

논문 2014-51-1-15

차선 인식을 위한 적응적 도로 관심영역 결정 알고리즘

(An Adaptive Road ROI Determination Algorithm for Lane Detection)

이 찬 호*, 정 대 균*

(Chanho Lee[©] and Dajun Ding)

요 약

운전자 보조 시스템에서 도로 상태 정보는 안전한 운전을 위한 중요한 정보를 제공한다. 자동차에서의 입력 영상은 일반적으로 불필요한 영역도 포함하므로 도로 상태를 파악을 위한 관심영역(ROI)을 결정하고 나머지 영역을 제거한 뒤 관심영역만 남겨 두면 연산 시간을 줄일 수 있다. 본 논문에서는 도로를 나타내는 특징적인 선분과 이로부터 얻어지는 소멸점을 이용하여 도로 영역을 찾는 영상기반의 도로 관심영역 결정 알고리즘을 제안한다. 선분들은 Canny 가장자리 탐지법과 허프 변환을 이용하여 찾고 소멸점은 칼만 필터를 이용하여 추적함으로써 잡음의 영향에 의한 오동작을 방지한다. 초기화 과정을 거치면 도로 관심영역을 매 프레임마다 정확히 결정할 수 있다. 제안한 방식은 C++와 OpenCV 라이브러리를 이용하여 SW로 구현하였으며 다양한 블랙박스 영상으로부터 도로 관심영역을 얻는데 성공하였다. 실험 결과 제안한 알고리즘은 잡음에 강하다는 것을 확인하였다.

Abstract

Road conditions can provide important information for driving safety in driving assistance systems. The input images usually include unnecessary information and they need to be analyzed only in a region of interest (ROI) to reduce the amount of computation. In this paper, a vision-based road ROI determination algorithm is proposed to detect the road region using the positional information of a vanishing point and line segments. The line segments are detected using Canny's edge detection and Hough transform. The vanishing point is traced by a Kalman filter to reduce the false detection due to noises. The road ROI can be determined automatically and adaptively in every frame after initialization. The proposed method is implemented using C++ and the OpenCV library, and the road ROIs are obtained from various video images of black boxes. The results show that the proposed algorithm is robust.

Keywords : ROI, vanishing point, Road detection, Lane detection, Kalman filter

I. 서 론

운전자 보조 시스템은 운전자의 상태를 관찰하여 줄음운전이나 전방주시 태만이나 차선 이탈에 대해 경고

하고 도로의 다른 차량이나 방해물, 교통 표지판 등을 인식하여 주행이나 주차 등에 필요한 정보를 제공하거나 운전 보조 동작을 한다.^[1] 그러한 시스템은 대체로 영상 기반으로 작동하므로 불필요한 영역의 정보를 제거하여 연산 시간을 줄이기 위해 관심영역(ROI)을 설정한다.^[2] 운전자의 상태 관찰을 위해서는 운전자 얼굴 영역만 필요하고 차량의 주행 방향이나 위치를 파악하여 차선 이탈을 경고하기 위해서는 도로의 차선 영역만 필요하다. 차선 정보는 주행하는 차선 상에 다른 차량이나 정지된 물체가 있을 경우 이를 피하기 위한 정보 제공에도 필요하다.

* 정회원, 숭실대학교 정보통신전자공학부
(School of Electronic Engr., Soongsil University)

© Corresponding Author (E-mail: chlee@ssu.ac.kr)

※ This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MOE) (NRF 2010-0021225). The EDA tools were supported by IDEC.

접수일자: 2013년8월4일, 수정완료일: 2013년12월20일

도로에서 복잡한 주변 환경은 차선인식에서 잡음으

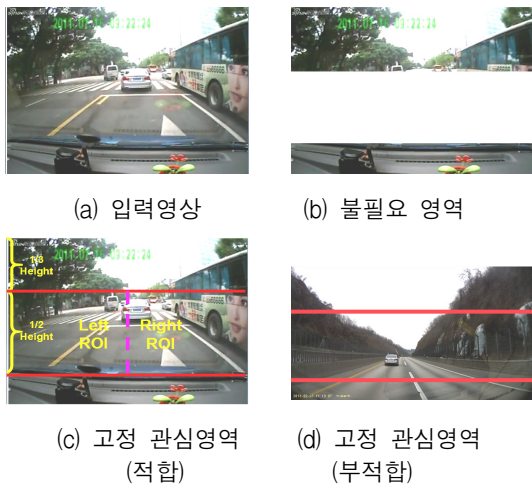


그림 1. 고정 관심영역 설정 결과 예제
Fig. 1. Examples of assumptive fixed ROI determination.

로 작용하므로 관심 영역의 결정은 차선 인식에서 매우 중요하다. 입력 영상을 처리하기 전에 관심영역을 분리하면 연산 시간을 줄이면서 인식 성능도 높일 수 있다.^[3] 그림 1(a)와 입력 영상에서 그림 1(b)는 관심영역을 제외한 영역으로 차량의 내부나 건물, 나무 등으로 구성되어 도로에 관련된 정보를 전혀 제공하지 않음을 알 수 있다. 따라서 이러한 영역이 포함되면 연산 시간이 늘어날 뿐 아니라 잡음으로 작용하여 연산 결과의 정확성도 떨어뜨린다.

관심영역을 찾을 때 그 위치를 고정하여 사용하는 방식은 별도의 연산 과정이 필요하지 않고 간단하여 널리 사용된다.^[3~5] 즉 차량의 카메라가 일반적으로 앞 유리창의 가운데 윗부분에 고정되어 설치되어 있는 것을 이용하여 그림 1(c)와 같이 입력 영상의 일정한 영역을 고정적으로 정하는 방식으로 항상 위 1/3과 아래 1/6 영역을 제거하여 그림에서와 같이 가운데 아래 부분의 영역이 남는다.^[3] 그러나, 이 방식은 카메라의 설치 위치와 각도가 달라지거나 도로 환경이 달라지면 그림 1(d)와 같이 잘못된 결과를 얻을 수 있다. 한편, 기존의 고정 관심영역 방식에서는 연산을 간단하게 하도록 일반적으로 영상의 아래 부분에서 시작하여 관심영역을 설정한다.^[3] 그러나 영상의 아래 부분에는 카메라 설치 각도에 따라 차량의 내부가 나타날 수 있다. 따라서 고정식 관심영역 방식에서는 카메라 설치후 초기 조정 과정이 필요하다. 이러한 초기 조정을 거처도 오르막이나 내리막길에서는 관심영역의 크기와 위치가 변할 수 있

어 관심영역 설정이 달라질 수 있다. 또한 직사각형이 아닌 다각형 모양의 관심영역을 설정하기도 하는데 도로 모양과 잘 맞으면 잡음을 줄이는 효과가 있지만 도로 환경에 따라 맞지 않을 가능성이 더 크다는 문제가 있다.^[5]

카메라의 설정 초기화 문제와 ROI의 위치와 크기가 주행중 변하는 문제를 해결하기 위해 적응적 관심영역 탐지 방식이 연구되었다.^[6~10] 이전의 적응적 관심영역 탐지 방식에서는 소멸점(vanishing point) 방식이 많이 이용되었다. 소멸점은 차선 경계선 또는 차선과 평행한 물체에서 얻은 선분들을 연장하여 이들이 만나는 교차점으로 결정된다. 즉 운전자 또는 카메라 입장에서 차선에 평행한 선분들은 한 점에서 만나게 되고 이점이 소멸점이 된다. 그러나 입력 화면에 보이는 영상에서 얻은 선분들이 모두 차선에 평행하지는 않으므로 이러한 잡음 성분들은 여러 개의 교차점을 만들고 이들 중 차선에 의한 소멸점을 찾아야 한다.

소멸점 탐지를 위해 여러가지 방식이 발표되었는데 고전적인 보팅(voting) 방식^[6~7]과 광역 텍스처 분석 방식^[8~10] 등이 있다. 보팅 방식은 가장 직관적인 것으로 그림 2(a)에 나타난 바와 같이 선분의 연장선의 교차점을 모두 계산하여 가장 많은 선이 만나는 픽셀을 교차점으로 정하는 것이다. 이 방식은 계산이 단순한 반면 잡음에 영향을 많이 받아 차선이 분명하게 나타나고 잡음 성분이 적은 영상에 대해 적용하였고 잡음에 영향을 많이 받는 영상에 대해서는 소멸점을 잘 찾지 못하는 단점이 있다. 한편, 광역 텍스처 분석 방식은 그림 2(b)에서와 같이 모든 픽셀에 대해 텍스처 방향을 분석하여 보팅 방식을 통해 소멸점을 구한다. 그리고 최종적으로 가버(Garbor) 또는 LOG (Laplacian of Gaussian) 필터 등을 이용하여 도로의 경계선을 찾는다. 이 방법은 차선 경계선이 없거나 비포장된 도로에서도 적용 가능하나 연산 시간이 너무 오래 소요되는 단점이 있다.

본 논문에서는 기존 방식의 문제점을 해결하면서 실시간 동작이 가능한 관심영역 결정 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 차량의 카메라에서 입력되는 영상을 좌우로 나누어 각 영역의 선분의 연장선이 만나는 교차점들을 분석하여 그들의 응집 정도에 따라 유효 영역을 정하고 소멸점을 결정한다. 또한 각 프레임 소멸점은 칼만(Kalman) 필터를 이용하여 위치를 추적하여 잡음 성분에 의해 소멸점이 갑자기 이동하는

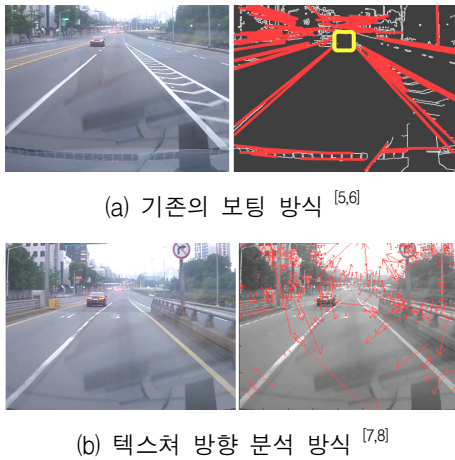


그림 2. 소멸점을 이용한 관심영역 탐지 방식
Fig. 2. ROI detection methods using vanishing points.

경우 이를 배제하는 방법을 통해 관심영역 탐지 비율을 거의 100%로 끌어 올렸다. 또한 차량의 내부는 차선에 평행한 선분의 밀도 분포를 이용하여 탐지하고 제거한다. 제안한 알고리즘은 C++와 OpenCV 라이브러리를 이용하여 구현하였고 다양한 영상에 대해 적용하여 동작을 확인하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 관심영역을 탐지하기 위한 요소 수집 방법을 설명하고 III장에서는 이를 기반으로 관심영역을 적응적으로 탐지하는 방법을 설명한다. IV장에서는 제안한 알고리즘을 기반으로 구현한 소프트웨어를 이용하여 다양한 환경에서의 도로 영상에 대해 관심영역을 탐지한 결과를 분석하였고 V장에서 결론을 기술한다.

II. 관심영역 요소 수집

제안하는 알고리즘의 목적은 입력 영상에서 도로 표면이 포함된 영역을 찾아 직사각형 형태의 관심영역을 적응적으로 결정하는 것이다. 도로의 주된 텍스처는 일관성이 있으므로 도로 표면의 모든 픽셀 대신에 몇 가지 특징을 이용하여 도로 표면을 기술할 수 있다. 도로 표면의 특징에는 차선 경계선, 아스팔트 자갈, 도로 경계와 다른 차량 등이 포함된다. 이러한 특징들은 일관된 특성을 가지고 선분의 집합으로 변환시킬 수 있다. 도로 표면에 있지 않은 선분은 도로 표면의 선분과 비슷한 특성을 가지고 있어도 본 알고리즘에서는 잡음으로 작용한다. 관심영역 요소는 다음의 과정을 차례로 거쳐 수집한다.

1. 가장자리 선분 추출

제안하는 알고리즘은 색상 정보에 영향을 받지 않으므로 픽셀 데이터의 크기를 줄이기 위해 입력 영상을 무채색으로 변환시킨다. 변환된 영상에서 선분 추출 방식중 가장 좋은 방식의 하나로 알려져 있고 한 픽셀 단위로 선분을 추출할 수 있는 캐니(Canny) 가장자리 탐지법으로 적절한 가장자리 선분을 추출한다.^[11] 그림 3(a)에서 이렇게 추출된 선분은 그림 3(b)에 나타난 것처럼 너무 많아 다루기가 어렵다. 따라서 발견된 선분들의 길이를 계산하여 그 길이가 50 픽셀 이상인 것만 남기고 나머지는 제거한다. 그 길이의 기준은 실험적으로 얻은 것으로 환경에 따라 조절할 수 있다. 그림 3(c)는 작은 선분들을 제거한 결과이다.



그림 3. 소멸점 탐지를 위한 직선 수집 과정
Fig. 3. Line segment collection for detecting vanishing point.

2. 유효한 직선 선분 추출

자잘한 가장자리 선분을 제거했지만 여전히 많은 잡음 성분이 존재한다. 이 중에서 직선이 아닌 성분을 제거하기 위해 입력 영상에서 허프(Hough) 변환을 이용하여 가장자리 픽셀들을 직선으로 근사시켜 직선이 아닌 성분을 제거함으로써 추가적으로 잡음 성분을 제거할 수 있다.^[1~3] 차선 경계선은 다음과 같은 식(1)을 통

해 얻을 수 있다.

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

여기서 x, y 는 픽셀의 좌표이고 θ 와 ρ 는 픽셀들을 일직선으로 근사시키기 위해 정해지는 값이다. 본 논문에서는 짧은 선분에 의한 잡음의 영향을 억제하기 위해 PPHT(Progressive Probability Hough Transform)를 사용하였다.^[12] 수직 픽셀 크기가 240인 영상에 대해 유효한 직선의 크기를 20 픽셀로 정하여 영상 좌표계에서 길이가 20 픽셀보다 작은 직선은 제거하였다. 또한 잡음을 추가로 제거하기 위해 PPTH에서 세 번째 파라미터로서 하나의 직선으로 취급하기 위한 선분 사이의 최대 간격을 2로 감소시켰다. 이를 통해 연결되지 않은 작은 선분이 모여 하나의 직선이 되는 것을 억제하고 처음부터 하나의 선분이었던 성분이 직선이 되도록 하였다.

그림 3(d)에 나타난 바와 같이 허프 변환이후 직선이 아닌 성분을 정리하면 많은 잡음을 제거할 수 있다. 입력 영상의 차선 경계선이나 차선에 평행한 다른 선들이 선명할 경우에는 이 방법을 통해 잡음 성분을 상당 부분 제거하고 유효한 직선만 남길 수 있다. 그러나 입력 영상에서 이러한 직선들이 선명하지 않을 경우에는 정상적인 선분도 제거될 우려가 있으므로 상황에 따라 파라미터 값을 탄력적으로 적용할 필요가 있다. 즉 검출된 가장자리 선분의 수와 종류에 따라 파라미터 값을 감소시키거나 증가시켜 잡음 성분을 최대한 제거하도록 한다.

3. 기울기 필터 적용

허프 변환을 통해 직선이 아닌 성분을 제거하여 잡음을 제거하면 일정한 길이 이상을 갖는 분명한 직선들만 남게 되지만 이들이 모두 도로의 방향에 평행한 성분은 아니다. 따라서 도로와 관계없는 성분을 제거하기 위해 입력 영상을 반으로 나누어 오른쪽과 왼쪽에 대해 일정한 기울기를 갖는 선분만 남기고 모두 제거하는 기울기 필터를 이용한다.^[7] 차선 경계선과 이에 평행한 선분들은 소멸점을 지나는 수직축을 중심으로 서로 대칭이고 일정한 기울기 범위 내에 존재한다는 사실을 이용하는 것이다. 이때 기울기의 범위를 좁게 잡으면 더 많은 잡음 성분을 제거할 수 있으나 차선 경계선 등 참조 데이터가 충분하지 않은 경우에는 소멸점을 얻기 어렵다.

반대로 기울기의 범위를 넓게 잡으면 소멸점을 향하는 선분을 더 많이 포함시키는 대신 잡음 또한 많이 살아 남는다. 그림 3(e)는 기울기 필터를 적용한 결과로 왼쪽 영역은 기울기의 각도 범위(SL)를 20°에서 80° 사이로 정했고 오른쪽은 영역은 기울기 각도 범위(SR)을 100°에서 160°로 정하였다.

4. 교차점 수집

직선 성분에 대한 정보를 수집한 뒤에는 왼쪽과 오른쪽 영역의 직선을 이용하여 교차점(IP)을 계산한다. 즉, 왼쪽 영역과 오른쪽 영역에서 하나씩 선분을 선택하여 교차점의 좌표를 구한다. 모든 직선에 대해 교차점 좌표를 구한 뒤 그들의 평균값과 분산을 계산한 결과가 그림 3(f)에 나타나 있다. 오른쪽과 왼쪽 영역의 직선의 교점이 가운데 큰 원의 내부와 원주 부근에 위치하고 있다. 원의 중심이 평균값이고 반지름은 x, y 좌표의 분산으로부터 계산된다. 당연히 분산 값이 작을수록 교차점이 평균값을 중심으로 모여 있다는 것이고 분산 값이 크면 교차점들이 여기저기 흩어져 있다는 의미이다. 이러한 판단 기준이 일반적으로 맞기는 하지만 절대적인 것은 아니다. 예를 들어, 오른쪽 영역에는 소멸점으로 향하는 정상적인 직선이 있고 왼쪽 영역에는 제거되지

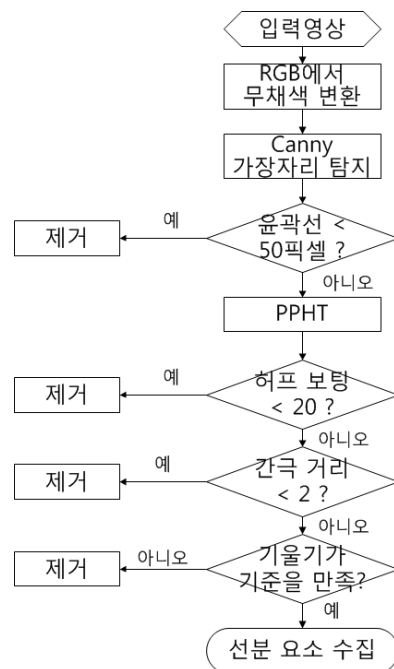


그림 4. 관심영역 요소 수집 과정 순서도
Fig. 4. Flowchart of ROI elements collection.

얇은 잡음 성분의 직선이 있는 경우 교차점이 하나이므로 분산 값은 0이지만 그 교차점이 소멸점은 아니다. 그러나 대체로 분산 값이 작을수록 잡음 성분이 적고 소멸점을 찾기 쉽다.

그림 3의 예제의 경우 기울기 필터까지 통과한 뒤에도 오른쪽 영역에 타원으로 표시된 3개의 잡음 성분이 남아 있다. 이들은 도로의 주행 방향 표시와 건물에서 수집된 직선이다. 그러나 정상적인 직선이 훨씬 많으므로 소멸점을 찾는 데는 지장이 없다. 그림 4에 관심영역 요소 수집 과정이 순서대로 나타나 있다.

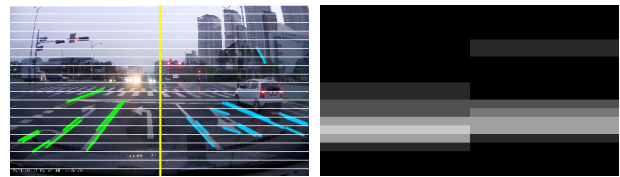
III. 적응적 ROI 탐지

관심영역 요소를 수집한 뒤에는 이들을 이용하여 소멸점을 찾고 관심영역을 탐지한다.

1. 관심영역 아래쪽 경계 결정

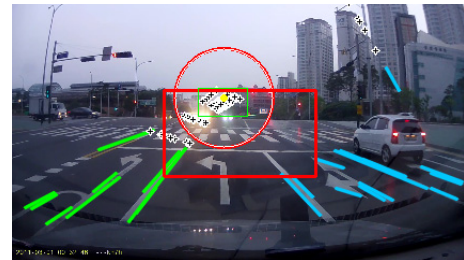
관심영역 탐지의 첫 번째 관심영역의 아래쪽 경계를 찾는 것이다. 기존에 발표된 결과에서는 아래쪽 경계를 입력 영상의 아래 경계선으로 하여 소멸점을 찾고 그 아래를 모두 관심영역으로 지정하는 경우가 많았다.^[6~11] 일반적으로 차량에 설치된 카메라의 위치와 각도에 달라질 수 있지만 입력 영상의 아래 부분에 차량의 내부가 포함될 수 있다. 그리고 차량의 내부 영상은 모든 프레임에 걸쳐 동일한 위치에 동일한 크기로 존재하며 관심영역에는 포함되지 않는다. 따라서 불필요한 연산을 줄이기 위해 이를 제거할 필요가 있다.

이를 위해 제안하는 알고리즘에서는 관심영역 요소 중 직선들의 분포를 분석하여 차의 내부와 도로를 구분하는 방법을 이용하였다. 입력 영상을 좌우로 구분한 뒤 수직으로 20개의 층으로 나눈다. 그림 5(a)에 좌우로 각각 20개의 층으로 나누어진 모습을 볼 수 있는데 각 층은 세로로 12 픽셀을 포함한다. 각 층별로 직선 성분의 밀도를 분석하여 그에 비례하는 값을 무채색으로 표시한 결과가 그림 5(b)에 나타나 있다. 여기서 밀도는 각 층에 포함된 직선 성분의 수를 세어 가장 큰 수를 255가 되도록 정규화하여 층의 밝기를 표시하는 것이다. 따라서 층의 밝기가 밝을수록 직선의 밀도가 높음을 의미하고 직선이 층에 존재하는 비율이 높고 직선의 수가 많다. 도로의 경우 차선 경계선이나 이에 평행한 직선이 존재하므로 일정한 값 이상을 유지하면서도 차

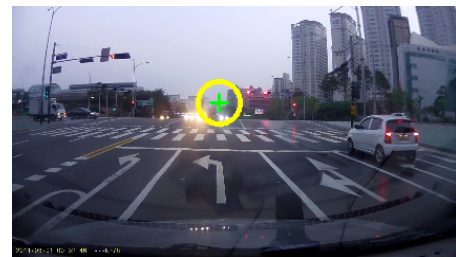


(a) 층 구분 및 정보수집

(b) 층 정보 분석



(c) 교차점 분류



(d) 소멸점 결정



(e) 관심영역 결정

그림 5. 적응적 ROI 탐지 과정

Fig. 5. Adaptive ROI determination.

량이 이동함에 따라 계속 변하므로 밀도도 일정 범위 내에서 변하게 된다. 그러나 차량 내부의 경우 밀도의 변화가 거의 없고 그 값도 작다. 따라서 층별 밀도와 그 변화를 분석하면 차량 내부와 도로를 구분할 수 있다. 일반적으로 차량의 카메라는 설치후 위치와 각도가 변하지 않으므로 초기화시에 차량 내부를 검출하면 관심영역의 아래 경계선은 고정되므로 그 이후에는 층별 분석 작업이 필요 없다.

2. 교차점의 윈도우 블록 탐색

다음으로는 소멸점을 찾아 관심영역의 위쪽 경계를 정한다. 소멸점을 찾기 위해 좌우 영역의 직선을 확장하여 만들어지는 교차점의 분포를 분석한다. 이를 위해 관심영역 요소 수집에서 대부분의 프레임에서 확보된

직선은 잡음 성분보다는 소멸점을 향하는 직선이 더 많다는 가정 하에서 분석이 이루어진다. 본 실험에서 사용된 다양한 영상에 대해서는 이 가정이 맞다는 것을 확인하였다. 전체 교차점의 수(IP_t)는 좌우 영역의 직선의 수인 IP_L 과 IP_R 의 곱으로 구할 수 있다. 이중에서 잡음 성분의 영향을 받지 않은 교차점들은 소멸점 근처에 모여 있을 것이다. 따라서 적당한 크기의 윈도우 블록을 만들어 영상을 스캔하면서 그 윈도우 블록에 포함된 교차점의 수를 분석한다. 여기에서 가장 많은 교차점이 포함된 블록에 소멸점이 포함되며 교차점 좌표의 평균값이 소멸점의 좌표가 된다. 또한 소멸점을 얻기 위한 교차점을 윈도우 블록 내부로 제한하여 잡음에 의한 교차점을 배제할 수 있다는 장점도 있다.

이 과정에서 윈도우 블록을 한 픽셀씩 이동하며 찾는 방법이 가장 정확하지만 연산시간이 너무 길어진다. 따라서 차량의 내부를 제외한 영상을 9등분하여 그중에 가장 교차점이 많이 포함된 영역을 찾고 다시 그 영역을 4~9 등분하여 교차점이 가장 많은 영역을 찾는다. 그리고 해당 영역에 대해 윈도우 블록을 2~4 픽셀 단위로 움직여 교차점이 가장 많이 포함된 위치를 찾는다. 필요할 경우 윈도우 블록을 다시 한 픽셀 단위로 1~3 번 8 방향으로 움직여 좀 더 정확한 위치를 찾을 수도 있으나 소멸점의 위치를 통해 관심영역의 위쪽 경계를 찾는 목적을 위해서는 마지막 작업은 일반적으로 필요하지 않다. 윈도우 블록은 교차점이 일반적으로 x (수평) 방향으로 더 넓게 분포하는 것을 고려하여 넓게 퍼진 직사각형 모양으로 하는 것이 적절하고 본 실험에서는 41 x 21 크기의 직사각형 블록을 이용하였다. 그림 5(c)에 최종적으로 선택된 사각형의 위치와 교차점들의 분산을 반영하는 원이 나타나 있다. 정상적인 경우에는 사각형 블록과 원은 비슷한 위치에 존재한다.

그림 5(c)의 원은 관심영역 요소 수집과정에서 얻은 전체 교차점에 의한 분산을 나타내고 그림 5(d)에서는 윈도우 블록에 포함된 교차점만을 이용하여 계산된 분산을 나타내는 원이 표시되어 있다. 제한된 영역에 포함된 교차점만으로 분산을 계산하여 원의 크기가 더 작아진 것을 알 수 있고 잡음을 제외한 정상적인 직선 성분에 의해 만들어진 교차점만을 포함하므로 십자로 표시된 교차점의 평균 좌표를 소멸점으로 결정하는 것이 타당하다. 소멸점과 그림 5(b)의 층별 밀도 정보를 이용하여 관심영역을 결정한 결과가 그림 5(f)에 나타나 있

다. 실선은 소멸점의 x 좌표를 나타내고 점선은 입력 영상을 물리적으로 좌우로 1/2로 나누는 직선이다.

3. 소멸점 추적을 통한 초기화

제한한 알고리즘은 소멸점을 향하는 직선이 잡음 성분의 직선보다 더 많다는 가정 하에서는 잘 동작한다. 그러나 잡음 성분이 정상적인 직선과 비슷하거나 더 많아지면 소멸점을 찾기가 어려워진다. 본 실험에서도 몇몇 프레임에서 그러한 경우가 발생하였다. 이 문제를 해결하기 위해 제안하는 알고리즘에서는 초기화 과정에서 50 - 100개의 영상 프레임에 대해 소멸점의 위치를 추적하여 잡음의 영향을 받지 않은 프레임으로부터 소멸점의 위치를 결정하였다. 100 프레임은 4초 이내의 시간이므로 도로 표면이나 기울기가 일정하게 유지되어 소멸점의 위치가 변하지 않는다. 따라서 주변 환경의 변화에 따라 나타나는 잡음의 영향은 몇 프레임에 걸쳐 지나가고 대부분의 프레임에서는 정상적인 소멸점을 얻을 수 있다. 만일 안정적인 소멸점을 얻지 못하는 경우에는 초기화 과정을 다시 진행한다. 본 실험에서는 모든 영상에 대해 50 프레임 만에 소멸점을 얻을 수 있었다.

초기화 과정에서 50 ~ 100 프레임의 전체 영상에 대해 소멸점 관련 데이터를 저장하고 분석하여 소멸점을 얻은 이후에는 매 프레임마다 소멸점을 결정한다. 이때 잡음에 의한 영향을 없애기 위해 칼만(Kalman) 필터를 이용하여 소멸점을 추적한다.^[13] 칼만 필터는 변하는 값을 추적하기 위해 측정값을 입력하여 예상값을 계산한다. 본 알고리즘에서 측정값은 현재 프레임에서 얻을 수 있고 그로부터 예상값을 계산하여 다음 프레임에서 이용한다. 현재 프레임의 소멸점의 위치가 칼만 필터의 예측점의 위치와 50 픽셀이상 차이가 나면 다음 예측값을 계산할 때 현재 프레임의 소멸점을 무시하고 뒤에서 설명할 소멸점의 평균값을 사용한다. 이는 도로에서 일반적으로 소멸점이 갑자기 바뀔 수 없다는 사실에 근거한 것이다. 그림 5(d)에서 실선 원은 현재 프레임의 측정값이고 점선 원은 예측값이다. 이 경우에는 두 원의 중심 값의 차이가 50 픽셀이내이므로 측정값이 새로운 소멸점이 되고 다음 프레임을 위한 예측값을 칼만 필터를 이용하여 계산할 때 이용한다.

4. 소멸점을 이용한 관심영역 결정

소멸점의 측정값들은 100 프레임에 걸쳐 평균을 내어 그 y 좌표를 지나는 수평선을 관심영역의 위쪽 경계선으로 결정한다. 소멸점의 평균을 계산할 때는 항상 현재 프레임의 측정값을 이용한다. 즉 현재 프레임의 소멸점의 측정값이 예측값과 50 픽셀이상 차이가 나면 현재 프레임의 측정값을 이전 프레임까지의 소멸점의 평균값으로 대체하지만 이번 프레임까지의 소멸점의 평균을 계산할 때는 이번 프레임의 측정값을 그대로 이용한다. 이는 일시적인 잡음에 의한 소멸점 위치의 이동을 막으면서 드문 현상이지만 실제로 소멸점이 이동한 경우에는 일시적인 지연시간을 거쳐 소멸점이 실제 좌표로 이동하도록 하기 위함이다. 직선 밀도를 이용한 증 정보와 소멸점을 이용하여 입력 영상의 아래와 위의 불필요한 영역을 제거한 결과가 그림 5(e)에 나타나 있다. 수직 점선은 영상의 물리적 중앙선을 나타내고 수직 실선은 소멸점의 x 좌표를 지난다. 소멸점을 결정 한 이후에는 좌우 영역은 수직 실선에 순서대로 나타낸 것이다.

IV. 실험결과 및 분석

제안한 알고리즘을 기반으로 다양한 입력 영상에 대해 관심영역 탐지를 위한 실험을 진행하였다. 제안하는 알고리즘을 기반으로 OpenCV 라이브러리를 이용하여 적응적으로 관심영역을 탐지하는 소프트웨어를 구현하였다. 소프트웨어는 2.83GHz의 동작 주파수를 갖는 Intel Core2 CPU에서 단일 코어를 이용하여 실행하였다. 테스트 영상은 총 9 종류이고 초당 30 프레임의 FHD(1980 x 1080)와 VGA(640 x 480) 해상도를 갖는다. 블랙박스 영상은 일반적으로 사고시 차량 번호판 인식이나 사람 인식 등을 위해 고해상도로 촬영하지만 실험결과 차선 인식과 관심영역 탐지를 위해서는 고해상도 영상이나 저해상도 영상이나 인식률에 차이가 없었다. 따라서 계산 시간이 오래 소요되는 고해상도 영상이 필요하지 않으므로 테스트 영상은 427x240과 320x240의 해상도로 축소하여 실험을 진행하였다.

표 1에 FHD와 VGA 해상도의 영상에 대한 각 단계별 평균 실행 시간이 나타나 있다. 주변 환경과 도로 상황에 따라 실행시간은 차이가 있어 평균값으로 표시하였고 영상의 해상도에 따라 크기 축소 시간이 다르다.

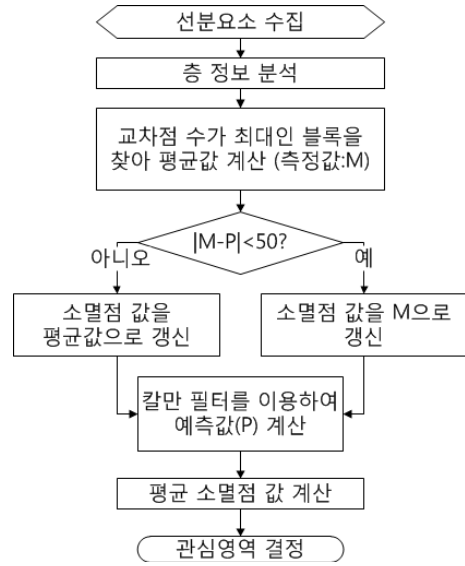


그림 6. 관심영역 탐지 과정 순서도
Fig. 6. ROI factors analysis flowchart.

표 1. 제안한 알고리즘을 이용한 단계별 평균 연산 시간

Table 1. Calculation time according to proposed algorithm.

계산과정	FHD 영상 [ms]	VGA 영상 [ms]
크기 축소	5.40	1.37
선처리 (캐니 + 스무딩)	4.21	3.02
허프 변환	4.29	3.74
소멸점 분석	0.61	0.67
증 정보 분석	0.63	0.40
화면 출력 및 데이터 변환	1.89	1.75
전체관심영역 탐지 시간	17.38	10.95

표 1을 분석해 보면 유효한 직선 성분을 얻을 때까지의 전처리 시간이 대부분을 차지하고 소멸점과 관심영역을 계산하는 시간은 20 - 25% 정도임을 알 수 있다. 본 논문에서 구현된 소프트웨어를 이용한 관심영역 탐지 시간은 평균 14.2ms로 기존에 320x240 크기의 영상에 대해 1.8GHz CPU를 이용하여 얻은 158.2ms보다 훨씬 빠름을 알 수 있다.^[6] 실행 환경을 환산하여 본 논문과 동등한 조건으로 바꾸면 158.2ms에서 100ms로 감소하나 제안한 알고리즘보다는 7배 정도 연산이 더 필요로 하여 제안한 알고리즘이 더 효과적임을 알 수 있다. 기울기 필터를 이용한 매우 간단한 알고리즘으로 12ms의 실행 시간이 보고되기도 하였으나^[3] 해당 알고리즘을 다양한 영상에 적용해본 결과 환경이 복잡하거나 도로 상황이 안 좋은 경우에는 관심영역 탐지에 실패하여 비교대상에서 제외하였다.

본 실험에서는 두 가지의 오류가 발생할 수 있는데 직선 성분이 발견되지 않아 교차점이 없는 경우와 잡음 성분이 많아 교차점의 수가 비슷한 블록 영역이 두 곳 이상에서 발견되는 경우이다. 이 경우에는 한 프레임 차이로 소멸점의 위치가 급격히 바뀌기는 어려우므로 이전 소멸점에 의한 칼만 필터의 예측값을 소멸점으로 이용한다. 잡음에 의한 경우라면 몇 프레임이내에 다시 소멸점을 찾게 될 것이므로 칼만 필터의 예측값을 계속 사용할 수 있다. 비포장도로나 차선이 없는 도로에 들어선 경우, 또는 눈, 비 등으로 차선이 안 보이는 경우에는 제안한 알고리즘으로 차선을 찾을 수는 없으므로 차선이 있는 포장도로에 들어설 때까지 이전 소멸점에 의한 관심영역을 계속 사용하는 것이 가장 무난한 선택이다.

표 2는 서로 다른 3 종류의 도로에서 1,500 프레임의 영상에 대해 매 프레임마다 순간적인 탐지 여부를 측정 한 순간 탐지율과 초기화 이후의 정상 탐지율을 나타내는 표이다. 탐지율은 각 프레임별로 제안한 알고리즘에 의해 관심영역을 정상적으로 탐지했는지를 파악하여 관심영역이 제대로 탐지된 프레임수를 전체 프레임수로 나눈 비율이다. 순간 탐지율은 초기화와 칼만 필터에 의한 예측값을 적용하지 않고 하나의 프레임에만 적용할 수 있는 알고리즘만으로 탐지율을 계산한 것으로 제안한 알고리즘중 일부만 적용하여 한 프레임의 영상만 있을 경우 탐지할 수 있는 비율을 나타낸다. 고속도로와 지방도로, 그리고 시내도로에서 순간 탐지율로부터 잡음에 의한 영향이 시내도로가 가장 큰 것을 알 수 있다. 시내 도로는 건물과 조형물, 다른 차량에 의한 영향으로 가장 차선 탐지가 어려운 조건이다. 그러나 정상 탐지율을 보면 100% 관심영역을 탐지함을 알 수 있다. 정상 탐지율은 초기화이후 칼만 필터에 의한 추적 기능을 포함하여 탐지된 관심영역이 실제 도로 영역과 같은지를 비교하여 탐지 여부를 결정한 결과로 제안한 알고

표 2. 도로별 상황에 따른 순간 탐지율과 정상 탐지율 비교

Table 2. Instantaneous and steady detection rate of ROI in different road conditions.

도로	프레임 수	순간 탐지율	정상 탐지율
고속도로	500	98.6%	100%
시골길	500	94.2%	100%
도시도로	500	88.6%	100%

리즘의 효용성을 보여주는 결과이다. 따라서 고속도로와 같이 차선이 분명하고 방해물이 별로 없는 경우 간단한 알고리즘으로도 관심영역을 찾을 수 있는 반면 지방도로나 시내도로의 경우 제안한 알고리즘과 같은 추적 기능이 없으면 관심 영역 탐지가 어려움을 알 수 있다. 이전에 발표된 자료의 경우 탐지율은 91.4%^[7]과 96%^[9]이다.

그림 7은 고속도로, 곡선차로, 시내도로, 차선이 희미한 도로, 도로 주변이 복잡한 경우와 차선 경계선이 점

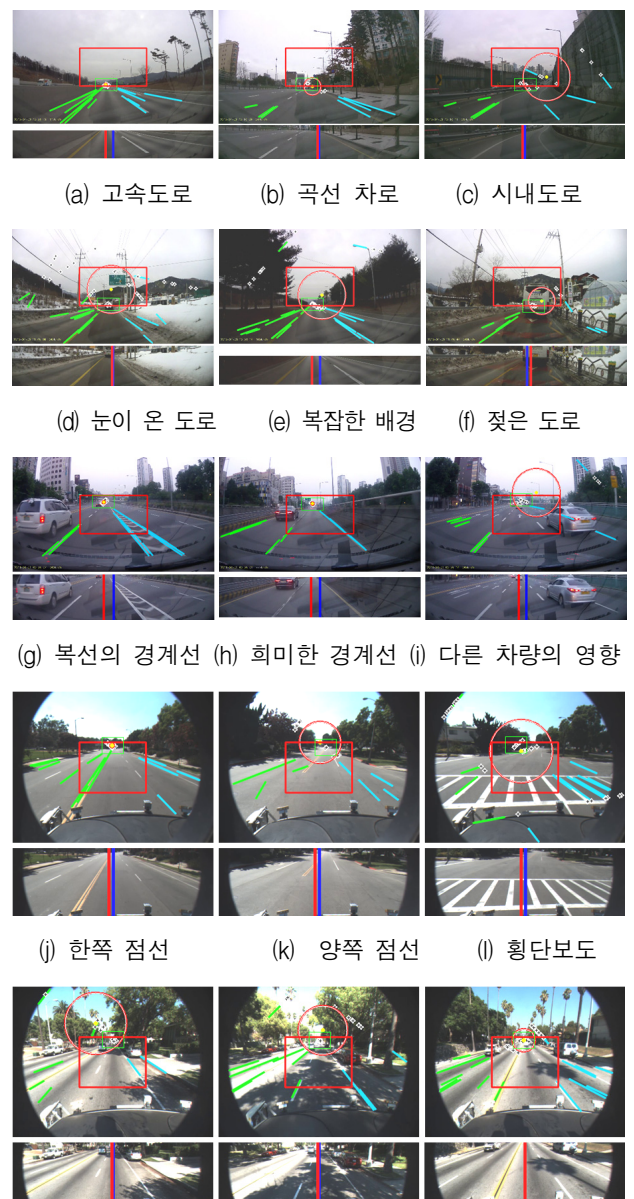


그림 7. 다양한 도로 상황에서 관심영역 추출 결과
Fig. 7. ROI detection results in various road conditions.

선과 실선이 섞인 경우, 그림자와 횡단보도 등 다양한 잡음의 영향을 받는 경우 등 여러 가지 상황에서 관심영역을 탐지한 결과를 보여주고 있다. 각 상황에서 위쪽의 그림들은 입력 영상과 소멸점을 구할 때 사용된 직선 성분들, 그리고 교차점의 분포를 보여주고 있고 아래 그림은 탐지된 관심영역을 보여주고 있다. 관심영역에서 두 개의 세로선은 입력 영상의 중앙선과 탐지된 도로의 중앙선을 나타낸다. 카메라의 설치 위치에 따라 두 세로선의 위치가 조금씩 차이를 보인다. 그림 7(a)~그림 7(i)는 블랙박스를 이용하여 국내에서 직접 촬영한 영상이며 그림 7(j)~그림 7(o)는 다양한 잡음 성분에 의한 영향을 보기 위한 것으로 인터넷에서 구한 해외의 도로 영상이다. 직접 촬영한 영상은 고속도로의 경우 100km/h, 시내 주행의 경우 40~60km/h의 속도로 주행하였으며 인터넷 영상의 경우 주행속도가 나타나 있지 않지만 배경이 지나가는 속도로 보았을 때 60km/h 정도의 속도로 추정된다. 촬영된 영상은 추가적인 보정 없이 원 영상을 그대로 이용하였다.

제안한 알고리즘은 차선을 변경하거나 차선 경계선이 분명하지 않은 경우에도 관심영역을 찾는데 문제가 없었다. 또한 곡선 차로에서도 관심영역을 정확히 찾아 내었다. 곡선 차로의 경우 탐지된 소멸점의 x 좌표는 실제 소멸점과 차이가 있지만 y 좌표는 일치하여 관심영역을 정확히 찾을 수 있다. 시내도로의 경우 (그림 7(c)) 건물과 차량, 구조물 등으로 인해 잡음이 많아 순간 탐지율이 상대적으로 낮지만 제안한 알고리즘에서는 관심영역을 정확히 찾았다. 또한 눈이 오거나 비가 와 젖은 도로의 경우 (그림 7(d), 그림 7(f)) 직선 성분이 적어 소멸점을 찾기 어려운 환경이다. 차선 경계선이 복잡한 형태이거나 희미한 경우, 또는 횡단보도가 있는 경우도 잡음의 영향을 많이 받는 상황이다 (그림 7(g), 그림 7(h), 그림 7(i)). 맑은 날은 그림자가 선명하여 많은 잡음 성분이 영향을 준다 (그림 7(m), 그림 7(n), 그림 7(o)). 그러나 이러한 그림자는 연속적이지 않으므로 제안한 알고리즘의 소멸점 추적기술에 의해 그 영향을 제거할 수 있다. 그림 7에서 살펴본 바와 같이 잡음이 영향을 미치는 다양한 상황에서 제안한 알고리즘은 관심영역을 정확히 찾아냄을 확인하였다.

IV. 결 론

본 논문에서는 차량의 카메라에서 입력되는 영상에서 차선 인식을 위해 도로를 제외한 불필요한 영역을 제거하고 관심영역을 적응적으로 찾는 알고리즘을 제안하였다. 제안하는 알고리즘에서는 캐니 가장자리 탐지법과 허프 변환, 그리고 기울기 필터를 통해 차선 또는 이에 평행한 직선 성분만 수집한다. 이후 영역 분할 찾기를 통해 이들 직선에 의한 교차점이 모인 블록 영역을 찾아 소멸점을 결정하여 관심영역의 상한선을 정한다. 관심 영역의 하한선은 직선 성분의 밀도를 분석하여 차량 내부를 제거하여 결정한다. 소멸점은 초기화 과정에서 50 - 100 프레임에 걸쳐 소멸점의 움직임을 분석하여 결정하고 이후 칼만 필터를 이용하여 소멸점을 추적하여 잡음 성분에 의해 소멸점이 갑자기 이동하는 것을 방지하고 안정적인 관심영역을 탐지한다. 다양한 도로 환경에서 실험을 진행한 결과 배경의 복잡도와 도로의 종류에 따라 88 - 99%의 순간 탐지율을 보이고 초기화 이후 소멸점을 추적하는 경우에는 100%의 관심영역 탐지율을 보였다. 계산시간은 입력영상의 크기에 따라 차이가 있으나 FHD 영상의 경우에도 20ms 이내로 실시간으로 탐지가 가능하였다.

REFERENCES

- [1] J. C. McCall, and M. M. Trivedi, "Video-based lane estimation and tracking for driver assistance: survey, system, and evaluation," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation System*, Vol. 7(1), pp. 20-37, 2006.
- [2] J. B. Kim, "Detection of Visual Attended Regions in Road Images for Assisting Safety Driving," *Journal of the IEEK*, Vol. 49SC(1), pp. 94-102, Jan. 2012.
- [3] Q. Lin, Y. Han, and H. Han, "Real-time lane departure detection based on extended edge-linking algorithm," *Second IEEE International Conference Computer Research and Development*, pp.725-730, Kuala Lumpur, Malaysia, May 2010.
- [4] V. Gaikwad, L. Lokhande, "An improved lane departure method for Advanced Driver Assistance System," *IEEE Computing Communication and Applications (ICCCA)*, pp.1-5, Tamilnadu, India,

Feb. 2012.

- [5] X. Zhe, and L. Zhifeng, "A robust lane detection method in the different scenarios," International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA), pp.1358-1363, Chengdu, China, Aug. 2012.
- [6] C.-C. Wang, S.-S. Huang, L.-C. Fu and P.-Y. Hsiao, "Driver assistance system for lane detection and vehicle recognition with night vision," IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems(IROS 2005), pp.3530-3535, Alberta, Canada, Aug. 2005.
- [7] B. Benligiray, C. Topal and C. Akinlar, "Video-Based Lane Detection Using a Fast Vanishing Point Estimation Method," IEEE International Symposium on Multimedia (ISM), pp.348-351, Irvine, USA, Dec. 2012.
- [8] H. Kong, J.-Y. Audibert, and J. Ponce, "Vanishing point detection for road detection," IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR 2009), pp.96-103, Miami, USA, June 2009.
- [9] Q. Wu, W. Zhang, T. Chen, and B.V.K. Kumar, "Prior-based vanishing point estimation through global perspective structure matching," IEEE International Conference on Acoustics Speech and Signal Processing (ICASSP), pp.2110-2113, Dallas, USA, March 2010.
- [10] H. Wang, and Q. Chen, "Real-time lane detection in various conditions and night cases," IEEE Intelligent Transportation Systems Conference (ITSC06), pp.1226-1231, Toronto, Canada, Sept. 2006.
- [11] P. M. Daigavane, and P. R. Bajaj. "Road Lane Detection with Improved Canny Edges Using Ant Colony Optimization," 3rd International Conference on IEEE Emerging Trends in Engineering and Technology (ICETET2010), pp.76-80, 2010.
- [12] J. Matas, "Robust Detection of Lines Using the Progressive Probabilistic Hough Transform," Computer Vision and Image Understanding, Vol. 78(1), pp. 119-137, Apr. 2000.
- [13] T. Suttorp, and T. Bucher, "Learning of Kalman filter parameters for lane detection," 2006 IEEE Intelligent Vehicles Symposium, pp. 552-557. 2006.

— 저 자 소 개 —



이 찬 호(정회원)
대한전자공학회 논문지
제43권 SD편 제9호 참조
<주관심분야 : 메모리 제어기,
SoC on-chip-network, 영상처리
및 인식, SoC 구조, 비디오코덱
구현>



정 대 균(학생회원)
2010년 중국 산둥과기대 전자정보
공학과 학사 졸업.
2013년 숭실대학교 전자공학과
석사 졸업.
<주관심분야 : 영상처리 및 인
식>