

강인한 차선검출을 위한 연속영상의 효율적인 신호처리 기법

김민규, 이운근*, 고덕화**, 백광렬**
 *삼정기업(주) 제어기술연구소, *부산대학교

An Efficient Image Processing Scheme of Consecutive Images for Robust Lane Detection

Min-Gyu Kim, Un-Kun Yi*, Deog-Hwa Ko**, Kwang-Ryul Baek**
 *Samching Enterprise Co., Ltd. **Pusan National Univ.

Abstract -본 논문은 지능형 안전 자동차(ASV)의 범주인 차선이탈경보 및 방지시스템에 적용을 위한 차선검출 알고리즘을 나타낸다. 그러기 위해서는 차선검출의 높은 신뢰도가 우선 되어야 한다. 대부분의 고속도로는 직선로와 곡선로로 이루어져있고, 곡선 도로는 차선을 검출하는데 여러 가지 제약이 있다. 본 논문에서는 곡선 차선의 직선 근사화를 통한 신뢰성 있는 차선 검출을 위해서 입력되는 연속영상의 효율적인 처리 기법을 제안하고자 한다.

따라서 본 논문에서는 연속영상의 효율적인 신호처리기법을 통하여 직선근사화를 통하여 강인한 차선검출을 제안하고자 한다.

그림 1에 나타낸 것과 같이, 입력영상에서 관심영역을 설정하여 계산량을 줄이고, 신뢰성 있는 차선검출을 위하여 입력영상의 증침기법과 예측필터를 사용한다. 또한 검출된 에지 정보의 평활화를 통하여 영상정보에 신뢰를 더하고, 호프 변환을 거친 차선정보는 직선의 근사화를 통하여 차선검출의 신뢰도를 판정한다.

1. 서 론

우리 나라는 90년대 초반에 ITS개념이 도입되어, 1993년 IVHS(intelligent vehicle highway system)의 국내 개발 방향에 관한 연구 결과가 발표된 것을 기점으로 지능형 교통시스템에 대한 관심이 고조되기 시작했다[1]. 지능형 교통시스템 중에서 무인차량의 운행에 적용하기 위해 연구되고 있는 기존의 차선검출 방법을 살펴보면, 센서를 이용한 방법과 컴퓨터 비전을 이용한 방법으로 크게 나눌 수 있다 [1][2]. 센서를 이용한 방법은 도로에 직접 마그네틱 네일이나 케이블등 차선을 인식할 수 있는 물질을 매설하거나 차선에 어떤 물질을 도색하고, 센서로 차선을 인식하는 방법이다. 이 방법은 차선인식의 신뢰도는 좋지만 도로환경을 새로 구축해야 하고, 차선인식을 위해 고가의 센서의 장착이 요구되어 경제적인 부담을 가중시킨다. 이에 반해 컴퓨터 비전을 이용한 방법은 영상 데이터의 처리속도와 차선의 검출방법만 개선할 수 있다면 기존의 도로환경의 변화 없이 차량의 단독기술로서 신뢰성 있는 차선정보를 추출할 수 있다.

본 논문에서는 실제 고속도로에서 CCD 카메라를 통해 얻어진 도로 영상을 이용해서, 차선이탈 경보 및 방지시스템에 적용할 목적으로 신뢰성 있는 차선 검출을 위한 신호처리 기법을 제안한다.

2. 본 론

2.1 전체 알고리즘의 구성

컴퓨터 비전기술을 이용하여 차선정보를 추출하고, 그 결과를 차선이탈경보시스템에 적용하려면 신뢰성 있는 차선 검출이 선행되어야한다. 초기에는 단순히 임계값을 설정하고, 히스토그램을 이용한 차선검출기법을 쓰기도 했지만 이것은 도로굴곡, 날씨등 외부적인 제약이 많았다. 우리나라의 고속도로는 고속도로 시설 구조형에 따라 직선로와 곡선로로 이루어져 있다. 그러나 곡선로의 강인한 차선정보 검출은 알고리즘이 복잡하고, 실시간처리에 문제가 있다.

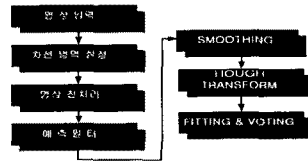


그림 1. 전체 알고리즘의 구성

2.2 우리나라의 도로구조

먼저, 우리나라 도로 구조를 파악하여 제안된 차선 검출 알고리즘 개발에 참고하였다[3]. 표 1은 고속도로의 시설 기준을 나타낸다

표 1. 고속도로 시설 및 구조형

	설계속도	최소곡선반경(m)	X (m)	L _i (m)	H _i (m)
고속	120	710	0.28	40	39.98
도로	100	460	0.44	40	39.97
	80	280	0.72	40	39.94

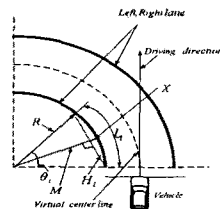


그림 2. 우리나라 고속도로의 곡률 구배

$$L_1 = 2\pi r \times \frac{\theta_1}{360} \tag{1}$$

$$H_1 \approx L_1 \tag{2}$$

대부분의 고속도로 설계규정 속도는 100km/h이다. 따라서 100km/h주행도로에서의 최소 곡선 반경은 460m

이므로, 그림 2를 보면 도로의 주행 각도가 45° 일때 최소 321m의 주행거리가 되고, 곡선 부분을 321m 주행한다면 약 315m의 직선 주행거리와 거의 같다. 따라서 직선과 곡선의 길이는 거의 일치하고, 곡선은 거의 직선의 형태로 나타난다. Dickmann[4]이 제시한 주행중 운전자의 초점거리가 40m 라고 할 때, 100km 주행시 곡선은 직선으로 간주 할 수 있다.

2.3 영상처리 영역

도로 영상으로부터 획득된 영상정보는 먼저 도로영역과 배경영역으로 나누고, 도로영역은 차선이 존재하는 부분과 존재하지 않는 부분으로 나눌 수 있다. 도로영역의 관심영역을 차선인식 영역으로 설정하고, 그 영역에 한해서 영상을 처리한다. 특히 호프변환을 이용한 차선인식에서는 많은 계산량을 요구하기 때문에 차선검출을 위한 영역 설정은 매우 중요하다. 본 논문에서는 차선을 검출하기 위한 3가지 도로의 조건을 제시한다.

1. 우리나라 도로 구조령에 따른다.
2. 도로는 시간적, 공간적으로 연속적이다.
3. 도로와 비도로, 차선과 차선은 구별 가능해야 한다

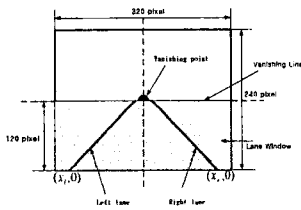


그림 3. 영상 처리 영역 설정

도로 영상을 획득하기 위해서 CCD 카메라는 차량의 중앙인 룸 미러(rear view mirror) 후미에 장착하고, 그림 3처럼 영상의 중심을 소실점(vanishing point)으로 두고, 소실점 아래의 도로영역에 차선이 나타나게 설정한다. 입력되는 영상정보로부터 시스템에서 필요한 정보만 추출하기 위해서 입력 정보의 특성을 파악할 수 있는 관심 영역을 설정하여 그 파라미터를 계산한다. 입력영상의 신호처리시간을 실시간과 동일하게 처리하기 위해서 영상정보의 일부분을 관심영역으로 정의한다. 관심영역은 운전자의 시야에서 약 40m 전방에 두고 있기 때문에 항상 소실점 아래 320 × 120픽셀영역에 존재한다 [4].

2.4 영상의 중첩화

전처리 과정으로 소벨 에지출 검출하고[5], 노면의 밝기값에 따라 차선과 비차선의 임계값을 설정하였다[6]. 고속도로에서 도로와 비 도로의 경계선에 파선 구간에서 파선의 위치가 에지출 검출하기에 부적합한 영상으로 나타날 수 있다. 영상에 나타나지 않는 파선을 실선과 같은 영상으로 나타나게 하기 위해 현재영상과 이전영상의 중첩을 제안한다. 100 Km/h 주행 시 초당 10 프레임의 영상을 출력할 때 한 프레임에 2.78m의 거리를 주행하게 된다. 따라서 1초에 27.8m를 주행하게 되며, 10m 길이의 파선이 10m

간격으로 도색 되어 있는 고속도로에서는, 도로의 곡선부분에서 그림 5에서 A로 표시한것과 같이 파선의 차선이 나타나지 않는 구간이 나타난다.

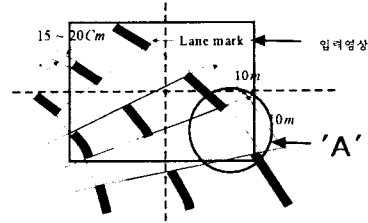


그림 4. 곡선도로의 나타나지 않는 차선경계

선형적인 변화를 가지는 입력영상은 이전 차선과 현재차선과의 중첩을 통해 나타나지 않는 구간을 하나의 직선과 같은 차선으로 나타낼 수 있다. 불규칙적이고 불연속적인 도로의 차선을 규칙적이고, 연속적인 형태로 나타나게 하기 위해 제안한 현재 영상과 이전 영상의 오버래핑은 두 영상의 차이값을 조정함으로써 구할 수 있다.

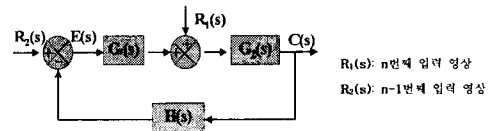


그림 5. 중첩의 모델링

$$C(s) = G(s)E(s) \quad (3)$$

$$E(s) = R(s) - H(s)C(s) \quad (4)$$

$$\frac{C_1(s)}{R_1(s)} = \frac{G_2(s)}{1 + G_1(s)G_2(s)H(s)} \quad (5)$$

$$\frac{C_2(s)}{R_2(s)} = \frac{G_1(s)G_2(s)}{1 + G_1(s)G_2(s)H(s)} \quad (6)$$

$$C(s) = C_1(s) + C_2(s) = \frac{G_2(s)}{1 + G_1(s)G_2(s)H(s)} [G_1(s)R_2(s) + R_1(s)] \quad (7)$$

그림 5에서, $E(s)$ 값의 조정을 통하여 최적의 차선의 선형화를 이룰수 있고, C_n 과 C_{n-1} 의 응답 특성값에 따른 중첩된 영상 $C(s)$ 를 그림6에 나타내었다.

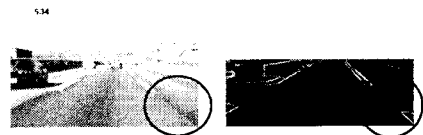


그림 6. 중첩된 영상의 예

2.5 예측필터

입력되는 도로영상은 320×240 크기의 8 비트 흑백 영상이다.

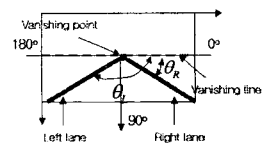
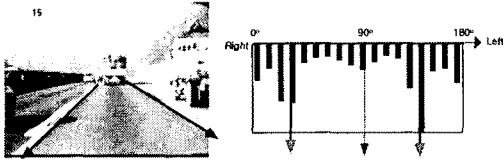


그림 7. 예측필터의 모델링

그림 7은 입력된 영상에서 에지의 각도에 해당하는 크기를 시계방향으로 0°에서 180°까지 10° 단위로 누적하고, 그때 나타나는 히스토그램의 최고 값 근방에서 차선이 나타날 가능성이 높음을 나타낸다. 왜냐하면, 차선 성분 이외의 에지 픽셀의 크기는 연속적으로 변화하지 않기 때문이다. 그림 8에서 예측필터를 통한 차선의 경계지점을 찾을 수 있다.



(a) 입력영상 (b) 차선경계의 예측

그림 8. 예측필터

2.6 영상의 평활화

영상처리에서 평활화 하는 것은 영상을 보다 부드럽게 함으로써 특별한 효과를 주는 것과 노이즈를 제거하는 것으로 나눌 수 있다. 영상의 평활화는 픽셀과 그것의 이웃을 고려하고, 그룹 내에 제한된 극한값을 제거함으로써 공간영역에서 구해진다.

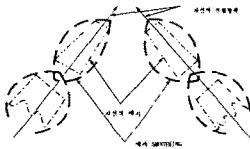
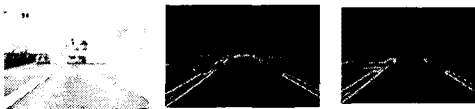


그림 9. 차선의 평활화

본 논문에서 제시하는 평활화는 호프 변환의 직선적 특성을 개선하기 위해서 에지의 주위 성분에 가중치를 주고, 더 많은 에지 정보를 제공함으로써 차선의 직선성에 신뢰를 더한다. 그림 10에 평활화를 거친 차선을 나타낸다.



(a) 입력영상 (b) 에지 (c) 평활화

그림 10. 평활화를 거친 차선 예

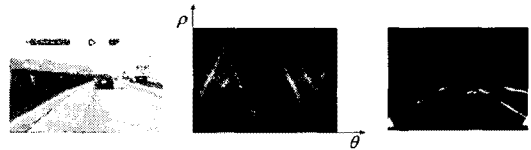
2.7 차선의 근사화

호프 변환 알고리즘은 물체의 위치에 관한 사전지식이 없어도 물체의 경계선을 찾을 수 있고, 분할의 강인한 특성이 있다[5][7].

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (8)$$

이러한 호프변환의 특성을 이용해서 라인의 세그먼트를 찾는다. 호프변환을 거친 차선 후보 직선들은 비슷한 기울기와 절편을 가진 차선후보들을 통합하여 표현하는 과정이 필요하다. 차선후보의 특징을 나타내는 ρ , θ 값들을 이용했으며, ρ 가 같으면서 비슷한 θ 를 가지는 경우와 θ 가 같

으면서 비슷한 ρ 를 가지는 경우에 대해서 하프 임계값을 정하였다. 그리고 교점들의 분포를 조사해서 가장 큰 교점을 먼저 선택하고, 성분 근사화는 에지 영상의 차선성분에 해당하는 크기와 비교하고, 라인의 길이가 10개의 픽셀 이상을 가지는 라인들의 집합에 한했고, 고려된 라인 가운데서 방향성분이 같은, 즉, 같은 각도를 가지는 직선들을 하나의 선으로 나타냄으로써 차선으로 나타낼 수 있었다. 그림 11에 결과를 나타내었다.



(a) 입력영상 (b) H영상 (c) 근사화

그림 11. 차선의 근사화 예

2.8 실험 및 결과

실험영상은 차량의 중앙에 카메라를 설치하고, 고속도로에서 100km/h로 주행하며 획득했으며, 320×320 크기를 입력영상으로 설정했다. 실험을 통하여 고속도로의 곡선부분에서 이전에 나타나지 않았던 차선 경계의 에지를 찾을 수 있었고, 차선도 명확하게 찾을 수 있었다. 그리고 차선은 선형성을 가지며, 거의 직선의 형태로 나타났기 때문에 직선처럼 취급해도 무방했다. 위와 같이 제안된 영상처리 기법은 또한 야간 시나 강우 시 등 비교적 좋지 않은 도로 환경에서도 차선검출에 높은 신뢰성을 보여주었다. 그림 12에 차선검출 결과를 나타내었다.



입력영상 에지 중첩화



근사화 예측필터 평활화

(a) 곡선일때



입력영상 에지 중첩화



예측필터 평활화 근사화

(b) 강우시

[7] L. Guo, O. Chutatape, "Influence of discretization in image space on Hough Transform," *Pattern recognition*, Vol.3 No.4, pp.635-644, 1999.

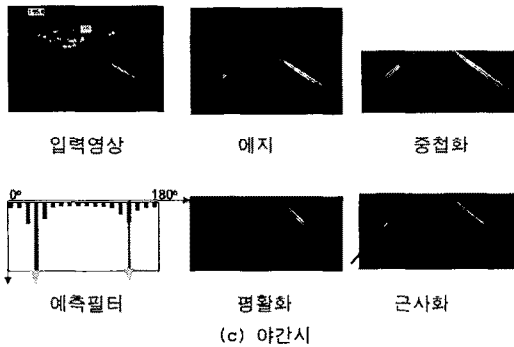


그림 12. 실험 결과

3. 결 론

본 논문은 ASV(advanced safety vehicle) 서비스의 하나인 차선이탈경보 및 방지 시스템에 적용하고, 신뢰성을 기하기 어려운 고속도로의 곡선부분에 대한 강인한 차선검출을 위해 제안하였다. 설정된 영상처리 영역에서 전처리과정을 거친 영상에서, 예측필터를 통하여 차선의 위치를 예측할 수 있었다. 그리고, 현재 영상과 이전영상의 가중치를 통한 영상의 중첩은, 파선으로 도색된 도로의 경우 영상의 도색부분이 나타나지 않을 때에 영상 정보의 량을 증대시켜 도색된 파선도 거의 실선과 같은 차선으로 나타낸다. 그리고 평활화와 호프 변환을 거친 영상은 직선 근사화를 통하여 신뢰성 있는 차선을 검출할 수 있었다. 또한 도로의 차선을 명확하게 구분하기 어려운 경우 시나 야간 시에도 영상의 중첩과 직선의 근사화를 통한 기법은 비교적 명확하게 차선을 검출할 수 있었다. 본 논문이 시스템에 적용을 위해서 연구되었기 때문에 향후 연구과제는 연구된 알고리즘을 차선이탈경보 및 방지시스템에 적용하고, 생산된 제품과 운전자의 신뢰성 회복을 위해 더 많은 연구가 이루어져야 할 것이다.

(참 고 문 헌)

- [1] 이구도, " 지능형 교통시스템(ITS)을 위한 첨단 차량 제어 시스템," *월간 자동 제어계측*, pp.154-160.
- [2] 박재현, " Adaptive hough transform을 통한 차선추출에 관한 연구," *부산대학교 공학석사논문*, 2001
- [3] 도로의 구조. 시설 기준에 관한 규정 해설 및 지침, 건설부 1990.12.
- [4] E. D. Dickmanns and A. Zapp, "Autonomous High Speed Road Vehicle Guidance by Computer Vision", *Proc. IFAC 10th Triennial World Congress*, pp. 221-226, 19875
- [5] C. Gonzalez, R. Woods, *Digital Image Processing*, Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1992.
- [6] U. K. Yi, J. W. Lee, K. R. Back, "Road-Lane Detection Based on a Cumulative Distribution Function of Edge Direction," *Journal of KIEE*, 11(1), 69-77(2001).