

실시간 영상에서 차선 검출에 관한 연구

A Study on speed improvement of lane detection from real-time image

최 성 호

한 동 조

최 기 호

(광운대학교, 석사과정) (광운대학교, 박사과정) (광운대학교, 교수)

Key Words : Hough Transform, Interest Zone, Otus 알고리즘

목 차

- | | |
|---------------------|----------|
| I. 서론 | III. 실험 |
| II. 영상 처리 | 1. 실험 환경 |
| 1. Gaussian 스무딩 필터링 | 2. 실험 결과 |
| 2. Otsu 알고리즘 | IV. 결론 |
| 3. Interest Zone 설정 | 참고문헌 |
| 4. Hough 변환 | |

I. 서론

최근 국내외적으로 안전하고 편리한 차량에 대한 관심이 높아지면서 기존의 수동적인 차량에 첨단 기술을 접목시키는 지능형 차량에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 지능형 차량의 궁극적인 목적은 선행차량과의 거리와 속도를 자동으로 조절하여 충돌 회피 및 자동 주행 시스템을 구현하는 것이며, 이를 위해 반드시 선행되어야 할 과제가 차선을 인식하는 것이다.

차선을 검출하는 방법에는 Moore-Neighbor를 이용한 방법, Spline Model을 이용한 방법, Snake Model을 이용한 방법, Hough 변환을 이용한 방법 등이 있다.

Moore-Neighbor[1]를 이용한 방법은 해당 픽셀의 8-방향을 검색하고 추적하여 연속된 차선을 검출하는 방법이다. 하지만 유사한 색을 갖는 영상이 입력되면 차선을 검출할 수 없는 단점이 있다.

Spline Model[2]을 이용한 방법은 적은 수의 제어점을 사용하여 얻어진 대략적인 곡선을 통하여 차선 검출을 수행하였으며, Snake Model[3]을 이용한 방법은 곡선의 모양을 완만하게 유지시키기 위한 내부에너지와 영상데이터로부터 찾고자하는 특징을 표현하는 외부에너지에 의해 형태의 변형이 가능한 곡선을 통하여 차선을 검출하였다. 하지만 위의 방법들은 많은 계산량으로 인하여 차선 검출 시간이 오래 걸리는 단점이 있다.

R. C. Lo와 W. H. Tsai[4]는 직선성분 검출에 대표적인 기법인 Hough 변환을 사용하여 차선을 검출하였다. 이를 위하여 칼라 영상을 Gray 영상으로 변환하고, 경계선을 검출한 후 Hough 변환을 사용하여 차선을 검출하였다. 하지만 이 방

법은 Spline Model을 사용한 방법, Snake Model을 사용한 방법과 마찬가지로 Hough 변환을 영상 전체에 적용하여 처리하기 때문에 차선 검출 속도가 느리다는 단점이 있다. 이를 해결하기 위하여 B. C. Kang과 C. K. Cheong[5]는 입력받은 영상의 잡음을 제거하고 영상의 경계선을 검출하였으며 처리 속도 향상을 위하여 이진화와 세선화 작업을 수행하였다. 그리고 전체 영상에서 관심영역을 설정하여 관심영역에 대해 Hough 변환을 수행함으로써 차선 검출속도를 향상시켰다. 하지만 고속으로 주행 중인 차량에서의 실시간 차선 검출에는 적합하지 않다.

따라서 본 논문에서는 관심영역의 최적화를 통하여 고속으로 주행 중인 차량에서 실시간으로 차선을 검출할 수 있는 방법을 제시한다. 이를 위하여 잡음제거와 경계선 검출을 수행하고 Otsu 알고리즘을 이용하여 이진화를 수행하였다. 그 후 차선이 검출되는 빈도가 높은 일부 영역만을 관심영역으로 설정함으로써 최적화시켰고 해당 관심영역에 대하여 Hough 변환을 수행하여 차선을 검출하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 전체적인 영상 처리과정을 기술하고, III장에서는 실험부분을 기술하였으며, IV장에서는 결론을 기술하였다.

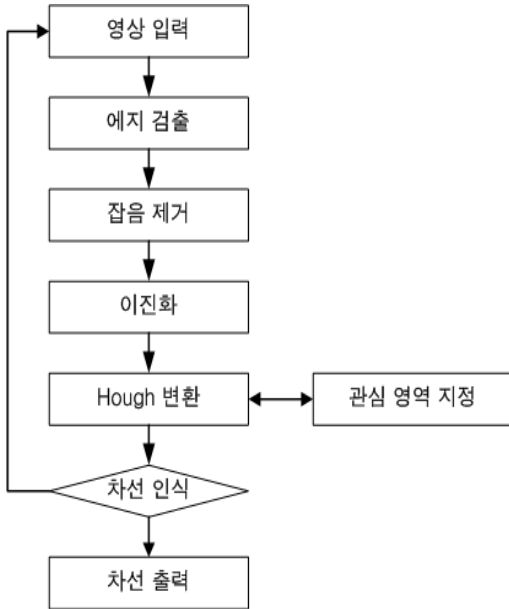
II. 영상 처리

본 논문에서는 차선 검출을 위하여 256×256크기의 실제 도로영상으로 검출을 시도하였다.

우선 입력받은 영상을 Gray영상으로 변경하고, Canny Edge Detection 알고리즘을 이용하여 Edge 검출을 하였다. 그리고 잡음 제거와 이진화, 관심영역을 적용한 Hough 변환

을 통하여 차선인식을 수행하고 인식이 되었을 경우 차선을 출력하였다.

<그림 1>은 입력받은 도로영상의 차선검출을 위한 전체적인 구성도를 나타낸다.



<그림 1> 영상처리 구성도

2.1. Gaussian 스무딩 필터링

에지 검출되어진 영상은 원활한 이진화 작업을 위하여 잡음 제거를 수행한다. 잡음을 제거하기 위해서 사용되는 Gaussian 스무딩 필터링은 가우시안 분포를 영상처리에 적용한 것으로 정규 분포 또는 확률 분포에 의해 생성된 잡음을 제거하기 위한 목적으로 사용되어진다. 가우시안 공식은

$$G(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left[-\frac{(x^2+y^2)}{2\sigma^2}\right] \quad (1)$$

로 정의된다.

σ 는 표준편차이고 표준편차는 가우시안 폭을 결정짓는다. x, y 는 영상의 x 축과 y 축을 의미한다. 마스크의 중앙에 위치한 화소와 먼 거리에 위치한 이웃 화소 값들을 가중치로 감소시켜 가중한 이웃의 평균값으로 분산 대치를 하여 스무딩 효과를 갖게 되고 그로 인하여 영상의 잡음이 제거된다.

2.2. Otsu 알고리즘[6]

Gray 영상의 화소 분포를 이용하여 자동으로 임계값을 계산하는 이진화 방법은 여러 가지가 있다. 이중 Otsu 알고리즘이 널리 사용되고 있으며, 이 방법은 최적의 임계값을 얻어내기 위해서 차별분석에서 쓰이는 측정치를 사용한다. 즉,

Otsu 알고리즘은 수식(2)에서와 같이 n 을 측정치로 사용할 때, 최적의 임계값을 얻기 위해서 측정치 n 을 가장 크게 하는 K 값을 선택한다.

$$\begin{aligned} \max(n(K)) &= \max\left(\frac{\sigma_B^2(K)}{\sigma_T^2}\right) \\ &= \max(\sigma_B^2(K)) \end{aligned} \quad (2)$$

$\sigma_B^2(K)$ 에 대한 수식은 다음과 같다.

$$\sigma_B^2(K) = \frac{(m_T w(K) - m(K))^2}{w(K)(1-w(K))} \quad (3)$$

수식(2)에서 영상의 전체 평균 $m_T = \sum_{i=1}^K ip_i$ 이고, 클래스

에서 발생할 확률 $w(K) = \sum_{i=1}^K p_i$ 이며, 해당 클래스에서의 평

균 $m(K) = \sum_{i=1}^K ip_i$ 이다. 특히 주어진 영상의 Gray 값이 L

이라고 하면 Gray 값의 히스토그램인 확률 분포 함수는 수식(4)과 같다.

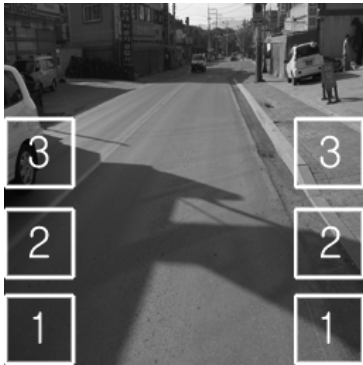
$$p_i = \frac{n_i}{N}, \quad p_i \geq 0, \quad \sum_{i=1}^L p_i = 1 \quad (4)$$

수식(4)에서 n_i 는 i 레벨 값의 화소수이며, n_i 는 i 레벨에서 확률을 나타내고 $N = n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_L$ 이다. 결국, 수식(3)로부터 분할하고자 하는 두 영역의 분산을 최대로 하는 임계값 K 를 구할 수 있다.

2.3. 관심영역(Interest Zone) 설정

영상전체에 대하여 Hough 변환을 수행하는 경우에는 많은 처리시간을 필요로 한다. 이는 실시간 영상처리에 부적합하기 때문에 Hough 변환의 처리시간을 줄이기 위하여 관심영역을 설정하고 해당 영역에 대하여 Hough 변환을 수행함으로써 영역내의 차선을 검출하는 방법이 사용되고 있다.

기존에는 차선이라고 인식할 수 있는 모든 부분에 대하여 일정한 간격을 두고 관심영역을 설정하였으며, 그 후 Hough 변환을 수행하여 차선을 검출하였다. 하지만 처리속도 문제로 인하여 여전히 고속으로 주행중인 차량에서는 실시간으로 처리할 수 없기 때문에, 본 논문에서는 관심영역을 최적화 하여 차선을 검출하는 방법을 제안하였다. 이를 위해 영상의 각 프레임에서 64×64 크기의 관심영역을 설정하고 차선으로 인식될 수 있는 위치를 <그림 2>와 같이 설정하였으며 그에 대한 각 관심영역의 빈도수는 <표 1>에 나타내었다.

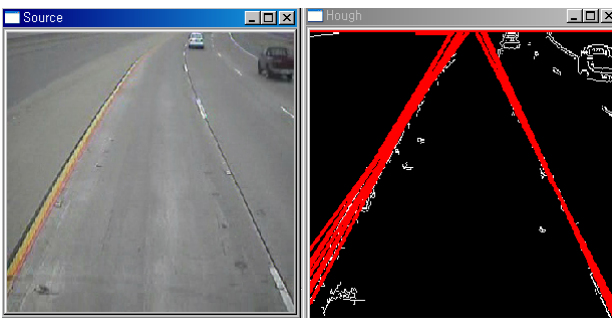


<그림 2> 각 위치에 따른 관심영역 지정

<표 1> 각 영역에 따른 검출 빈도수

영상 \ 영역	영역1	영역2	영역3
영상1(80frame)	12	50	18
영상2(80frame)	3	70	7
영상3(80frame)	10	61	9
영상4(80frame)	13	54	13
영상5(80frame)	6	63	11

<표 1>과 같이 영역2 부분에서 차선 검출 빈도수가 가장 높게 나타났음을 확인 할 수 있었고, 영역2를 관심영역으로 설정하여 해당 영역에 대해서만 Hough 변환을 적용하였다. <그림 3>은 관심영역을 영역2로 설정한 후 도로영상에서 차선을 검출한 그림이다.



<그림 3> 제한한 차선 검출 영상

2.4. Hough 변환

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

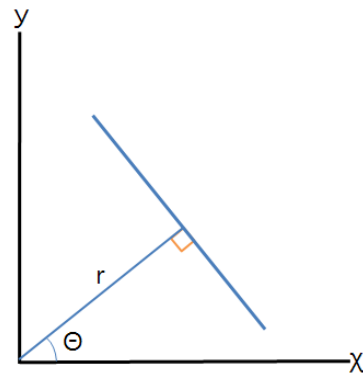
그러나 기울기-절편의 매개 변수 표현 방법으로는 직선이 수직일 경우 기울기와 절편 모두 무한대가 되어 구현상에 문제가 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 식(4)과 같은 의

매개변수로 표현할 수 있다.

$$x \cos \theta + y \sin \theta = r \quad (4)$$

이 식은 <그림 4>와 같이 한 직선을 원점으로 부터의 거리와 각도로 나타낸 것이다. x, y 평면에서 동일 직선상의 점들은 식(4)을 이용하여 Hough 변환 하면 r, θ 평면에서 한 점으로 모인다.

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



<그림 4> 원점으로부터의 거리와 각도

III. 실험

본 논문에서는 256×256크기를 갖고 Frame Rate가 20/sec인 도로영상을 사용하여 실험을 하였다. 알고리즘은 Visual C++ 6.0을 사용하여 구현하였고, 시뮬레이션은 운영체제 WinXP, 메모리 1GB, 펜티엄 4 2.4Ghz에서 수행하였다.

실험은 (a)전체 영상에 대하여 Hough 변환을 수행할 때와 (b)다수의 부분을 관심영역으로 설정한 영상, 그리고 본 논문에서 제안한 (c)최적화된 관심영역을 적용한 영상에 대하여 Hough 변환을 수행할 때의 차선 검출 처리시간을 비교하였다.

<표 2> 관심영역의 설정에 따른 처리속도 비교

영역 \ 영상	(a)	(b)	(c)
영상1	77ms	66ms	47ms
영상2	85ms	70ms	52ms
영상3	74ms	62ms	50ms
영상4	69ms	60ms	45ms
영상5	73ms	59ms	44ms

<표 2>는 관심영역의 설정에 따른 처리속도를 비교한 결과이다. 관심영역을 설정하지 않고 영상전체에 Hough 변환을 수행했을 때, 평균 75.6ms의 처리속도를 보였으며, 다수의 부분을 관심영역으로 설정하였을 경우 평균 63.4ms의 처리속도

를 보였다. 그리고 본 논문에서 제안한 최적화된 관심영역에 대하여 Hough 변환을 수행하여 차선을 검출한 결과 평균 47.6ms의 검출 속도를 보이며, 기존의 방법보다 각각 28ms, 15.8ms의 향상된 처리속도를 보였다.

IV. 결론

본 논문에서는 Hough 변환을 이용하여 차선을 검출하고 관심영역의 최적화를 통해 계산량을 최소화하여 빠른 차선 검출을 수행하였다.

실험 영상을 대상으로 시뮬레이션을 수행한 결과, 기존의 관심영역을 설정하지 않고 전체 영상에 대하여 Hough 변환을 수행한 방법과 다수의 부분을 관심영역으로 설정하여 Hough 변환을 수행한 방법에 비해 각각 28ms, 15.8ms의 향상된 처리속도를 보였다.

하지만 복잡한 도로 상황이 존재할 경우 검출 성능이 저하될 수 있고, 자신의 차선을 벗어났을 경우에 검출이 어렵다는 문제점이 있다. 향후 과제로는 실제 도로의 복잡한 상황에서 차선을 검출할 수 있어야 하고, 흐린 날이나 비가 오는 날같이 날씨가 좋지 않아도 차선을 검출할 수 있어 하며 직선 차선뿐만 아니라 곡선 차선일 때의 검출까지도 고려해야 할 것이다.

참고문헌

1. 김병현, 한영준, 한헌수, "무어-네이버 에지추적 알고리즘을 이용한 차선검출기법" 2008년도 대한전자공학회 하계종합학술대회 제31권 제1호 pp. 857~858, 2008
2. Yue Wang, Dinggang Shen, Eam Khwang Teoh "Lane detection using spline model" Patten Recognition, Vol 21, No 8, pp 677~689, 2000
3. Yue Wang, Eam Khwang Teoh and Dinggang Shen, "Lane Detection Using B-Snake" Information Intelligence and Systems, 1999. Proceedings. 1999 International Conference on pp. 438~443. 1999
4. R. C. Lo and W. H. Tsai, "Gray-Scale Hough Transform for thick line detection in Gray-Scale Image", Patten Recognition, Vol 28, No 5, pp 647~661, 1995
5. 강병찬, 정차근, "Hough Transform을 이용한 차선 검출의 고속화에 관한 연구", 2005년도 한국방송공학회 학술대회, 2005. 11, pp. 195~198, 2005
6. N. Otsu, "A threshold selection method from gray-level histogram", IEEE Trans. on SystemMan Cybernetic, vol. SMC-9, no. 1, pp. 62~66, 1979.