

---

# 히스토그램을 이용한 효율적인 차선검출

남기환\* · 배철수\*

## Efficient Lane Detection Using Histogram Based Segmentation

Kee-hwan Nam\* · Cheol-soo Bae\*

### 요 약

본 논문에서는 히스토그램에 기반한 영상분할과 결정트리구조를 이용하여 효율적으로 도로의 차선을 검출하는 알고리즘을 제안하였다. 제안한 시스템은 먼저 차선을 감지하기 위한 방법으로 그레이 레벨을 이용한 히스토그램의 특성을 사용하였고, 감지된 차선은 결정트리에 의해 보다 명확히 분류되어, 도로와 차선과의 관계를 분석할 수 있었다. 또한 시스템은 약 30Hz의 실시간 속도로 작동하면서 차선감지는 물론, 차선의 추적이나 장애물 감지의 효과도 얻을 수 있었다.

### Abstract

A vision system for Intelligent vehicles here. The system exploits the characteristics of the gray level histogram of the road to detect lane markers. Each lane maker is then analyzed using a decision tree, and finally the relations between lane markers are analyzed to create structures defining the lane boundaries. The resulting system also generates images that can be used as preprocessing stages in lane detection, lane tracking or obstacle detection algorithm. The system runs in realtime at rates of about 30Hz.

### 키워드

차선검출, 영상인식, 히스토그램, 결정트리

### 1. 서 론

최근 차량의 수가 급격히 증가하면서 차량과 도로 이용자들의 요구가 날로 증가하는 실정에서, 여러 가지 운전 보조 수단들이 개발되어지고 있다. 특히 주행중인 자동차의 전방에 존재하는 장애물 및 차량의 유무를 판단하고, 거리를 계산하는 것은 지능형 자동차관련의 핵심기술이다. 또한 지능형 자동차 관련분야에서 차선의 위치를 찾는 작업은 다음과 같은 이유에서 중요하다. 첫째 차선은 자동차가 진행하는 방향뿐만 아니라 도로에서 자동차의 위치를 보여준다. 둘째 도로에서 장

애물의 유무를 결정하는 기준이 된다. 이에 따른 차선을 인식하는 연구의 많은 부분은 차선추출, 잡음의 제거와 곡선 도로의 추출에 관하여 연구되고 있다[1][2][3][4][5][6]. 대표적인 차선추출 방법으로 에지 연결정보를 이용한 방법은 성능은 우수하지만, 대부분이 실시간이 아니고 비표준화 된 고비용을 초래하는 프로세싱 플랫폼을 기반으로 한다는 문제점이 있다. 또한 템플릿 기반 방식은 에지정보에 기반한 방식의 실시간, 고비용 문제를 해결할 수는 있지만 프로세싱 시간이 10Hz 이하라는 단점이 있다[7].

본 논문에서는 차선을 인식하는데 필요한 복잡

---

\*관동대학교

성을 줄이고, 효율적인 차선 검출 방법으로 히스토그램과 결정트리를 사용하였다. 먼저 입력영상에서 히스토그램을 이용한 분할을 통해 도로, 차선, 장애물 등으로 분류한다. 이때, 차선의 구분에서 대부분의 차선을 포함하지만 일부 다른 물체(object)를 포함하는 경우도 있다. 따라서 차선 이외의 물체들을 분류하기 위하여 결정 트리를 이용하여 이미지 상에서의 물체들을 효과적으로 분류하였다. 마지막 단계로서 영상에서 차선이라고 생각되는 정보를 그룹화하여 보다 명확히 함으로서 최종적으로 차선을 검출하였다. 제안한 시스템은 30Hz로 작동하고 도로의 측면 정보와 도로 범주의 매개변수에 관한 정보를 산출하여 다른 도로의 감지나 도로 검출 또는 장애물 감지 알고리즘에 이용될 수 있다.

이미지를 계속 스캐닝하면 도로의 변화나 도로이외의 물체를 발견하게 되고 결과적으로 히스토그램 분포도 변하게 된다. 만약 히스토그램의 최고점이 사라진다면 하더라도 이전의 값들을 통해 그 위치를 예측할 수 있다. 다음으로 이전 프레임이나 초기값을 통해 소멸점(vanishing point)을 결정하고 소멸점을 통과할 때까지 처리한다. 또한 차선표시를 인식하기 위해 도로영상에서 히스토그램의 문턱값의 최고값을 가지고 각 구간을 구분한다. 여기까지 알고리즘으로 실행한 FLOPS(floatung point operation)의 개수가 픽셀 당 약 6FLOPS로 이는 대부분의 에지에 기초한 방법이 유사한 결과를 얻기 위해 픽셀 당 약 30~300개의 FLOPS를 요하는 것에 비해 훨씬 적은 것으로 나타났다. 히스토그램 처리 후의 영상을 그림 2에 나타내었다.

## II. 영역 분할

### 2-1. 히스토그램에 기반한 영역분할

히스토그램에 기반한 영역분할은 기본적으로 성장영역(region-growing)을 확대하는 것으로서, 히스토그램을 활용하여 계산상의 절감을 가져올 수 있다. 먼저 도로만이 존재한다는 가정하고, 도로영상을 스캐닝하면 첫 구간에 대한 히스토그램은 그림 1과 같이 단봉형이거나 또는 가우스 분포에 가까울 수도 있다. 다음으로 도로의 명도 분포에 대한 평균값을 구하고, 이 분포의 최대값과 최소값을 산출하여 최대값을 벗어난 값을 차선으로 간주하고, 최소 값 이하 값은 장애물 특히 차량이 도로보다 더 어두운 그림자를 발생시킨다는 사실에 근거하여 물체로 간주한다.

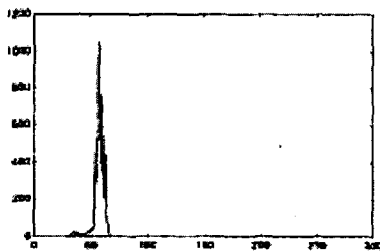


그림 1. 첫 번째 도로영상의 히스토그램  
Fig. 1 Histogram of the first scan lines



그림 2. 히스토그램 처리후의 도로영상  
Fig. 2 Image thresholding and merging

### 2-1. 특징추출

후보영역에서 보다 명확히 차선과 차선이 아닌 물체를 구분하기 위한 특징추출 방법으로 물체의 각 픽셀들이 소멸점과 형성하는 평균 각( $\theta$ ), 중심( $X_0, Y_0$ ), 물체의 크기, 물체의 최대폭( $w_i$ )과 최대값( $y_i$ )이 위치한 y좌표 등의 특징들을 이용하였으며, 이를 그림 3에 나타내었다.

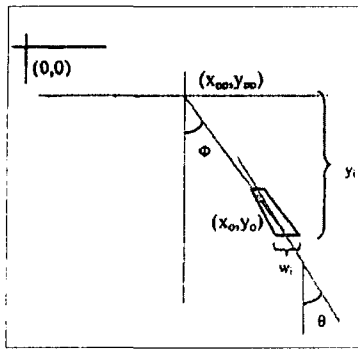


그림 3. 특징 추출  
Fig. 3 Features extract

### III. 분류

#### 3-1. 단일분류

이미지 상의 물체가 차선인가의 여부를 보다 명확하게 판단하기 위한 방법으로 단일 분류와 상대적 분류의 두 가지 단계를 적용하였다. 우선 단일 분류의 방법으로 각 물체의 신뢰 수치를 정하여, 신뢰 수치가 높을 수록(4또는5) 측정 물체가 차선 구분 표시일 가능성이 높은 것으로 보고, 양수(+)는 차선일 가능성이 높다는 것으로 판별하고, 음수(-)는 분류 과정에서 차선 표시가 아닌 것으로 분류한다. 이 같은 분류 작업을 수행하기 위해 이전에 추출된 특징과 함께 결정 트리, 그리고 다음과 같은 특징들을 사용하였다.

-Xpp, Ypp에 대한 물체가 이루는 최대각

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{w_i}{y_i}\right) \quad (1)$$

-기울기( $\Phi$ )에서 소멸점( $\theta$ )을 뺀 값에 대한 절대값

$$\beta = |\Phi - \theta| \quad (2)$$

-가중크기 (크기에 y값에서 소멸점까지의 거리를 역으로 곱한 값)

$$S_w = \frac{S}{y_o - y_{pp}} \quad (3)$$

그림 4에 본 논문에서 사용된 결정트리를 나타내었다. 여기서 오른쪽 가지는 각 상태에 대한 참값(차선)을 나타내고, 왼쪽 가지는 틀린 값(차선이외의 정보)을 나타낸다.

#### 3-2. 상대적분류

상대적 분류의 방법으로 그림 5에서와 같이 차선 물체(Lane object)를 다음과 같이 정의하였다.

- 기준각( $\theta_0$ ):차선이 최초로 발견되어 형성하는 각
- 끝각( $\theta_f$ ):마지막 물체가 형성하는 각
- 크기
- 가중크기:상태플레그의 함수로 가중치를 준 크기의 합위의 각 조건에서 물체의 신뢰수치를 근거로 차선인가의 여부를 판별한다.

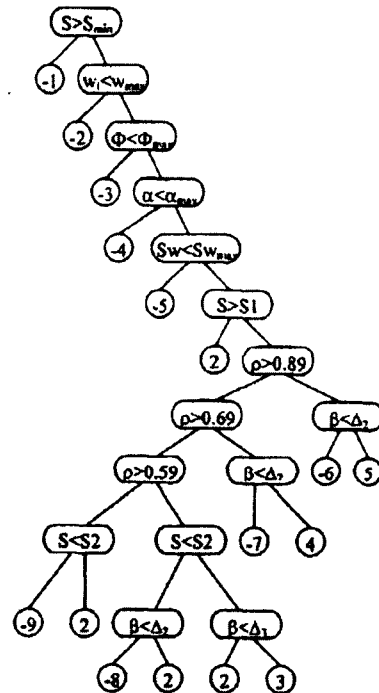


그림 4. 결정 트리  
Fig. 4 Decision tree

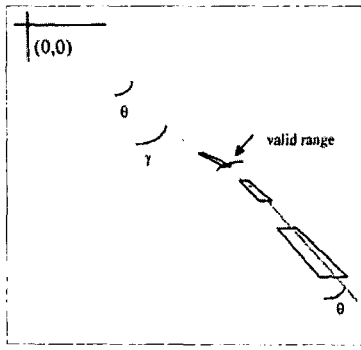


그림 5. 차선의 그룹화  
Fig. 5 Lane grouping

IV. 파라미터 추정

평평하지 않고 곡선인 도로를 포함할 경우에 보다 안정적으로 차선을 검출하기 위한 방법으로 다음과 같은 수식을 적용하였다.

$$x = a_0 + a_1y + a + 2y^2 \tag{4}$$

다음으로 계수를 파악하기 위해 다음의 사항들을 고려한다.

- "차선 물체"의 각 물체의 중심은 (X,Y)값으로 표시된다.
- 가중치는 각 물체의 신뢰수치의 함수이다.
- 신뢰값이 높은 물체(4 or 5)의 경우 물체의 방향 정보(θ)를 활용한다. 이 때 최소자승법 공식에 다음의 공식이 추가된다.

$$\tan(\theta) = a_1 + 2a_2y \tag{5}$$

공식을 구하고 나면 X축 방향으로 공식과 각 지점간의 차이를 구하고 오차가 큰 점을 제거한다. 그 다음 최소자승법을 다시 실시하여 공식의 적합정도를 보기 위해 평균잔차제곱(MSE)을 산출한다. 이 때 MSE가 큰 "물체"는 버리고 MSE가 낮은 노선 물체는 노선 구분 표시로 정하여 MSE와 "차선 물체"의 가중크기에 따라 신뢰수치를 정한다.

V. 실험 결과

실험은 Matrox Meteor 보드에 Intel PentiumIV -2GHz로 구현하였고, 각 데이터 프레임을 처리하는데 20~25ms가 소요되었다. 또한 강릉~현남 간의 고속도로에서 60분 이상의 녹화된 영상을 이용하여 테스트를 실시하였다. 실험결과로서 직선 구간과 완만한 곡선 구간에서 좋은 결과를 보였다. 전체 과정의 계산 비용은 0.5MFLOPS로 이는 7.5FLOPS(floatung point operation)/pixel 로서 추가 처리 없이도 에지에 기반한 방법보다 우수하게 나타났다. 또한 히스토그램을 이용한 차선 검출방법은 차선 감지에 있어서 다음과 같은 이점이 있다. 처리시간이 단축되고 대부분의 구분 표시가 포함된 매우 선명한 이미지를 제공한다.

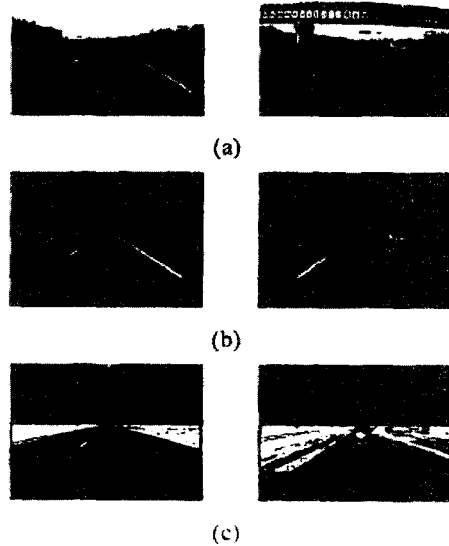


그림 6. 실험영상의 예  
(a) 히스토그램 분할 (b) 차선 후보영역  
(c) 장애물 후보영역

Fig. 6 Sample images  
(a) histogram segmentation (b) lane maker candidates  
(c) obstacle candidates

뿐만 아니라 도로 상의 장애물에 대한 정보와 사전 처리 단계에서 추가 처리비용을 들이지 않고 사용할 수 있는 기타 정보를 제공한다. 또한 밝은

조건에서 특히 차선 구분 표시에 악영향을 주지 않고 많은 변화를 가할 수 있는 장점이 있으며, 차선 검출 및 장애물 검출 결과를 다른 도로나 장애물 감지 알고리즘의 사전패턴으로 사용할 수 있다. 그림 7과 8에 각각 실험에서 획득된 측면 오프셋 값과 각기 다른 조건에서의 차선검출 영상을 나타내었다.

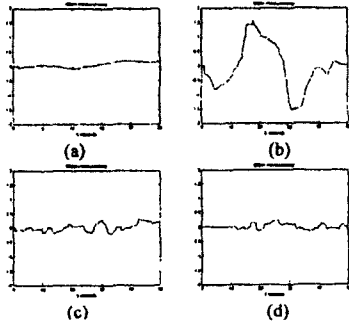


그림 7. 오프셋 측정값  
Fig. 7 Offset measurements



그림 8. 실험 결과  
Fig. 8 Result of the system

## VI. 결론

본 논문에서는 히스토그램에 기반한 영상분할과 결정트리를 이용하여 효율적으로 도로의 차선

을 검출하는 알고리즘을 제안하였다. 제안한 시스템은 먼저 차선을 감지하기 위한 방법으로 그레이 레벨을 이용한 히스토그램의 특성을 사용하였고, 감지된 차선은 결정트리에 의해 보다 명확히 분류되어, 도로와 차선과의 관계를 분석할 수 있었다. 실험결과로서 히스토그램에 기초한 구분 방식은 기존의 많은 방식보다 적은 계산 비용을 요하지만 우수한 결과를 나타내었다. 또한 처리상의 요건 때문에 다른 방법에서 버리는 이미지 상의 특징들을 고려할 수 있도록 하였으며 약간의 변화로 지형 분류나 비도로 향해 등에 활용될 수 있다.

향후 연구과제로는 이전 프레임의 결과를 현재 프레임 결과와 통합할 수 있도록 베이스 파라미터를 적용하여 점선으로 된 차선에서 보다 안정적으로 차선을 검출할 수 있는 방안과 교통 체증이 심한 구간에서의 적용방법, 그리고 장애물 검출시 각 물체를 자세하게 판별할 수 있는 방법 등이 개선되어야 할 것이다.

## VI. 참고 문헌

- [1] 남기환, 배철수, "고정카메라 및 능동카메라를 이용한 이동물체 추적 알고리즘", 한국해양정보통신학회 논문지 2002 제6권 제2호
- [2] Kluge, K. and Lskshmanan, S. "A Deformable Template Approach to Lane Detection", Proceedings of the Intelligent Vehicles '95 Symposium, Detroit, MI, 1995, 54-59.
- [3] Wang, Y., Shen, D. and Theoh, E. "Lane Detection Using Catmull-Rom Spline". Proceedings of the IEEE International Conference on intelligent Vehicles, Stuttgart, Germany, 1998, 54-57.
- [4] Bertozzi, m. and Broggi, A. "GOLD : a Parallel Real-Time Stereo Vision System for Generic Obstacle and Lane Detection", IEEE Transactions on Image Processing, Vol 7, No.1, January 1998, 62-81.
- [5] Paetzold, F. And Franke, U. "Road Recognition in Urban Environment". Proceedings IEEE International Conference on Intelligent Vehicles, Stuttgart, Germany, 1998, 87-91.

- [6] Kreucher, C., Lakshmanan, S., and Kluge, K. "A Driver Warning System Based on the LIIS Lane Detection Algorithm". Proceedings IEEE International Conference on Intelligent Vehicles, Stuttgart, Germany, 1998, 17-22.
- [7] Risack, C., Klausmann, P., Kruger, W., and Enkelman, W. "Robust Lane Recognition Embedded in a Real-time Driver Assistant system". Proceeding of IEEE International Conference on Intelligent Vehicles, Stuttgart, Germany, 1998, 35-45.

저자 소개



**남기환(Kee-Hwan Nam)**

1995. 2 관동대학교 전자통신 공학과 졸업 (공학사)

2000. 2 관동대학교 대학원 전자통신 공학과 졸업 (공학석사)

2001.3~ 현재 관동대학교 대학원 전자통신공학과 박사과정 재학중

※ 관심분야 : 영상처리, 신호처리시스템, 영상압축



**배철수(Cheol-Soo Bae)**

1979. 2 명지대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1981. 2 명지대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학석사)

1988. 8 명지대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학박사)

1981. 3~현재 관동대학교 전자정보통신공학부 정교수

1998. 8~2001. 2 관동대학교 창업보육센터 소장

1999. 3~2001. 5. 관동대학교 공과대학 학장

2001. 6~2003. 5. 관동대학교 평생교육원장

1989. 11~현재 한국통신학회 강원 지부장

2002. 3~현재 (사)한국공학교육인증원 평가위원

2003. 1~현재 한국통신학회 국내저널 편집 부위원장

2003. 1~현재 대한전자공학회 이사

※ 관심분야 : 디지털신호처리, 영상처리, 신경회로망