

A Curve Lane Detection Method using Lane Variation Vector and Cardinal Spline

Hwan Heo[†] · Gi-Tae Han^{**}

ABSTRACT

The detection method of curves for the lanes which is powerful for the variation by utilizing the lane variation vector and cardinal spline on the inverse perspective transformation screen images which do not required the camera parameters are suggested in this paper. This method detects the lane area by setting the expected lane area in the s frame and next s+1 frame where the inverse perspective transformation and entire process of the lane filter are adapted, and expects the points of lane location in the next frames with the lane variation vector calculation from the detected lane areas. The scan area is set from the nextly expected lane position and new lane positions are detected within these areas, and the lane variation vectors are renewed with the detected lane position and the lanes are detected with application of cardinal spline for the control points inside the lane areas. The suggested method is a powerful method for curved lane detection, but it was adopted to the linear lanes too. It showed an excellent lane detection speed of about 20ms in processing a frame.

Keywords : Computer Vision, Curve Lane Detection, Inverse Perspective Transform, Cardinal Spline

차선 변화벡터와 카디널 스플라인을 이용한 곡선 차선 검출방법

허 환[†] · 한 기 태^{**}

요 약

본 논문에서는 카메라 파라미터가 필요 없는 역 투시변환 영상에 차선 변화벡터와 카디널 스플라인을 이용하여 변화에 강한 곡선 차선 검출 방법을 제안한다. 이 방법은 역 투시변환과 차선 필터의 전처리 과정이 적용된 영상의 시작 S 프레임과 그 다음 S+1 프레임에서 차선 후보 영역을 설정하여 차선 영역을 검출하고, 검출된 차선영역을 이용하여 차선 변화벡터를 계산한 결과를 가지고 이후의 프레임에서 차선이 위치할 지점을 예측한다. 이후에 예측된 차선 위치에서부터 스캔 영역을 설정하고 이 영역 내에서 새로운 차선 위치를 검출하며, 검출된 차선 위치를 이용해 차선 변화벡터를 갱신하고, 차선 영역 내의 제어 점들에 카디널 스플라인을 적용하여 차선을 검출한다. 제안하는 방법은 차선의 형태 변화에 강한 곡선 차선 검출방법이지만 직선 차선에도 잘 적용됨을 보였으며 한 프레임을 처리하는 데 약 20ms 정도의 양호한 차선검출 속도를 보였다.

키워드 : 영상처리, 차선검출, 역투시변환, 카디널 스플라인

1. 서 론

미래에는 자동차의 가치가 기계적 사양이 아니라 차량 내 통신 등 IT 기술에 의해 좌우될 것으로 전망되는 가운데, 자동차 업체들은 지능형 자동차와 같은 고부가가치화에 매진하고 있다. 지능형 자동차 진화의 핵심은 최첨단 기술을 적극 수용함에 따라 폭넓은 서비스가 가능하게 되었다. 이

러한 지능형 자동차의 구성 요소 중 하나인 차선 이탈 경고 시스템(Lane Departure Warning System)은 영상, 레이더, 레이저 등 다양한 입력 센서를 이용하여 센서로부터 입력받은 영상정보를 분석, 처리해 운전자의 안전운전을 지원한다 [1, 2, 3]. 본 논문에서는 이러한 영상처리 기술을 이용하여 곡선 차선 검출 방법을 제안한다.

카메라를 이용하여 차선 이탈 여부를 판별하기 위한 실시간 알고리즘은 단순하고 적은 연산으로 처리시간을 단축시켜야 한다. 최근에는 단순히 영상에서 바로 색 정보나 에지 정보를 이용하는 것이 아닌 영상의 전처리 단계에서 영상을 변형시켜 정보를 이용하기 편하게 만드는 방법이 연구되고 있다[2, 3].

[†] 준 회원: 가천대학교 전자계산학과 석사

^{**} 정 회원: 가천대학교 컴퓨터미디어융합학과 교수

Manuscript Received: February 4, 2014

First Revision: May 20, 2014

Accepted: May 23, 2014

* Corresponding Author: Gi-Tae Han(gthan@gachon.ac.kr)

이러한 영상의 변형을 이용한 방법으로는 Alberto Broggi가 카메라 파라미터를 이용하여 투시변환에 필요한 정보를 계산하고 이를 이용하여 원근 효과를 제거해 탑 뷰(top view) 영상을 생성해 차선을 검출하는 방법을 제안하였다[4, 9, 10]. 이 방법에서는 영상을 IPM(Inverse Perspective Mapping) 방법으로 탑 뷰 형태로 변환시켜 차선 정보를 사용하기 쉽게 만들어 영상 전체를 사용하지 않고 차선이 존재하는 영역만을 지정함으로써 검출에 소요되는 시간을 절약할 수 있었다. 다만 이 방법은 카메라 파라미터를 사전에 알아야 하는 단점이 존재했지만 최근에 진행된 연구[5, 6]로 카메라 파라미터가 필요 없는 상황에서도 IPM 방법과 같은 결과를 얻을 수 있는 알고리즘이 개발되었다. 이 방법은 카메라 파라미터 대신 영상에서 차선 예측을 통하여 역 투시변환에 필요한 호모그래피 행렬 H를 추출해 낼 수 있는 방법이다[5, 6]. 하지만 이 방법은 곡선 차선 검출은 고려하지 않아 곡선 차선인 경우에도 직선으로 판단하였기 때문에 곡선차선이 검출되지 않거나 차선 영역이 아닌 위치를 차선으로 오판단하는 문제가 존재하였다[5, 6].

또한 곡선 차선의 추출을 위하여 Y. Wang은 B-Snake 기반의 차선 검출 방법을 제안하였다[7]. 이 방법은 B-스플라인에 필요한 제어점을 획득하기 위하여 Snake 알고리즘을 이용한 제어점 설정 알고리즘으로 다양한 형태의 차선을 검출할 수 있었다. 그렇지만 이 방법은 연산 시간이 길어 실시간 처리에는 적합하지 않았다[7].

본 논문에서는 차선 변화에 강한 곡선 차선 검출 방법을 제안하고, 직선과 곡선 차선 모두에 적용 가능성을 보인다. 제안하는 방법은 시작 S 프레임과 그다음 S+1 프레임에서 차선 영역을 설정하여 차선의 시작점과 끝점을 추출하고 이를 이용하여 차선 변화벡터를 계산하며, 이 변화벡터를 이용하여 다음 프레임에서의 차선이 위치할 지점을 예상하여 차선의 시작점 및 끝점을 추출하고, 이후 추출된 점과 차선 사이의 제어점들을 설정하여 여기에 카디널 스플라인을 적용하여 곡선 및 직선 차선 모두를 검출할 수 있도록 하였다.

2. 관련 연구

본 논문에서는 입력영상의 차선영역 내에 제어점을 설정하고 이 제어점을 가지고 차선을 검출하기 위하여 보간 스플라인 방법 중의 하나인 카디널 스플라인을 이용한다[8]. 카디널 스플라인은 두 점 사이의 곡선을 생성하는 에르미트 스플라인을 기반으로 다수의 점에 곡선으로 연결하는 방법이다. 이는 지역적인 곡선 생성이 가능하고 연산의 빠른 속도로 인해 컴퓨터 그래픽스에서 주로 사용되는 방법이다.

베지어 및 B-스플라인 방법은 근사 스플라인 방법으로 제어점을 조정하여 전체 곡선을 부드럽게 설정은 가능하나 제어점을 통과하지는 않으므로 에르미트 스플라인과 유사한 지역적 곡선을 생성하나 다수의 제어점을 연결하기 위해서는 제어점의 조정이 필요한 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 곡선 차선 검출을 위하여 모든 제어점을 통과하는 보

간 스플라인 방법인 카디널 스플라인을 이용하고자 한다.

카디널 스플라인은 에르미트 형식을 만족하는 3차 스플라인에 해당하며, 매개변수 t 가 $[0, 1]$ 인 구간에서 p_0, p_1 은 시작점과 끝점이고, m_0, m_1 은 시작점과 끝점의 기울기라고 할 때 시작점과 끝점 사이를 보간하는 함수는 다음과 같은 일반식을 가진다.

$$p(t) = H_{00}(t)p_0 + H_{10}(t)m_0 + H_{01}(t)p_1 + H_{11}(t)m_1 \quad (1)$$

여기서 $H_{00}, H_{01}, H_{10}, H_{11}$ 은 에르미트 함수들이며 다음과 같이 정의된다.

$$H_{00} = 2t^3 - 3t^2 + 1 \quad (2)$$

$$H_{10} = t^3 - 2t^2 + t$$

$$H_{01} = -2t^3 + 3t^2$$

$$H_{11} = t^3 - t^2$$

이 에르미트 함수를 일반식에 적용할 경우 다음과 같은 보간함수를 얻을 수 있다.

$$p(t) = (2t^3 - 3t^2 + 1)p_0 + (t^3 - 2t^2 + t)m_0 + (-2t^3 + 3t^2)p_1 + (t^3 - t^2)m_1 \quad (3)$$

여기서 t 가 (x_k, x_{k+1}) 의 구간에서 변화한다고 할 때, 매개변수 t 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$t = (x - x_k) / (x_{k+1} - x_k) \quad (4)$$

카디널 스플라인은 여기서 기울기 m_k 를 다음과 같이 정의하면 얻을 수 있다.

$$m_k = (1 - c) \frac{p_{k+1} - p_{k-1}}{2} \quad (5)$$

여기서 c 는 tension 파라미터로 곡선의 모양을 결정하게 된다. c 값이 1이 될 경우 각 제어점을 직선으로 연결하며, 반대로 0에 가까워질수록 완만한 곡선의 형태를 띠게 된다[8].

3. 제안하는 방법

제안하는 방법은 역 투시변환과 차선 필터를 적용하는 전처리 단계를 거친 영상을 이용하며 시작 S 프레임과 그다음 S+1 프레임에서 차선 영역을 추출하여 영역 내 차선의 시작점과 끝점을 저장한다. 전처리 단계는 RANSAC 알고리즘을 [11] 이용한 소실점 검출과 [12] 차선 예측 단계로 이루어져 있다[5, 6]. S+1 프레임 이후부터는 저장된 차선 위치를 이

용해 차선 변화벡터를 계산하고 다음 프레임에서 차선이 위치할 지점을 예측한다. 이후 예측된 차선 위치에서부터 스캔 영역을 설정하고 설정된 영역 내에서 새로운 차선 위치 영역을 찾고, 차선 영역 내 제어점에 카디널 스플라인을 적용하여 차선을 검출한다. 제안하는 방법에 대한 흐름도는 다음과 같다.

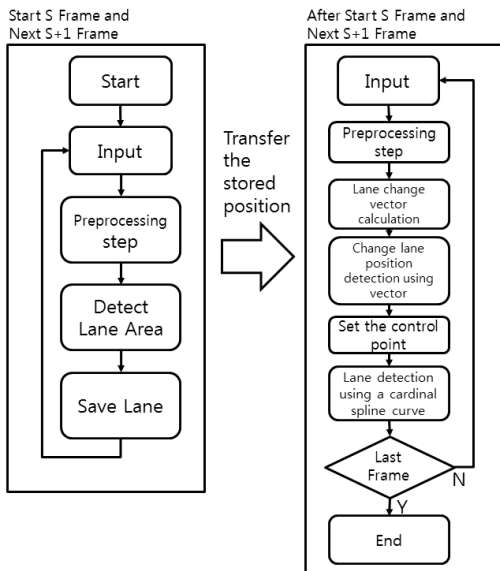


Fig. 1. Flowchart

3.1 차선 영역 추출

역 투시변환과 차선 필터를 다음 Fig. 2.A와 같은 입력 영상에 적용하는 경우 Fig. 2.B처럼 나타나게 된다. 이때 차선 영역뿐만 아니라 그 이외의 영역들이 결과영상에 나타나



Fig. 2. A Input Image

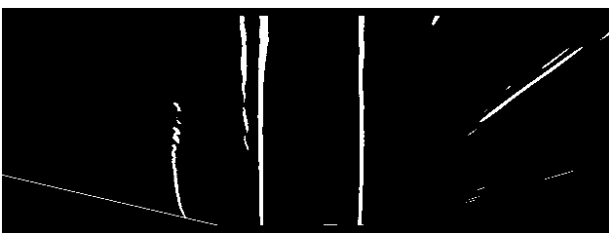


Fig. 2. B Applied to Filter

는데 이는 잡음이나 영상의 선명도가 부족한 이유 등 다양한 요인에 의한 결과이다. 따라서 이러한 상황에서는 어느 영역이 차선에 해당하는지 알 수 없게 된다.

본 논문에서는 이러한 문제를 해결하고자 차선 영역을 하나의 영역으로 검출하기로 한다. Fig. 2.A와 같은 입력 영상에서 역 투시변환이 적용된 영상으로 변환할 때 사용되는 이상형 차선의 정보를 이용하여 그 주변에 있는 영역을 대상으로 차선 후보영역을 검색한다. 이 경우 Fig. 2.B의 영상에서 차선후보 영역을 검출한 결과 다양한 크기의 차선 후보 영역들이 검출되며, 그 결과는 다음 Fig. 3과 같다.

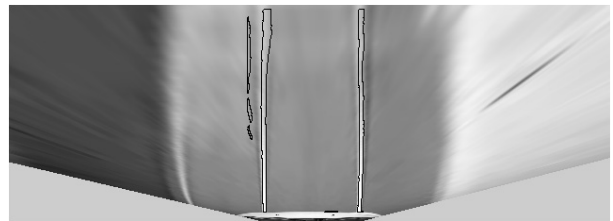


Fig. 3. Detected Candidate Lane

Fig. 4.A는 차선의 모양이 불규칙적인 상황이며 이러한 상황에서의 차선 후보 영역에 대한 검출 결과를 Fig. 4.B에서 보여주고 있다.



Fig. 4. A Input Image

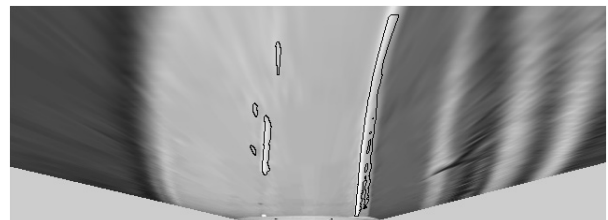


Fig. 4. B Detected Candidate Lane

일반적으로 차선은 도로에서 가장 큰 영역을 차지하며 그 이외의 작은 영역들은 도로상의 빛의 반사, 잡음, 기타 장애물에 의한 것들로 큰 비중을 차지하지 못하는 특징을 가진다. 이러한 특징을 이용하여 좌, 우 차선 위치에서 각각 가장 큰 영역을 차선 영역으로 설정하고 설정된 영역으로부터 차선의 시작, 끝 점을 찾는다. 다음 Fig. 5는 Fig. 3과 Fig.

4.B의 차선 후보 영역에서 차선 영역을 추출한 결과를 보여 준다.

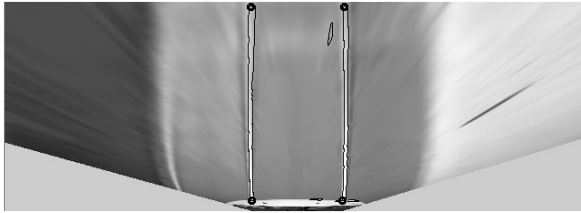


Fig. 5. A Detection Result Lane



Fig. 5. B Detection Result Lane

Fig. 5.B의 경우 왼쪽 차선의 추출된 시작점 위로 차선 영역으로 추측되는 영역이 존재한다. 이러한 영역을 차선 영역으로 편입시키기 위하여 추출된 차선의 시작점과 끝점으로부터 외부 영역을 스캔하여 차선 영역을 편입시키는 방법을 사용한다. 외부 영역은 추출된 차선 위치로부터 차선의 기울기 방향으로 스캔하며 스캔 범위는 차선 영역의 너비만큼을 가지게 되고 이를 이용하여 외부 영역을 찾아낸다. 이 방법으로 찾아낸 결과는 다음 Fig. 6.B와 같다.



Fig. 6. A Tracking Before Image



Fig. 6. B Tracking After Image

이와 같은 방법으로 시작 S 프레임과 그다음 S+1 프레임 동안 차선 영역을 찾아내어 좌, 우 차선의 시작점과 끝점의 위치를 저장하여 다음 단계인 차선 변화벡터를 추출하는 데 사용한다.

3.2 차선 변화벡터 추출 및 차선 예측

차선 영역을 추출하여 차선의 정보를 얻어내었다면 이를 이용하여 차선의 시작점과 끝점의 변화벡터를 추출할 수 있다. 아래의 그림에서 Fig. 7.A는 이전 프레임의 영상이며 Fig. 7.B는 그 바로 다음 프레임에 대한 차선 검출 결과를 나타내고 있다.

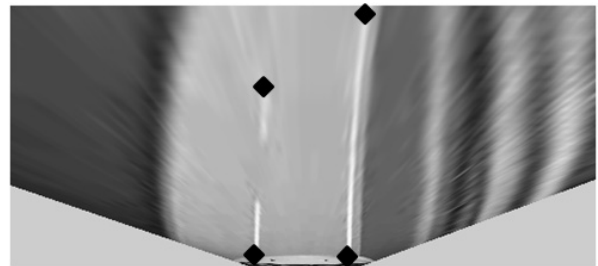


Fig. 7. A Before Image

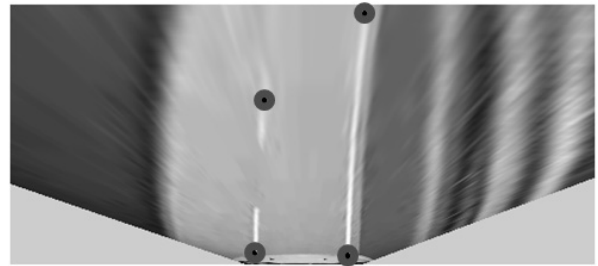


Fig. 7. B Next Image

이전 프레임과 현재 프레임에서 검출된 차선의 위치 변화를 바탕으로 차선 변화벡터를 생성한다. 이러한 방법으로 생성된 차선 변화벡터는 다음 프레임에서 차선의 위치를 예측하는 데 사용되며 프레임마다 새롭게 갱신한다. 차선 변화벡터를 구하는 방법은 일반적인 이동벡터의 계산방법을 사용한다. 본 논문에서 차선의 좌측 시작점의 변화벡터를 구하는 방법은 다음과 같으며 다른 위치에 있는 점들도 같은 방법으로 구할 수 있다.

$$V_{LeftTop} = (v_1, v_2, v_3) \tag{6}$$

$$v_1 = x_{1stLeftTop} - x_{2ndLeftTop}$$

$$v_2 = y_{1stLeftTop} - y_{2ndLeftTop}$$

$$v_3 = \sqrt{v_1^2 + v_2^2}$$

다음 Fig. 8.A는 Fig. 7.A와 Fig. 7.B에 대한 차선의 위치를 보여주며 Fig. 8.B는 이에 대한 변화벡터의 예시를 나타내고 있다. 이 차선 변화벡터는 다음 프레임에서 차선의 위치를 예측할 수 있으며 차선 변화벡터가 가르키는 위치가 다음 프레임에서 예측된 차선의 위치가 된다.

각 차선 위치로부터 차선 변화벡터를 추출하고, 이 차선 변화벡터를 이용하여 차선을 예측한다. 차선의 각 시작점과

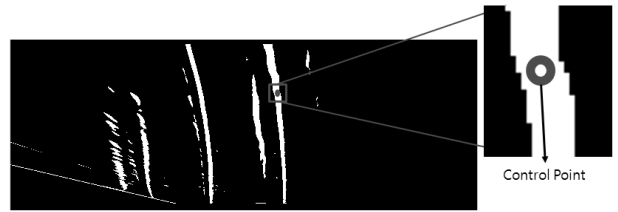
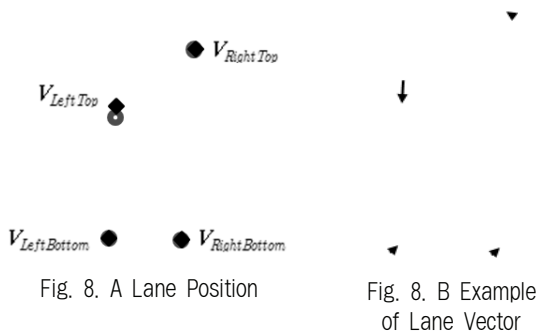


Fig. 10. Set the Control Point

위치시킨다. 이때 곡선의 정확한 추출을 위하여 검출된 차선 영역의 정가운데 위치를 제어점으로 설정하는 데, Fig. 10에서 이와 같은 내용을 나타내고 있다.

이러한 방법을 이용하여 중간 제어점을 검출해 사용하며 검출된 중간 제어점의 결과는 다음 Fig. 11과 같다.

끝점에서 추출된 변화벡터를 다음 프레임에 적용하여 다음 프레임에서 차선이 나타날 위치를 예측할 수 있다. 실제 차선 위치를 찾기 위하여 예측된 지점을 기준으로 윈도우를 설정하고 그 윈도우 영역 내에서 차선 영역을 검색하며, 검색하는 윈도우 영역의 크기는 차선 변화벡터의 크기가 r 이라 할 때 예측된 지점에서부터 반지름이 r 인 정사각형 범위이다. 이 범위 안에서 차선 영역이 한 개의 영역만 나오는 경우는 그 위치를 새로운 차선 위치로 지정하고 다시 차선 변화벡터를 추출하며 다음 그림과 같이 스캔 범위를 나타낼 수 있다.

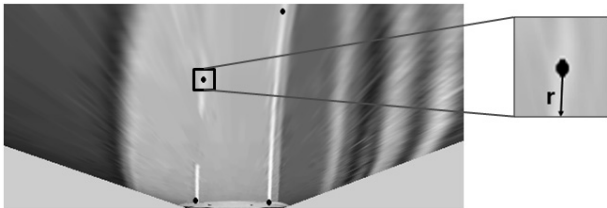


Fig. 9. Trace Lane Area using Lane Vector

차선 영역이 한 개 이상 나올 경우에는 검색 영역 내의 모든 영역을 추출하여 가장 큰 영역을 차선 위치로 지정한다. 만약 탐색영역에 차선영역이 나타나지 않을 경우 차선 이동벡터보다 더 많은 이동을 하였거나 차선 위치를 잃어버렸다고 판단하고 탐색 범위를 2배 확장시켜 탐색한다. 또한 확장시켜 검색하여도 차선 위치를 검색하지 못할 경우 차선 영역을 완전히 잃어버렸다고 판단하고 다시 차선 영역을 탐색하여 이동벡터를 새롭게 갱신한다.

3.3 차선 검출

본 논문에서는 카디널 스플라인을 이용하여 차선의 형태가 직선인 경우와 곡선일 경우에 대하여 차선 검출을 수행한다. 카디널 스플라인은 최소 4개의 제어점을 필요로 하는데, 각 차선의 시작점과 끝점에 제어점을 설정하고, 시작과 끝점의 중간에 2개의 제어점을 설정하여 카디널 스플라인의 제어점으로 총 4개의 제어점을 사용한다. 이를 위하여 지속적으로 중간 제어점의 위치를 획득하여야 하는데, 제어점을 획득하는 방법으로는 각 차선의 시작점과 끝점에서부터 같은 영역을 추적하여 시작점과 끝점의 1/3 지점에 제어점을



Fig. 11. A Input Image

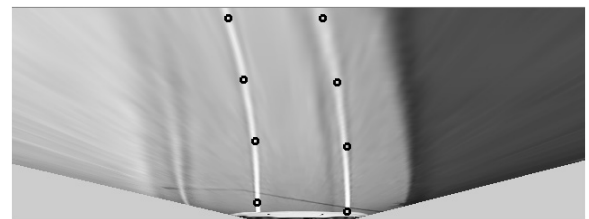


Fig. 11. B Road Image Extracted from A



Fig. 11. C Input Image

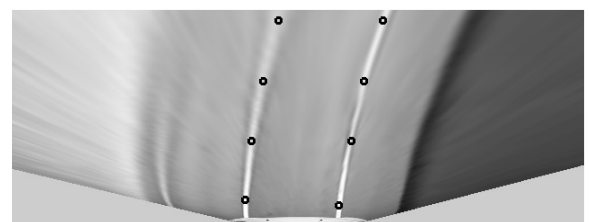


Fig. 11. D Road Image Extracted from C

좌, 우 차선에 대하여 검출된 4개의 제어점을 바탕으로 카디널 스플라인을 적용하여 곡선 차선을 검출한다. 여기서 차선을 자연스러운 곡선 형태로 표현하기 위하여 매개변수 tension 값을 0.1로 설정하였으며[8] 그 결과는 다음과 같다.



Fig. 12. A Input Image



Fig. 12. B Road Image Extracted from A



Fig. 12. C Input Image



Fig. 12. D Road Image Extracted from C

4. 실험 결과

제안하는 방법은 차량 앞 창문에 카메라를 설치하여 입력 받은 영상을 바탕으로 수행되었으며 곡선, 직선 차선이 주기적으로 나타나는 도로에 대하여 실험하였다. 다음 Fig. 13과 Fig. 14는 각각 차선이 직선인 상황에서의 검출 결과와 곡선 상태에서의 검출 결과를 나타내고 있다.



Fig. 13. A Input Image

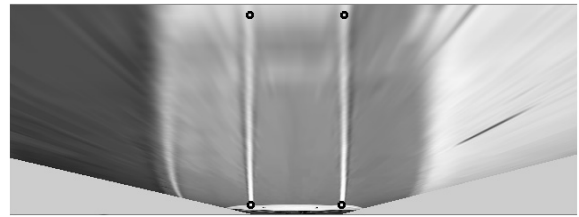


Fig. 13. B Road Image Extracted from A



Fig. 13. C Input Image

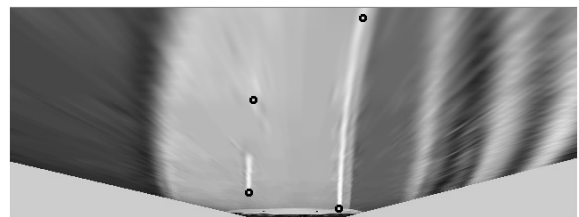


Fig. 13. D Road Image Extracted from C

차량은 일반적으로 직선 도로에서 운전하게 되지만 다양한 도로의 변화 요인에 따라서 운전자의 안전운전에 방해요소가 생길 수 있다. 이러한 방해요소를 해결하기 위하여 카디널 스플라인을 이용함으로써 직선 차선뿐만 아니라 곡선 차선에 대해서도 검출이 가능하였다. 역 투시변환을 이용한 차선 검출에서는 곡선 차선이라도 짧은 구간을 직선 차선으로 간주하고 차선 검출을 수행하였지만, 본 논문에서는 곡선 차선 검출을 수용할 수 있는 방법을 제안하고 이 방법이 직선 차선에 잘 적용됨을 보였다. 또한 곡선 차선 검출에서 사용되는 카디널 스플라인의 매개변수는 자연스러운 곡선을



Fig. 14. A Input Image



Fig. 14. B Road Image Extracted from A



Fig. 14. C Input Image



Fig. 14. D Road Image Extracted from C

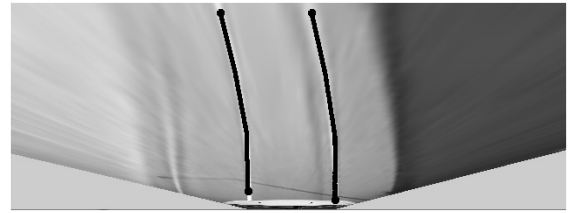


Fig. 15. A tension = 1



Fig. 15. B tension = 0.8



Fig. 15. C tension = 0.4



Fig. 15. D tension = 0.1

나타내기 위하여 tension의 값을 0.1로 사용하였으며, 다음 Fig. 15는 tension값을 변경시켰을 경우에 대한 곡선 차선의 결과를 보여주고 있다.

본 논문에서 제안하는 방법은 편의를 위하여 OpenCV로 개발하였으며, Intel i5 650, 2GB RAM 컴퓨터에서 640*360 크기의 영상을 처리하는 데 15~20ms 정도의 소요시간을 보였다. 이는 영상 전체를 스캔하여 차선을 찾아내는 기존의 방법[6]에 비하여 역 5~10ms 정도의 속도 향상을 가짐을 알 수 있다.

다음 표는 카메라 파라미터가 필요 없는 역 투시변환을 이용한 방법과 IPM 및 B-Snake 방법을 본 논문에서 제안하는 방법과의 비교를 나타낸 것이다. 제안한 방법은 차선을 검출할 때 차선 변화벡터를 사용하여 차선을 검출하게 되므로 이전 방법과 같이 모든 영상에 대한 연산을 할 필요

Table 1. The Comparison between Previous Methods and Proposed Method

(○: Possible, △: Some Possible, ×: Impossible)

Method	Heo and Han method [6]	IPM method [4]	B-Snake method [7]	Our proposal method
Evaluation items				
Processing time	20~30 ms	20~30 ms	250 ms	15~20 ms
Requirement for camera parameters	×	○	×	×
Support for straight lane	○	○	○	○
Support for curve lane	△	×	○	○

가 없기 때문에 검출 속도에 있어 향상된 결과를 얻을 수 있었다. 또한 이전 방법[5, 6]에서는 차선의 상태를 고려하지 않아 차선의 곡률이 심할 경우 잘못된 위치를 차선으로 판

단하는 문제가 있었다. 또한 곡선차선 추출을 대상으로 한 기존방법[7]은 연산시간이 길어 실시간 차선 검출에 적합하지 않은 문제가 있었다. 그러나 본 논문에서 제안한 방법은 곡선 차선뿐만 아니라 직선 차선의 경우에도 실시간으로 차선 검출이 가능한 것으로 나타났다. Table 1은 기존 방법과 제안한 방법의 비교를 나타내고 있다.

5. 결론 및 향후 연구방향

본 논문에서는 카메라 파라미터가 필요 없는 역 투시변환 방법 및 차선 필터를 이용함으로써 차선 영역을 추출하고, 이 과정을 시작 S 프레임과 그 다음 S+1 프레임 동안 반복 수행하여 차선 변화벡터를 획득한다. 그다음 프레임에서 차선 변화벡터를 이용하여 차선의 현재 위치를 예측해 검출시간을 단축시킬 수 있었다. 또한 차선 내 4개의 제어점을 설정하여 카디널 스플라인을 이용함으로써 곡선 차선의 검출이 가능하였다. 이 방법은 기존의 영상을 모두 스캔하여 차선의 위치를 찾아내는 방법과 달리 차선 벡터 부분만을 탐색함으로써 검출 시간을 현저하게 단축시킬 수 있었다. 또한 기존 방법과의 비교를 통하여 직선 및 곡선 차선 탐색에 있어 타당성을 검증하였다. 차후 연구에서는 도로위의 장애물을 검출하는 방법에 대하여 진행할 것이다.

Reference

[1] ETRI 산업분석연구팀 책임연구원, “지능형 자동차 안전기술 개발 동향,” 정보통신산업진흥원 IT기획시리즈, 2012.8.
 [2] Claudio R. J. and Christian. R. K., “A Lane Departure Warning System Using Lateral Offset with Uncalibrated Camera,” IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, pp.348-353, September, 2005.
 [3] 전자부품연구원, “차량안전시스템 산업동향,” 2010.12.
 [4] Massimo Bertozzi and Alberto Broggi, “Real-Time Lane and Obstacle Detection on the GOLD System,” IEEE International Symposium on Computer Vision, 1995.
 [5] Hwan Heo, Sung-Hun Kim, Il-Moon Chae, Ki-Tea Han, “Real-time Lane Detection Method using Inverse Perspective Transform and Lane Filter,” The 38th KIPS Fall Conference Vol.19, No.2 pp.545-548, 2012.11.
 [6] Hwan Heo, Gi-Tea Han, “A Robust Real-Time Lane Detection for Road with Slope”, KIPS Transactions on Software and Data Engineering, Vol.2, No.6, 2013.6.

[7] Y. Wang, E. K. Teoh, and D. Shen, “Lane detection and tracking using B-snake,” Image Vision Computing, Vol.22, No.4, pp.269-280, 2004.
 [8] V. B. Anand, Computer graphics & geometric modeling for engineers, J. Wiley, 1993.
 [9] Broggi, Alberto, “Robust real-time lane and road detection in critical shadow conditions,” Proceedings IEEE International Symposium on Computer Vision, 1995.
 [10] Broggi, Alberto, “An image reorganization procedure for automotive road following systems,” Image Processing, 1995. Proceedings., International Conference on, Vol.3. IEEE, 1995.
 [11] Fischler, M. A., and R. C. Bolles, “Random sample consensus: a paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography,” Communications of the Association for Computing Machinery, 1981.
 [12] R. I. Hartley and A.Zisserman, “Multiple View Geometry,” Cambridge University Press, 2003.



허 환

e-mail : hwan861@naver.com

2012년 가천대학교 컴퓨터미디어학과 (학사)
 2014년 가천대학교 전자계산학과 석사
 관심분야: 영상처리, 컴퓨터비전 등



한 기 태

e-mail : gthan@gachon.ac.kr

1982년 충남대학교 계산통계학과(학사)
 1990년 한양대학교 전자계산학과(공학석사)
 2001년 한양대학교 전자공학과(공학박사)
 2009년~2010 University of Texas at Austin, Researching professor
 1992년~현 재 가천대학교 컴퓨터미디어융합학과 교수
 관심분야: 컴퓨터비전, 영상처리, 스마트객체 응용기술, 모바일 콘텐츠 등