

## 칼만필터를 이용한 보도 라인검출 기법

김진석<sup>○</sup>, 원선희<sup>\*\*</sup>, 김계영<sup>\*</sup>

<sup>○\*</sup> 숭실대학교 컴퓨터학과

<sup>\*\*</sup> 숭실대학교 미디어학과

e-mail: {lomeop, nifty12, gykim11}@ssu.ac.kr

## The Method of Pavement Line Detection using Kalman Filter

Jin-Suk Kim<sup>○</sup>, Sun-Hee Weon<sup>\*\*</sup>, Gye-Young Kim<sup>\*</sup>

<sup>○\*</sup> Dept. of Computer, Soongsil University

<sup>\*\*</sup> Dept. of Media, Soongsil University

### ● 요 약 ●

본 논문은 시각 장애인 및 보도 보행에 어려움을 갖는 사람들에게 안전한 보도 보행을 돕기 위한 보도 및 차도 영역 추출을 위해 보도 및 차도의 라인검출 기법을 제안한다. 사람의 눈높이에서 영상을 취득, 자연영상에서 입력된 잡음 및 노이즈를 제거하고, 캐니 에지 맵 추출, 허프 변환을 통해 보도/차도 의 라인을 추출한다. 추출된 라인은 본 논문에서 제안한 방법으로 유효라인을 얻게 되며, 얻어진 유효 라인의 교점을 통해 소실점 영역을 생성, 이후 추출되는 라인의 기준이 된다. 제안된 방법은 자연영상의 보도 위치에서 보도와 차도의 올바른 라인을 추출하는데 강인함을 실험을 통해 검증하였다.

키워드: 보도 라인 검출(Pavement Line Detection), 허프 변환(Hough Transform), 소실점(Vanishing point), 칼만 필터(Kalman Filter)

## I. 서론

영상처리 시스템의 발전과 텔레메틱스 기술의 발달로 인해, 차량에서 차량 보조 시스템의 개발이 날로 증가하고 있다. 주행 중인 차량에서 차도의 영상을 얻고, 전방의 차량 검출[1,2] 및 차도의 차선 검출[3], B-Snake를 사용한 차선 추적[4] 등의 연구가 활발히 진행되고 있다. 그와 반하여 복잡한 도심환경 및 불규칙한 보도 환경에서의 보도 보행 보조 시스템은 전혀 개발되어지지 않고 있는 실정이다. 현재 개발 및 상용화된 주행 보조 시스템으로는 GPS정보를 이용한 네비게이션의 종류에 불과하고, 길과 방향을 음성으로 안내하고 있다.

일반인에 비해 시각 장애를 겪는 사람들은 보도 주행에 있어 많은 어려움을 겪고 있다. 도심권의 많은 보도에는 유도 블록이 설치되어 있어 시각 장애를 겪는 사람들에게 도움을 주고 있지만, 그렇지 못한 보도 또한 많은 것이 사실이다. 또한 보도에는 보행에 방해가 될 수 있는 시설 및 물품들이 있을 수 있어 보행에 어려움을 준다.

본 논문은 시각 장애를 겪는 사람 및 주행 로봇에서 사용 할 수 있는 보도 및 차도 의 라인을 검출하기 위해 수행하는 전처리 과정과 허프 변환[7] 및 칼만 필터[8]를 이용하여 보도 및 차도의 외곽 라인을 추출하고, 추출된 라인중 보도 및 차도 에 해당하는 유효라인 검출하는 기법을 제시한다.

## II. 허프 변환을 이용한 라인검출

### 1. 전처리

주행 중인 차도에서 얻은 영상에 비해 보행 중인 보도에서 얻은 영상은 주변 건물 및 물체에 의해 노이즈가 많이 포함된다. 반사광, 그림자 등의 노이즈는 이후 라인을 추출하는데 있어 불필요한 라인 및 잘못된 라인을 추출하게 된다. 보다 많은 정보를 추출하기 위해 두 개의 카메라로부터 320\*240 영상 2개를 붙여 640\*240 영상을 처리한다. 보도 부분의 라인정보가 없는 영상의 상단을 제거하도록 한다. 제거 범위는 사람의 시각을 기준으로 보도 및 차도의 소실점이 위치할 수 있는 영역을 구하며, 보행 중 흔들림을 감안하여 영상의 높이 에서 상단 40%를 제거한다. 또한 작은 노이즈를 제거하기 위해 가우시안 필터를 사용한다.

### 2. 에지 맵 검출

전처리를 통해 보정된 영상은 캐니 에지 검출기[5,6]를 이용하여 에지 맵을 생성한다. 에지 맵은 조명 및 조도에 강건한 에지 맵을 얻기 위하여 영상의 RGB 채널별 검출 후 논리합(OR)연산을 하게 된다. 추출된 에지 맵 은 자연환경에 의해 많은 잡음을 포함하고 있어 잡음을 제거하고 연속된 라인을 강건하게 하기 위해 닫힘(Cloisng) 연산을 수행한다. 또한 사람의 시각을 기준으로 보도 및 차도의 소실점이 위치할 수 있는 영역을 구하며, 보행 중

흔들림을 감인하여 보도의 라인 정보가 존재하지 않는 영상의 상단 40%를 제거한다. 그 외 노이즈를 제거하기 위해 가우시안 필터를 사용한다. 그림1은 개선된 에지 맵을 보여준다.

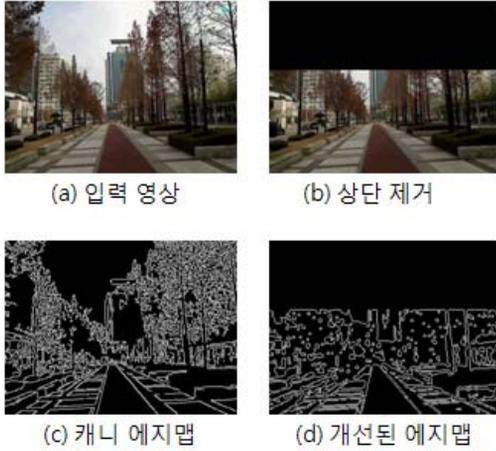


그림 1. 개선된 에지 맵  
Fig. 1. Improved Edge Map

### 3. 라인 검출

#### 3.1 허프 라인 검출

전처리 과정을 통해 개선된 에지 맵을 식(1) 허프 변환 수식을 사용하여 라인을 추출하게 된다. 허프 변환을 통해 추출된 라인은 보도 및 차도의 외곽 라인에 해당하는 유효 라인 뿐 아니라 노이즈 및 주위 시설 등에 의해 매우 다양하고 많은 라인이 검출된다.

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

어떤 점을 지나는 직선은 식(1)로 표시할 수 있으며 공간좌표상의  $x, y$  픽셀 정보를 이용하여 극좌표상의  $\theta, r$  을 구할 수 있게 된다. 극좌표상의 동일한 좌표를 가리키고 있는 픽셀은 공간좌표상의 라인이 된다.

#### 3.2 노이즈로 인한 라인 제거

보행을 할 경우 보도를 진행함에 따라 보도의 유효한 라인은 수평 보다 수직에 가까운 성향을 보인다. 그로인해 보도의 라인이라 판단할 수 있는 라인의 최소 내각을 실험을 통해 20°로 정하고, 추출된 라인의 내각이 20° 이하인 라인은 식(2)을 사용하여 제거하게 된다. 식(2)에서  $l_x, l_y$  는 추출된 라인의 좌표를 나타내고,  $Angle$  는 라인의 내각을 나타낸다. 이후 내각이 20° 이상인 라인의 정보는  $validLine$  에 저장한다.

평행한 보도 및 차도의 경우 원근법에 의하여 영상의 일정 부분에서 보도 및 차도의 두 외곽 라인은 교차하게 된다. 본 논문에서는 이러한 점을 1)소실점 이라 표현한다. 동일한 보도 및 차도는 일정한 위치에 소실점이 존재하게 되며, 소실점이 존재하는 일정

영역에 교점이 없는 라인을 제거하면 노이즈 및 기타 환경에 의해 생성된 라인은 제거된다. 그림 2는 추출된 허프 라인에서 보도 및 차도와 관련이 없는 불필요한 라인을 제거한 모습을 볼 수 있다.

$$Angle = \arctan\left(\sum_{i=0}^n (ly_{0n} - ly_{1n}) / (lx_{0n} - lx_{1n})\right) * 57.174$$

$$\begin{cases} |Angle| > 20 & validLine = (lx_0, ly_0, lx_1, ly_1) \\ else & \phi \end{cases} \quad (2)$$

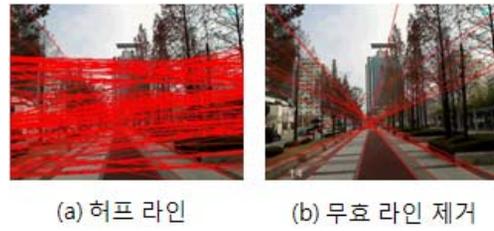


그림 2. 개선된 라인  
Fig. 2. Improved Line

노이즈 및 기타 조건에 의해 추출된 라인이 제거 되었음에도 그림 2의 (b)와 같이 보도와 관련이 없는 라인이 남아있게 된다. 유사하지만 유효하지 않은 라인을 제거하기 위해 소실점의 영역을 지정하고, 그 영역을 지나지 않는 라인은 제거를 하게 된다. 각 소실점은 인접한 주위의 소실점을 참고하여 가중치를 부여받고 새로운 하나의 소실점을 구하게 된다. 생성된 하나의 소실점 영역에 소실점을 갖는 라인을 유효한 라인으로 판단한다. 또한 동일한 정보를 갖는 라인이 여러 개 생성되기도 한다. 이와 같은 라인을 제거하기 위해 동일한 정보를 갖는 평행한 라인을 제거한다. 인접한 두 라인의 내각을 식(2)를 통해  $Angle$ 을 계산하고, 식(3)을 통하여 동일한 정보를 갖는 라인을 제거 한다. 제거되는 라인은 라인의 시작 위치의 차가 10 픽셀 이하인 라인 중 내각이 5° 이하의 라인을 평행인 라인으로 보고, 보도의 중앙을 기준으로 바깥에 있는 라인을 우선으로 제거한다. 그림3은 보도 영역에서 추출된 최적의 라인이며 중앙의 유효 소실점 추출 영역을 볼 수 있다.

$$\sum_{i=0}^{n-1} \begin{cases} |Angle_i - Angle_{i+1}| < 5 \\ |lx_i - lx_{i+1}| < 10 \\ else \end{cases} \begin{cases} Remove\ the\ outer\ Lines \\ \phi \end{cases} \quad (3)$$



그림 3. 보도 영역의 라인 추출  
Fig. 3. Pavement area Extracting Line

1) 소실점 : 보도 및 차도의 평행한 두 라인이 만나는 지점

### 3.3 칼만 필터를 이용한 소실점 영역 추정

첫 프레임에서 추출된 소실점의 위치부터 Kalman Gain 을 계산할 때까지 약 15프레임 은 매 프레임 소실점을 모든 라인의 교점을 통해 추출하게 된다. Kalman Gain 을 구한 뒤 소실점 영역을 추정하게 되면, 이후 프레임에서 라인을 추출할 때 추정된 소실점 영역을 통과하는 라인만 추출한다.

그림 4는 초기 Kalman Gain 을 구하기 위해 라인들의 교점으로 만들어진 소실점 영역의 좌표를 매 프레임 추출하여 좌표를 획득한다. 녹색 박스가 현재 구해진 소실점 영역이 되며, 붉은점과 노란점은 현재 프레임에서 추정된 소실점 영역의 좌표와 이전 프레임에서 추정된 소실점 영역의 좌표가 된다.

그림 4의 (d)T 시점 이후, 추정된 소실점 영역이 다음 프레임에서 라인 추출 후 유효 라인 추출 시 유효 범위가 된다.

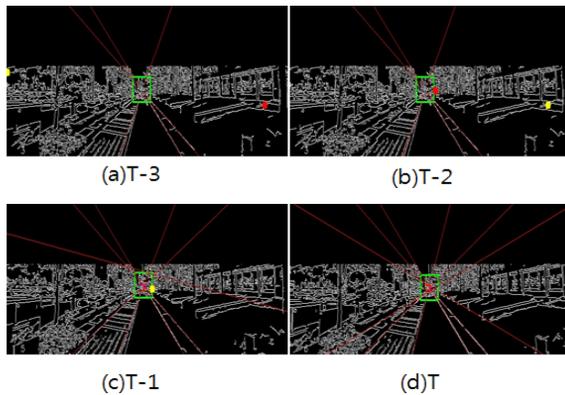


그림 4. 시간에 따른 칼만 추정치  
Fig. 4. Kalman estimate of the time

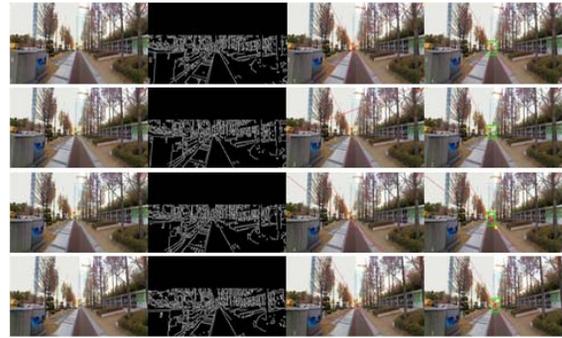
### III. 결론 및 향후 연구방향

본 논문은 사람의 시각 위치에서 얻어진 영상에서 보도 및 차도를 찾고, 보행자가 보도로 안전하게 보행을 할 수 있도록 보행 유도를 하기 위해 연구되었다. 입력되는 영상정보를 통해 보도 및 차도의 외곽 라인을 추출하게 되고, 추출된 라인의 소실점을 추출하여 소실점이 존재 할 수 있는 후보 영역을 생성하게 된다. 후보 영역에 소실점이 존재하는 라인들을 결합하여 보도 및 차도의 영역을 추출하게 된다. 추출된 영역은 학습 및 인식단계를 거쳐 분류됨으로 보행자가 안전한 영역에 존재하는지를 파악할 수 있고, 지속적으로 안전한 영역으로 보행을 할 수 있도록 유도를 할 수 있게 된다. 기존 차도의 영역을 추출하여 차량의 주행을 보조하는 주행보조 시스템에 비해 보도는 많은 노이즈와 잡음, 주위 환경에 의한 일정하지 않은 보도의 특징을 갖으며, 라인을 추출하는데 있어 많은 제약 조건을 갖게 된다.

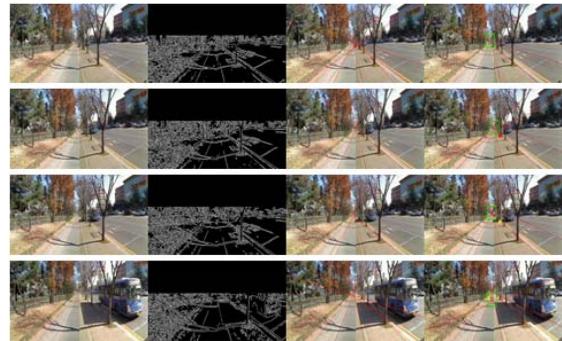
그림 5는 제안된 알고리즘의 실험 영상으로 라인 추출 및 소멸점 영역의 갱신과 유효라인 추출 결과를 보여주고 있다. (a),(b),(c)는 각각 다른 장소와 다른 시간에 촬영한 영상이며, 연속되는 영상에 따라 검출되는 영역은 보도 및 차도의 경계를 나타낸다. 프레임

단위로 영상을 읽어드려 개선된 유효라인을 추출한다. 그림 5는 연속되는 동일한 영상의 프레임 3장으로부터 보도 및 차도의 라인을 추출한 것이다.

제안된 알고리즘은 Intel(r) Core2 Duo (3GHz), RAM 2G 의 컴퓨터 환경에서 에서 640x240 사이즈의 영상을 초당 15프레임 이상의 처리하며, 실시간 처리에 좋은 성능을 보여준다.



(a) 복합보도(낮)



(b) 일반보도(낮)

그림 5. 실험결과

Fig. 5. Experimental results

그림 5와 같이 초기 3~4초가량, 10~20 프레임 가량 Kalman Gain 을 구하기 위해 소멸점 영역의 좌표를 잡지 못한다. 하지만 그 후 소멸점 영역을 완벽히 추정하여 이후 라인을 추출하는데 있어 많은 속도 향상을 이루었다.

향후 연구로는 보행자의 걸음걸이에 따라 흔들리는 영상에 대한 보상이 필요하며, 소실점이 나타나는 후보 영역 설정을 상황과 제약조건이 없이도 추출 할 수 있는 알고리즘의 연구가 필요하다. 또한 제약조건 없이 보도 및 차도의 위치에 따라 유효한 라인을 판단할 수 있는 알고리즘의 연구가 필요하다.

### 참고문헌

- [1] Z. Sun, "On-Road Vehicle Detection Using Evolutionary Gabor Filter Optimization", IEEE Transactions on Intelligent Transportation System, Vol. 6, No. 2,

- pp.125-137, 2005.
- [2] Jaehyung Yu, "A Scheme of Extracting Forward Vehicle Area Using the Acquired Lane and Road Area Information" *Journal of Korea Intelligent Information Systems Society*, Vol. 18, No. 6, pp.797-807, 2008.
- [3] H. Y. Cheng, "Lane Detection With Moving Vehicles in the Traffic Scenes", *IEEE Transactions on Intelligent Transportation System*, Vol. 7, No. 4, pp.571-582, 2006.
- [4] Y. Wang, E. Teoh, and D. Shen, "Lane Detection and tracking using B-snake." *Image Vis. Computing.*, Vol.22. No. 4, pp.269-280, 2004.
- [5] Lijun Ding, Ardeshir Goshtasby "On the Canny edge detectio" *Pattern Recognition* Vol.34, pp. 721-725, 2001
- [6] J. Canny, A computational approach to edge detection, *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* 8 (6) (1986)679-698.
- [7] Rong-Chin Lo, Wen-Hsiang Tsai "Gray-scale hough transform for thick line detection in gray-scale images" *Pattern Recognition*, Vol. 28, No. 5, pp. 647-661, 1995
- [8] Greg Welch, Gary Bishop "An Introduction to the Kalman Filter" *Department of Computer Science*, Monday, July 24, 2006
- [9] Kalman60, Kalman, R.E. 1960. "A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems" *Transaction of the ASME-Journal of Basic Engineering*, pp. 35-45(March 1960).
- [10] Jin-Suk Kim, Sun-Hee Weon, Gye-Young Kim, "The Method of Pavement Line Detection using hough-transform" *Proceedings of the Korean Society of Computer Information Conference*, vol. 18, no.2, pp.121~124, 2010.