

비전 시스템을 이용한 자율 주행 차량의 실시간 주행 방향 추정

강 준 필, 정 길 도
전북대학교 제어계측공학과
전화 : 063-270-2478 / 핸드폰 : 011-650-8051

Traveling Direction Estimation of Autonomous Vehicle using Vision System

Jun Pil Kang, Kil To Chong
Dept. of Electronic & Information, Chonbuk University
E-mail : netokay@orgio.net

Abstract

In this paper, we describes a method of estimating traveling direction of a autonomous vehicle. For the development of autonomous vehicle, it is important to detect road lane and to reckon traveling direction. The object of a proposal algorithm is to perform lane detection in real-time for standalone vision system. And we calculate efficient traveling direction to find steering angle for lateral control system. Therefore autonomous vehicle go forward the center of lane by adjusting the current steering angle using traveling direction.

I. 서론

자율 주행 차량이란 목적지를 입력하면 주행환경을 스스로 인식하면서 목적지까지 신속하고 안전하게 주행하는 차량을 말한다[2]. 이러한 시스템의 개발에는 CCD 카메라를 센서로 장착하여, 이로부터의 주행로의 영상을 획득하여 차선을 인식하는 방법을 주로 사용한다[2][3][4]. 주행로의 형태는 연속적인 차선을 갖는 경우와 일반 도심도로에서 흔히 볼 수 있는 불연속적인 차선을 갖는 경우를 대상으로 한다. 또한 주행로 주변의 영상은 수시로 변하고, 주위 조도로 인한 불완전한

영상이 있을 수 있으며 전방 또는 측방 차량들도 주행선의 인식을 어렵게 한다. 이러한 주행 환경 영상에서의 정확한 차선을 인식하는 것도 필요하지만, 계산 처리량을 줄여 실시간으로 구현 가능한 비전 처리 시스템으로 구축하는 것도 중요하다. 또한 검색되어진 차선정보를 이용하여 실제 차량 제어에 필요한 핸들의 조향 각도를 계산하는 방법도 고려를 해야한다.

본 논문에서는 비전 시스템을 이용하여 여러 주행로 환경에서의 실시간적인 주행 방향 산출을 위한 실험을 하였다. 효율적인 차선 인식 뿐만 아니라 인식된 차선을 바탕으로 실제 자율 주행 차량의 핸들 조향을 계산하기 위한 주행 방향 추정 방법을 제시하였다. 차선 인식을 위해서는 실시간적인 측면에 비중을 두어 입력받은 영상을 전부 처리하지 않고 일부만을 처리하는 에지 기반 처리와 차선의 두께 정보를 이용하였다. 이를 토대로 저가의 머신 비전 시스템에서 시스템 부하가 없는 빠른 속도의 주행 방향 산출이 가능함을 검증해 보고자 한다.

II. 차선 인식 방법

자율 주행 차량에서의 횡 방향 제어란 수동에 의하지 않고 자동으로 핸들을 움직여서 차량이 차선의 중간선을 따라가는 것이다. 이 횡 방향 제어를 위해서는 CCD카메라를 이용하여 차선 검출을 해야 한다. 이 기능이 자율주행 차량에서 제일 먼저 구현되어야 하는

부분이며, 도로를 정확히 인식하지 않으면 자율 주행이 불가능해지고 사고의 위험이 있으므로 안정성에 있어서 확실한 보장을 해야 한다. 즉, 주행중인 차량에서의 차선 검출은 실시간으로 이루어져야 하며, 다양한 환경에서도 강인해야 한다.

2.1 차선 검출을 위한 기본 가정

다양한 환경에서의 차선 인식은 오차가 생길 경우가 더 많으며, 고가의 비전 시스템을 더 요구할지도 모른다. 본 논문은 효율적인 차선 인식을 위해서는 아래와 같은 가정을 두었다.

- ① 주행하는 차선의 폭과 두께는 거의 일정하다.
- ② 도로 포장이 잘 되어 있고, 차선과 도로는 어느 정도 구별이 가능하다.
- ③ 중앙선을 인식할 필요가 없으며, 도로색은 흰색이라 가정한다.
- ④ 고속도로처럼 급커브나 교차로 등은 없다.

2.2 비전 시스템의 구성

아래 그림 1은 횡 방향 제어 시스템에서의 비전 시스템 부분을 나타낸다. 그림의 Processing Area처럼 본 논문은 크게 에지 기반 처리와 차선의 두께 정보를 이용하여 차선을 추출하고, 차량의 횡 방향 조향각 계산을 위한 주행방향을 산출한다

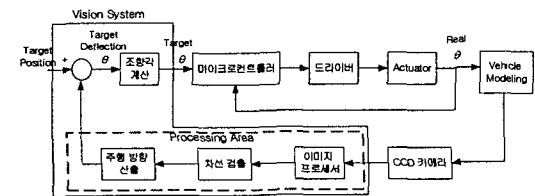


그림 1. 횡 방향에서의 비전 시스템
Fig 1. Vision System in Lateral Control

2.3 Edge 연산자

영상에서 주행로를 인식하기 위해서 gradient를 이용하여 에지 normal각을 구해, 왼쪽 차선 에지와 오른쪽 차선 에지를 분리한다. 차선의 윤곽은 농도가 급격히 변하는 부분이므로 1차 미분 연산자인 Sobel연산자를 사용한다.

$$\text{gradient} = (Z_3+2Z_6+Z_9)-(Z_1+2Z_4+Z_7)$$

여기서, Z는 해당 픽셀의 화소 값이다.

2.4 차선 검출 방법

위의 기본 가정처럼 같은 차선의 직선 또는 완만한 커브를 지닌 도로에서 차량 전방에 나타나는 차선의 형태는 거의 직선의 형태를 띤다. 그리고 근거리의 영상은 차선의 폭이 크고 차선의 색깔도 명확하므로 그

부분의 차선을 검출하는 것이 더 쉽다. 또한 영상 전체를 처리하는 것은 많은 연산처리 시간을 요구하므로 실시간 감지에 적당치 않다. 이러한 이유로 영상 영역 내에 탐색 영역을 정하고 근거리부터 차선을 인식한 후에 원거리 차선을 인식하는 것이 효율적이다.

Step1. 영상 화면의 수평 탐색을 위한 2개의 서로 다른 y좌표를 설정한다. (주행로 경계를 추출하기 쉽도록 영상화면의 아래쪽 부분으로 y좌표를 설정한다.)



그림 2. 탐색 영역

Fig 2. Searching Area

Step2. 탐색할 y좌표를 기준으로 임의영역의 y방향으로 profile을 구한다.

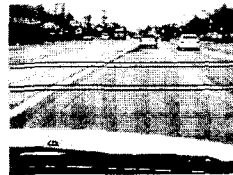


그림 3. 프로파일 영역
Fig 3. Profile Area

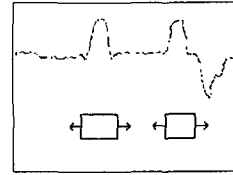


그림 4. 프로파일 영상
Fig 4. Profile Image

Step3. 도로나 차량에 비해서 차선의 화소 값이 크므로 Edge 연산자를 이용하여 gradient값을 구하고, 주어진 임계값과 비교하여 경계를 찾는다.

case1. 양쪽의 경계를 모두 찾은 경우에는 이전에 구해진 평균값과 비교해 가장 가까운 지점을 차선의 경계라고 결정한다. 좌측과 우측 경계의 평균값은 아래의 식에 의해서 구해진다.

$$X_{L_{avg}}(t+1) = \alpha * X_{L_{avg}}(t) + (1-\alpha) * X_L(t)$$

$$X_{R_{avg}}(t+1) = \alpha * X_{R_{avg}}(t) + (1-\alpha) * X_R(t)$$

여기서, $0 \leq \alpha \leq 1$ 이고, $X_L(t), X_R(t)$ 은 좌측과 우측 경계에서의 x좌표 위치이다.

case2. 한쪽의 경계를 찾지 못한 경우에는 이전 값 $X_{L_{avg}}$ 나 $X_{R_{avg}}$ 의 정보와 차선폭의 길이 정보를 이용하여 차선의 위치를 예측한다. 실제 도로는 불연속적인 도로가 많으므로 다른 차선의 위치를 예측하는 것은 중요하다.

case3. 양쪽의 경계를 모두 찾지 못한 경우에는 일정 시간동안 이전의 평균 차선 위치 값을 이용하여 차

비전 시스템을 이용한 자율 주행 차량의 실시간 주행 방향 추정

선을 인식한다. 이 상황이 계속되면 도로를 인식하지 못하거나 도로가 없는 것으로 인식하여 주행 여부를 결정한다.

Step4. 검색된 경계가 잡음에 의한 잘못된 경계인지 차선의 경계인지를 검증한다.

- 1) 검색된 차선의 x좌표가 Profile값이 가장 큰 영역의 범위안에 있어야 한다.
- 2) 차선 경계의 폭을 임계값과 비교하여 일정 범위 내에 있는지 확인한다.
- 3) 차선폭 크기에 $d_1 < d_2$ 조건을 만족해야한다. d_1 , d_2 은 y축상의 차선폭의 길이를 의미한다.

위의 조건을 만족하면 차선으로 인식하여 차선의 중앙값 x좌표를 찾아내고, 그렇지 않은 경우에는 현재 처리된 이미지를 무시하고 다음 이미지로 넘어간다.

Step5. y좌표에서 찾아낸 차선의 중앙값인 x좌표를 찾아내어 주행 방향을 추출하도록 한다.

Step6. Step1로 간다.

III. 차량의 주행 방향 추정 방법

정확한 차선 인식이 이루어지면 차량이 차선의 중간 선을 따라가도록 핸들 조향 각도를 계산해야 한다. 그림 5는 검출된 양쪽 차선을 이용하여 주행 방향을 찾아내는 알고리즘을 나타낸 것이다.

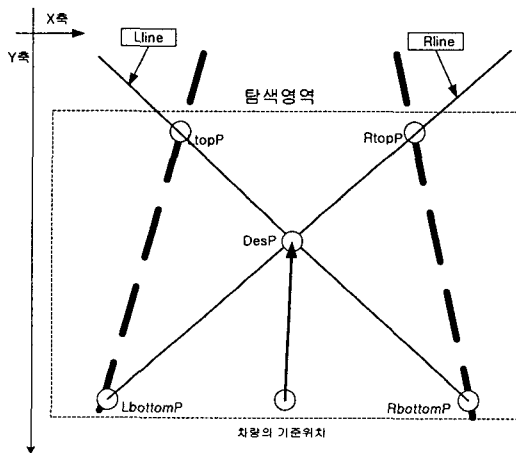


그림 5. 주행 방향 산출

Fig 5. Estimation of Traveling Direction

영상의 탐색 영역에서 검출해 낸 양쪽 차선을 바탕으로 위, 아래의 y좌표를 지정하여 LtopP, RtopP, LbottomP, RbottomP 네 개의 좌표를 찾아낸다. 그리고, LtopP와 RbottomP를 잇는 Lline의 방정식의 기울

기를 a라 하고, y절편을 b라 라면 아래의 식 (1), (2)와 같이 된다.

$$a = \frac{LtopPY - RbottomPY}{LtopPX - RbottomPX} \quad (1)$$

$$b = LtopPY - aLtopPX \quad (2)$$

나머지 두 점의 좌표를 잇는 Rline의 기울기를 c, y절편을 d라 하면 식 (3), (4)와 같이 된다.

$$c = \frac{RtopPY - LbottomPY}{RtopPX - LbottomPX} \quad (3)$$

$$d = RtopPY - cRtopPX \quad (4)$$

여기서 두 직선의 교점이 만나는 목표점(DesP)은 아래의 식 (5)와 같이 되고,

$$DesX = \frac{d-b}{a-c}, \quad DesY = aDesX + b \quad (5)$$

이것을 차량이 이동해야 하는 주행방향으로 정한다.

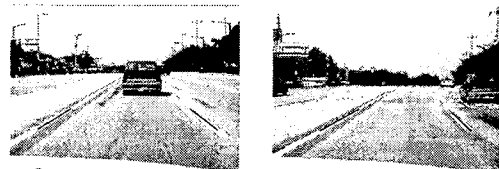
차량이 처음 기준 위치에서 목표점의 x좌표와 비교하여 그 크기가 작으면 목표점에 도달할 때까지 증가하고, 반대의 경우는 감소한다. 즉, 목표점의 x좌표를 이용하여 핸들을 돌리기 위한 조향각 생성을 할 수 있을 것이며, 차량이 목표점에 도달할 때까지 계속 진행하기 때문에 목표점의 y좌표를 이용하여 진행 경로까지 산출해 나갈 수 있다.

IV. 실험 결과

주행 방향 추정을 위한 실험은 MMX200MHz PC 기반에 MyVision 영상보드를 이용하여 실험하였다. 입력된 영상은 320×240 Gray 해상도를 갖고 있으며, 영상 한 장을 입력받아 이를 처리하고, 처리된 결과를 모니터 화면상에 출력하는 것은 신경 쓰지 않았다. 영상 한 장에서 차선을 인식하고, 주행 방향을 산출하는데 약 38msec가 소요되어 초당 26.3frame의 영상을 처리할 수 있다.

4.1 차선 검출

아래 화면은 직선 도로일 경우와 곡률이 약간 있는 도로에서의 모습이며, 주야간일 경우를 대상으로 하였다. 야간일 경우는 영상이 희미하여 처리 시간이 길었으면, 오차율도 커졌다.



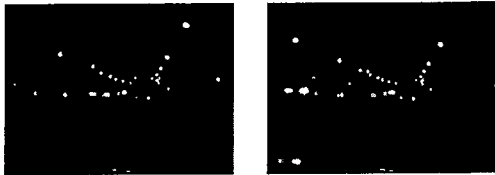


그림 6. 처리 결과
Fig 6. Processing Result

4.2 주행 방향 추정

차량의 주행 방향이 추정하는 것을 보이기 위해서 1 초 이상의 시간 간격으로 결과를 표시하였다.

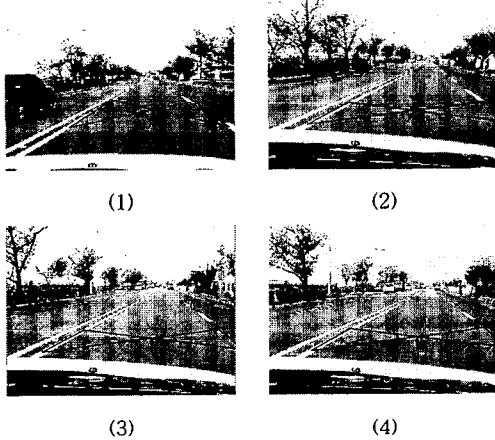


그림 7. 주행 방향 추정
Fig 7. Estimation of traveling direction

V. 결론

본 논문에서는 비전 시스템을 이용하여 차량의 자율 주행을 위한 주행 방향 산출 계산을 실시간으로 하기 위한 실험을 하였다. 실험 결과에서처럼 본 논문의 방법은 탐색 영역의 차선을 정확히 검출하여 주행 방향을 표시해주고 있다. 이 주행 방향을 이용하여 차량의 핸들을 움직이기 위한 조향각 데이터를 손쉽게 만들어 낼 수 있을 것이다.

차선 인식에 관한 연구는 오래전부터 상당히 많이 연구되었지만, 실제 차량에 장착하기에는 시스템적인 부담이 컸으며 실제 도로상에서 테스트하기가 어렵다는 단점이 있다. 본 실험은 MMX200MHz의 저가 비전 시스템으로도 실시간적인 주행 방향 산출이 가능하다는 것을 보였지만 주야간 및 우천과 같은 상황, 곡률이 큰 도로, 속도에 따른 주행로의 영상, 칼라 영상, 카메라 pan각도 등의 다양한 상태에서 이루어지지 않았다. 따라서 다양한 상태에서의 영상을 대상으로 한 연

구가 필요하며, 이를 바탕으로 DSP standalone방식의 원칩 차량 컨트롤러로 주행 방향 산출로 횡 방향 제어를 위한 연구를 할 것이다.

참고문헌

- [1] Gonzales, Woods, "Digital Image Processing", Addison-Wesley, 1992.
- [2] 문순환, "이동 운반체 자율 주행 제어", 박사 학위 논문, 고려대학교, 1996.
- [3] 권화중, 이준호, "Hough 변환과 2차 곡선 근사화에 기반한 효율적인 차선 인식 알고리즘", 한국 정보처리학회 논문지, pp.3719-3717, Dem. 1999.
- [4] Bertozzi, M., Broggi, A., "GOLD: A Parallel Real-Time Stereo Vision System for Generic Obstacle and Land Detection", IEEE Trans. Image Process., pp.62-81, 1998.
- [5] Yue Wang, Dinggang Shen, Eam Khwang Teoh, "Lane detection using spline model", Pattern Recognition Letters, pp.677-689, Nov, 1998.
- [6] 이준웅, "영상처리 기반의 차선인식 알고리즘", 제어자동화시스템공학회지, Vol.4, no.6, 1998.
- [7] 조지운, 박성원, "영상 처리 기법을 이용한 자율주행시스템 개발", 한국경영과학회/대한산업공학회, '97 춘계공동학술대회, pp.258-261, 1997