽선을 검출하였다. 연산 시간을 줄이고 처리를 간단히 하기 위하여 이진화와 세선화를 수행하였고 Interest Zone을 설정하여 Hough 변환을 수행하였다. Fig 4는 실험영상을 처리하여 차선을 추적한 결과로 Interest Zone이 차선을 추적하고 있음을 보여 준다.

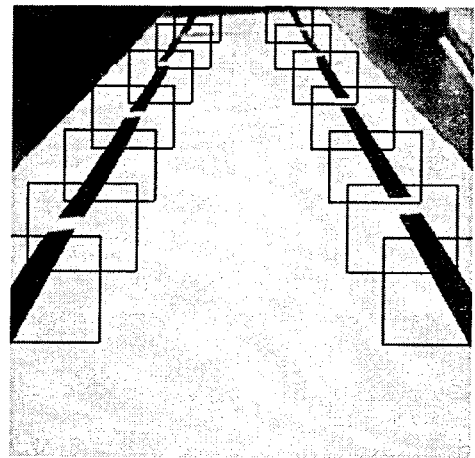


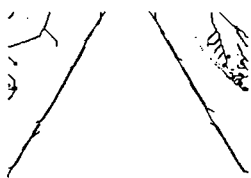
Fig 4. Interest Zone의 차선 추적

세선화 처리 영상과 차선이 검출된 결과 영상을 Fig 5에 보였다. 분할된 Interest Zone을 Hough 변환하였으므로 매끄러운 차선은 되지 않으나 원 영상과의 일치함을 알 수 있다.



(a) 세선화 영상

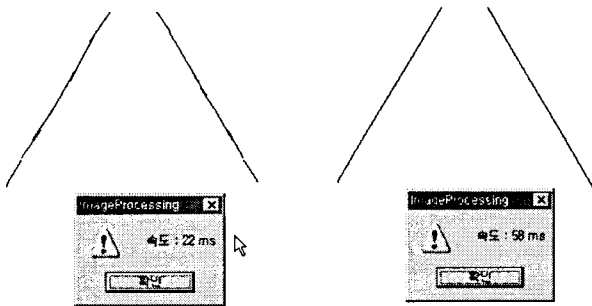
(b) 검출된 차선



(c) 검출된 차선의 비교

Fig. 5 차선 검출 결과

Fig 6은 이미지 전 영역에 대해 Hough 변환을 수행한 차선 검출 시간과 본 논문에서 제안한 방법의 차선 검출 시간의 비교 결과이다. 제안된 방법을 이용할 경우 약 60%가량 처리 시간이 감소하는 효과를 얻을 수 있었다.



(a) 제안 방법의 차선 검출 시간 (b) 기존 방법의 차선 검출 시간

Fig 6. 차선 검출 시간 비교

IV. 결 론

본 논문에서는 Hough 변환을 이용하여 차선을 검출하고 차선의 실시간 검출을 위한 Hough 변환 고속화 방법을 제안하였다. 실험 영상을 대상으로 시뮬레이션

수행 결과 정확하게 차선이 검출되었고 차선 검출 시간이 크게 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

하지만 실제 환경에서는 그림자, 장애물 등 더욱 복잡한 상황이 존재한다. 향후 과제로는 실제 도로의 복잡한 상황에서도 적응적으로 차선을 검출할 수 있어야 하고 직선 차선뿐 아니라 곡선 차선일 때의 검출까지도 고려해야 할 것이다.

참고문헌

- [1] R. C. Lo and W. H. Tsai, "Gray-Scale Hough Transform for thick line detection in Gray-Scale Image", Pattern Recognition, Vol 28, No 5, pp 647-661, 1995
- [2] Y. Wang, D. Shen and E. K. Teoh, "Lane detection using spline model", Pattern Recognition, Vol 21, No 8, pp 677-689, 2000
- [3] Y. Wang, E. K. Teoh, D. Shen, "Lane Detection Using B-Snake", IEEE Information Intelligence and Systems, 1999. Proceeding. 1999 International Conference on 31 Oct. -3 Nov. 1999 pp438-443
- [4] R. Aufrere, C. Mertz and C. Thorpe, "Multiple Sensor Fusion for Detecting Location of Curbs, Walls, and Barriers", Proceeding of the IEEE intelligent Vehicles Symposium, 2003
- [5] J. Sklansky, "On the Hough Technique for curve Detection", IEEE Transactions on Computers, Pattern Recognition, Vol 27, No 10, pp 923-926, 1978
- [6] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, Digital Image Processing, Prentice Hall, pp 649-653
- [7] D. Katz and T. Lukasiak, R. Gentile, "Use of Video Technology to Improve Automotive Safety Becomes More Fasible with BlackFin Processors", Analogue Dialogue 38-3, pp 1-6, 2004
- [8] 장동혁, "Visual C++을 이용한 영상처리의 구현", 정보게이트, 2001