

차선인식을 위한 무인자동차의 차량제어 및 모델링에 관한 연구

김 상 겸* · 임 하 영 · 김 정 하

국민대학교 자동차공학전문대학원

Research of the Unmanned Vehicle Control and Modeling for Lane Tracking

Sanggyum Kim* · Hayoung Lim · Jungha Kim

Graduate School of Automotive Engineering, Kookmin University, Seoul 136-702, Korea

(Received 14 June 2003 / Accepted 8 September 2003)

Abstract : This paper describes a method of lane tracking by means of a vision system, which includes vehicle control and modeling. Lane tracking is considered one of the important technologies in an unmanned vehicle and mobile robot system. The current position and condition of the vehicle are calculated from an image processing method by a CCD camera. We deal with lane tracking as follows. First, vehicle control is included in the road model, and lateral and longitudinal controls. Second, the image processing method deals with the lane detection method, image processing algorithm, and filtering method. Finally, this paper proposes a correct method for lane detection through a vehicle test by wireless data communication.

Key words : Unmanned vehicle(무인자동차), Longitudinal control(종방향제어), Lateral control(횡방향제어), Lane tracking(차선인식), CCD camera(CCD카메라)

Nomenclature

| | | | |
|------------|--|---------------|--|
| C_f, C_r | : cornering stiffness of the front and rear tires | \bar{h} | : interval between P_1, P_2 and P_3, P_4 line pixels |
| d | : distance from the center of the lane to the camera | I_z | : moment of inertia of vehicle |
| \bar{d} | : difference between P_1, P_2 and P_3, P_4 coordination | k_p | : gain of P control |
| D | : distance from the center of gravity to l_a (camera view point) | k_i | : gain of I control |
| e | : velocity error | l_a | : distance from the central weight to D |
| h | : height from X,Y plane to the camera | l_f, l_r | : distance from the central weight to the front and rear tires |
| | | m, n | : parameters of the camera resolution |
| | | M | : mass of vehicle |
| | | \bar{n} | : DC motor rpm |
| | | \rightarrow | : optic axle |
| | | p_s | : motor control value |
| | | r | : yaw rate |
| | | u, v | : image coordinate |

*To whom correspondence should be addressed.
ssanggyum@hanmail.net

- v : velocity of the vehicle
- v_{actual} : real velocity of vehicle
- $v_{desired}$: object velocity of vehicle
- v_x : velocity of longitudinal direction
- v_y : velocity of lateral direction
- x, y : real coordiante
- y_a : distance error from the central of the lane to D
- y_c : distance from the central of the lane to center of gravity
- $\bar{\gamma}$: angle between $\vec{\eta}$ and X axle
- $\vec{\eta}$: vector projected in the plane $z=0$ of the optic axle
- θ : angle between the optic axle and X,Y plane
- α_w, α_v : visual field angles of the camera
- δ : steering angle of the vehicle
- β : side slip angle
- ψ : yaw angle

1. 서론

오랜 기간 동안 군사, 감시, 지형 맵핑 및 위험한 환경과 산업분야에서 비전 시스템은 널리 사용되어 왔다. 최근 몇 년 사이에 이러한 비전시스템은 자동차 분야에도 널리 적용되어 사용되고 있다.¹⁾ 특히 차량 주행의 안전성을 위한 응용분야로 선진국, 산업체 연구소, 대학 등에서 많은 연구를 수행해 오고 있다. 이러한 연구 중 비전 시스템을 통한 무인자동차에 대한 연구는 그 중요성이 더해가고 있으며 대표적인 것이 차선인식과 차량제어 방법이다.²⁾ 두 방법은 무인자동차에 있어 매우 중요하게 다루어지며 정확성과 민감도를 요구한다. 각각의 시스템은 수많은 실험과 정확한 데이터 분석이 필요하며, 도로 실험을 통하여 에러 요소들을 발견할 수 있다. 무인자동차의 모션을 제어하기 위하여 본 논문에서는 횡방향 제어와 종방향 제어를 위한 차량 모델링과 제어를 설계하였다. 종방향 제어는 포토 인터럽트와 홀 센서를 차량의 바퀴에 부착하여 주행에 따

른 센서의 신호를 검출하여 PIC micro controller에 의하여 PWM 제어로서 차량의 속도를 제어 하였다.³⁾ 횡방향 제어는 CCD 카메라로부터 도로 영상의 데이터 좌표를 받아 데이터 값의 변화에 따라 RC 서보모터를 제어함으로써 차량의 조향을 제어 하였다. 이 RC 서보모터는 PWM으로 구동되며 SMC (servo motor controller)를 사용하여 PWM 과형을 생성하였다. 또한 카메라를 이용한 비전시스템은 단순한 차량의 조향 제어 뿐만 아니라 전방의 물체와 차선 인식을 위하여 사용되었다.^{4,5)} 따라서 본 논문에서는 차선인식 방법과 차선인식을 위한 영상처리 알고리즘을 고안하였고, 영상처리 방법에 대하여 다루었으며 최종적으로 유·무선 통신 시스템을 통하여 영상처리시간과 필터링에 대하여 설명 하였다.

2. 이론해석

2.1 무인자동차의 차량제어 시스템

2.1.1 로드모델

일반적으로 도로의 정보는 카메라를 통하여 얻는다. 그러나 카메라는 2차원 좌표계를 가지고 있고, 차량 제어는 3차원 좌표계를 요구하기 때문에 카메라를 통하여 얻은 정보는 차량 제어를 위하여 적절하지가 않다. 그러므로 이러한 정보는 좌표계 변환 과정이 필요하며 이를 역원근변환이라 한다. 역원근변환은 도로가 평탄하다는 가정 하에서 이루어진다. 본 논문에서는 2차원 좌표계로부터 로드 영상을 얻기 위하여 카메라 렌즈의 파라미터들을 결정하였으며, 로드 모델을 통하여 실세계 좌표계를 구하였다. Fig. 1은 카메라의 위치에 따른 실세계 좌표계에서의 X, Y평면과 $Z\eta$ 평면과의 관계를 보여준다.^{6,7)}

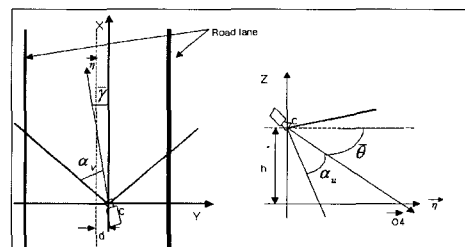


Fig. 1 Relationship between image coordinate and real coordinate

Fig. 1로부터 좌표 변환 방정식은 실세계 좌표계 변환식 (1)과 (2)로 표현된다.

$$u(x, y, 0) = \frac{\tan^{-1} \left[\frac{h \cdot \sin \{ \tan^{-1} (\frac{y}{x}) \}}{y} \right] - (\bar{\theta} - \alpha_u)}{\frac{2\alpha_u}{n-1}} \quad (1)$$

$$v(x, y, 0) = \frac{\tan^{-1} (\frac{y}{x}) - (\bar{r} - \alpha_v)}{\frac{2\alpha_v}{m-1}} \quad (2)$$

실세계 좌표계에서의 영상 좌표계의 변환 식은 (3)과 (4)식으로 표현된다.

$$x(u, v) = \frac{h}{\tan \{ \bar{\theta} + (\frac{2u}{n-1} - 1)\alpha_2 \}} \cdot \cos \{ \bar{r} + (\frac{2v}{m-1} - 1)\alpha_1 \} \quad (3)$$

$$y(u, v) = \frac{h}{\tan \{ \bar{\theta} + (\frac{2u}{n-1} - 1)\alpha_2 \}} \cdot \sin \{ \bar{r} + (\frac{2v}{m-1} - 1)\alpha_1 \} \quad (4)$$

2.1.2 횡방향 제어 및 모델링

차량의 횡방향 제어는 정확한 차선인식과 차량제어를 위하여 필요하다. 본 논문에서는 차량의 정확한 횡방향 제어를 위하여 single-track 모델을 사용하였고, Fig. 2는 선형화된 차량의 횡측 모델을 보여준다.^{6,8)}

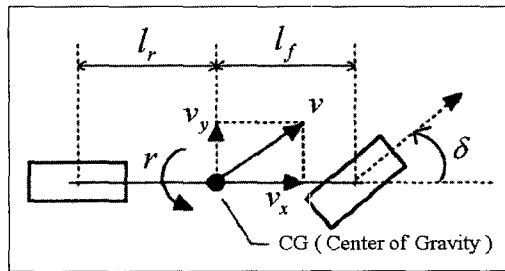


Fig. 2 Steering single-track model

만약 차량이 일정한 속도로 주행한다고 가정하면 모델 방정식은 식 (5)와 같이 표현 할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} \dot{v}_y \\ \dot{r} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_y \\ r \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} \delta \quad (5)$$

여기서, 식 (5)는 다음과 같이 정의 된다.

$$a_{11} = -\frac{(C_f + C_r)}{Mv_x}, \quad a_{12} = -v_x + \frac{(C_r l_r - C_f l_f)}{Mv_x}$$

$$a_{21} = \frac{(C_r l_r - C_f l_f)}{I_z v_x}, \quad a_{22} = -\frac{(C_r l_r^2 + C_f l_f^2)}{I_z v_x}$$

$$b_1 = \frac{C_f}{M}, \quad b_2 = \frac{C_f l_f}{I_z}$$

더욱 정확한 차량의 횡측제어를 위한 차량 모델은 Fig. 3에 나타난 바와 같이 편 요각 (yaw angle)과 전방오차를 포함하는 모델로 확장할 수 있다.⁹⁾

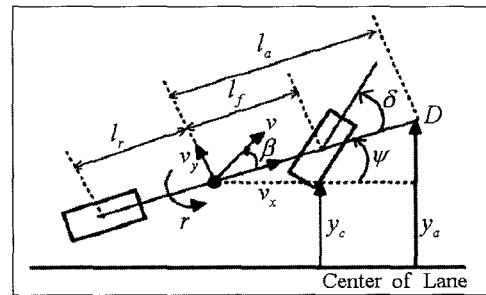


Fig. 3 Relationship of the expanded single-track model and lane

만일 Fig. 3에서 $\Psi \ll 1$ 이라면, y_c 와 y_a 는 다음과 같이 근사화시킬 수 있다.

$$y_c \approx v_y + v_x \Psi \quad (6)$$

$$y_a \approx y_c + l_a \Psi \quad (7)$$

식 (6), (7)과 $\Psi = r$ 이라는 사실로부터 y_a 는 식 (8)로 표현된다.

$$y_a = y_c + l_a \Psi = v_y + v_x \Psi + l_a r \quad (8)$$

따라서 식 (5), 식 (6)과 (8)을 통하여 얻어진 차량 모델은 식 (9)와 같이 표현할 수 있다.

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + B\delta(t) \quad (9)$$

여기서, 식 (9)는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$x(t) = \begin{bmatrix} y_c(t) \\ y_a(t) \\ \psi(t) \\ \gamma(t) \end{bmatrix}, \quad A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & A_{22} & -v_x A_{22} & A_{24} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & A_{42} & -v_x A_{42} & A_{44} \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ b_1 + l_a b_2 \\ 0 \\ b_2 \end{bmatrix} \quad (10)$$

식 (10)으로부터 확장에 의하여 다음 (11)식을 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} A_{22} &= a_{11} + l_a a_{21} \\ A_{24} &= a_{12} + v_x + l_a a_{22} - l_a A_{22} \\ A_{42} &= a_{21}, \quad A_{44} = a_{22} - l_a a_{21} \end{aligned} \quad (11)$$

또한 본 논문에서, 차량의 횡방향 제어는 CCD 카메라로부터 얻은 도로의 영상 데이터를 이용하여 조향 모터를 제어하고 영상처리를 거쳐 차선부분만을 추출하여 Fig. 4와 같이 4개의 점을 찾아낸다. 찾아낸 4개의 점을 바탕으로 차량의 진행방향을 결정하게 된다.⁵⁾

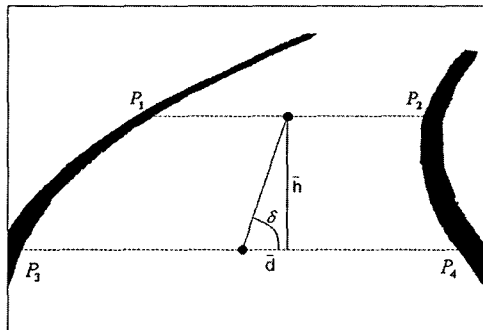


Fig. 4 Extract points of right and left lane

차량의 조향각(δ)을 계산하기 위하여 주어진 점 $P_1(x_1, y_1)$, $P_2(x_2, y_2)$, $P_3(x_3, y_3)$, $P_4(x_4, y_4)$ 의 좌표를 이용하여 \bar{h} 와 \bar{d} 을 계산한다.

$$\bar{d} = \left| \frac{x_4 - x_3}{2} - \frac{x_2 - x_1}{2} \right|, \quad \bar{h} = 100 \text{ (constant)} \quad (12)$$

$$\delta = \tan^{-1} \frac{\bar{h}}{\bar{d}} \quad (13)$$

차량의 조향각 범위가 $\pm 30^\circ$ 이고 서보모터의 운동범위는 $\pm 90^\circ$ 이므로 식 (14)와 같은 모터의 제어 값을 구할 수 있으며 이 값은 최종 출력되는 서보모터의 PWM 값을 의미한다.

$$p_s(n) = 1.417\theta(n) + 127.53 \quad (14)$$

2.1.3 종방향 제어 및 모델링

주행 차량의 속도를 유지하기 위해서는 차량의 속도를 검출하여 제어 시스템에 반영하여야 한다. 본 논문에서는 포토 인터럽트와 홀 센서를 사용하여 차량의 속도를 측정하였다. 목표속도를 $v_{desired}$, 실제속도를 v_{actual} , 속도 에러를 e 로 나타내었을 때 속도의 에러는 식 (15)와 같이 나타낼 수 있다.

$$e(\bar{n}) = v_{desired} - v_{actual} \quad (15)$$

이 속도 에러는 u_p 와 u_i 를 계산하는데 사용되어지고 여기서 u_i 는 속도 에러뿐만 아니라 전 단계의 값에도 영향을 미친다. 그리고 식 (16)과 (17)식으로 표현할 수 있다.

$$u_p(\bar{n}) = k_p \times e(\bar{n}) \quad (16)$$

$$u_i(\bar{n}) = u_i(\bar{n}-1) + k_i \times e(\bar{n}) \quad (17)$$

위 (16)과 (17)식을 이용하여 실제적인 출력 값의 계산식은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$u(\bar{n}) = u_p(\bar{n}) + u_i(\bar{n}) \quad (18)$$

위 식 (18)을 바탕으로 PI 제어를 설계하였고 Fig. 5는 차량의 종방향 제어를 위한 하드웨어 구성과 신호의 흐름을 보여준다.

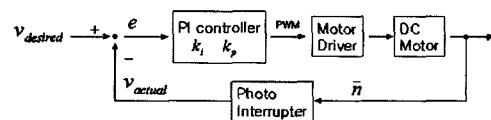


Fig. 5 Closed-loop control system for longitudinal control

제어에 필요한 게인 값인 k_p, k_f 은 반복 실험과 시뮬레이션을 통하여 구하였고 결과로부터 각각의 게인 값인 $k_p=4, k_f=1$ 를 얻었다. Fig. 6은 목표 속도와 PI 제어기를 통한 차량의 실제 움직인 속도를 보여준다. Fig. 6에서 알 수 있듯이 목표 속도에 좋은 반응을 보여준다. 하지만 약간의 시간 지연현상이 나타남을 알 수 있다.

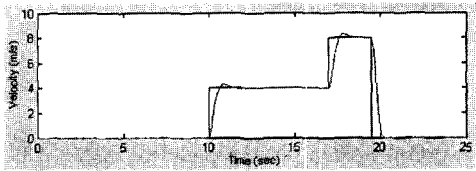


Fig. 6 Compare of the desired and actual velocity of the vehicle

2.2 무인자동차의 비전 시스템

2.2.1 비전 시스템

무인자동차의 비전 분야는 산업 자동화를 위한 컴퓨터 비전 기술 응용을 통하여 표현할 수 있다. 이러한 비전 기술은 지난 수십 년에 걸쳐 활발하게 연구되어 왔으며, 점차적으로 많은 분야에 실제적으로 응용되고 있다. Fig. 7은 가장 일반적인 영상처리 흐름 도를 보여준다.⁹⁾

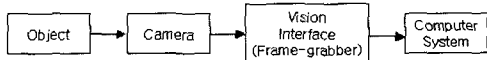


Fig. 7 Vision system components

2.2.2 차선인식을 위한 비전처리

본 논문에서는 차선인식을 위한 영상처리를 위하여 영상처리 기법 중에 하나인 이진화 방법을 사용하였다. 이 이진화를 위하여 임계값(경계값)을 결정하였으며 임계 값은 도로의 영상에서 차선만을 추출하기 위해 반복적인 실험을 통하여 얻었다. 또한 영상처리는 주변 환경(빛, 그림자) 등에 많은 영향을 받으므로 보다 정확한 이미지 처리를 위하여 노이즈를 제거하기 위한 필터링을 설계하여야 한다. 이 이미지에서 잡음은 특정 정보를 추출하는데 방해가 되므로 잡음의 성질에 따라 제거하는 방법을 달리 해야 한다. 이 이진화 된 이미지에서의 필터링 방법으로는 평활화(Equalizing)방법, 메디언 필터(Median

Filter)방법, 팽창(Dilation) 혹은 침식(Erosion)방법 등이 널리 사용되고 있다. 따라서 본 논문에서는 메디언 필터링 방법을 이용하여 이미지의 잡음을 제거하였다.⁹⁾ Fig. 8은 필터링을 통한 이미지를 보여주며, 이 이미지를 바탕으로 차선을 추출하게 된다. 본 논문에서는 이미지 전체 영역을 검색하는데 많은 시간이 걸리기 때문에 영상처리시간을 줄이기 위하여 두 행을 검색함으로써 차선의 정보를 추출하였다.

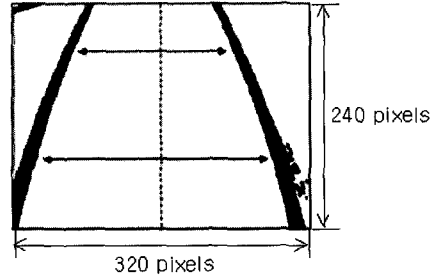


Fig. 8 Lane searching range of road image

검색한 행을 본 논문에서는 IL(interesting line)이라 하고 이미지에서 80번째 픽셀라인과 180번째 픽셀라인을 선택하였다.

Figs. 9와 10은 필터링 처리를 통한 차선 부분만을 픽셀 값으로 보여주며 위 결과를 이용하여 한 이미지에 대한 P_1, P_2, P_3, P_4 의 총 4개의 차선 좌표를 얻을 수 있다.

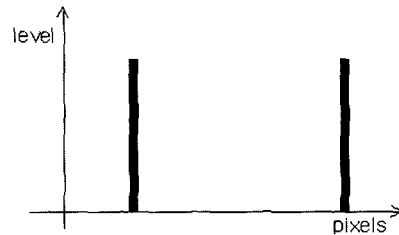


Fig. 9 Road image at P1, P2 pixels[80th pixel]

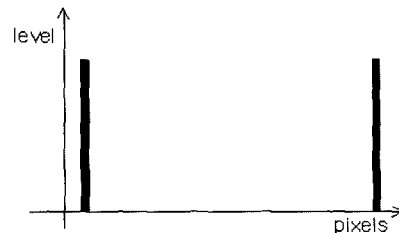


Fig. 10 Road image at P3, P4 pixels[180th pixel]

2.2.3 차선인식 알고리즘

비전 시스템에 의한 차량의 횡방향 제어는 무인 자동차에 있어 중요한 요소 중에 하나이며 도로의 차선 정보로부터 얻을 수 있고 이 정보는 차선인식 알고리즘에 사용된다. Fig. 11은 본 논문에서 사용한 차선인식 알고리즘을 보여준다.

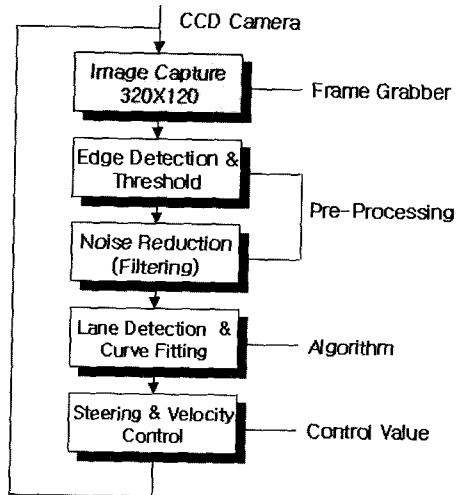


Fig. 11 Flowchart of lane detection algorithm

필요로 하는 도로의 이미지를 얻기 위하여 다음과 같은 단계를 거쳐야 한다. 첫 번째로 카메라로부터 도로의 실제 이미지를 비전 보드를 통하여 읽어온다. 두 번째로는 읽어온 이미지를 밝기 값이 0 또는 255를 갖는 이진화 영상으로 만든다. 얻어진 영상의 임계 값을 결정해야 하는데 원 영상의 정보는 도로의 특징, 빛의 세기, 물체의 그림자 또는 기타 주변 환경에 민감하게 반응을 한다. 그러므로 임계 값을 가변적으로 변할 수 있게 해야만 한다. 또한 도로의 영상에서 차선만을 추출하기 위해서는 많은 영상 처리 방법이 있지만 본 논문에서는 가장 일반적인 Sobel 방법인 미분 연산자를 이용하여 차선의 윤곽을 추출하였다. 일반적으로 도로에서 무인차량이 안전하게 운행을 하기 위해서는 초당 30 frame 이상의 이미지를 처리를 해야 한다. 따라서 본 실험에서는 특정 부분만을 이미지 처리함으로써 이미지 처리시간을 단축하였고, Fig. 12는 실제 도로 이미지로부터 처리되는 영역을 보여준다.⁴⁾

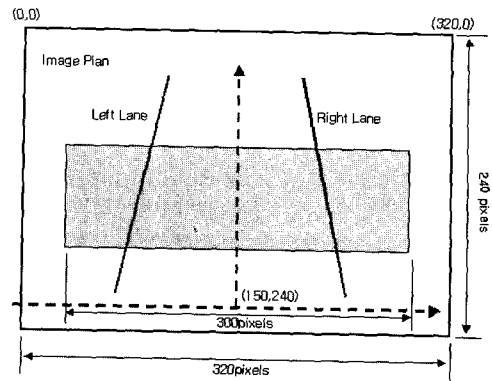


Fig. 12 Setup of search window in search mode

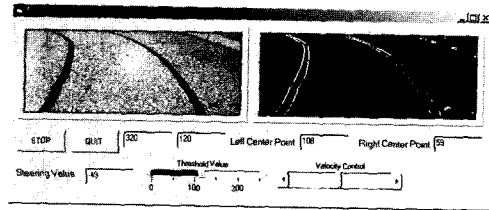


Fig. 13 Test program for vehicle driving

여러 번의 선행 처리를 통해 CCD카메라로부터 얻은 영상은 차선 위치를 계산하고, 계산된 영상은 데이터베이스를 통하여 선행 차선과 비교하여 현재의 차선을 인식한다. Fig. 13은 차량진행 환경 및 영상처리를 보여준다.

3. 실험평가

무인자동차의 실험평가는 차량제어를 통한 차선 인식과 영상처리 시간으로 분류할 수 있다. 본 논문에서는 앞 절에서 제시한 차량 제어 이론에 대한 실험평가를 위하여 다음과 같은 시스템을 구성하였다. 시스템은 비전보드, RF통신 모듈, DC모터, CCD 카메라 등으로 구성되었다.⁵⁾

3.1 차선인식을 위한 차량 및 조향실험

앞 절에서 언급한 종방향 제어 이론과 횡방향 제어 이론에 대한 검증으로 첫 번째 차량의 종방향 제어를 이용한 차선인식에 대하여 실험평가를 수행하였으며, CCD카메라와 비전보드를 통하여 얻어진 차량 데이터 및 도로 영상 데이터는 차선인식과 차량 제어 및 조향제어를 위하여 사용되고, 도로 상에

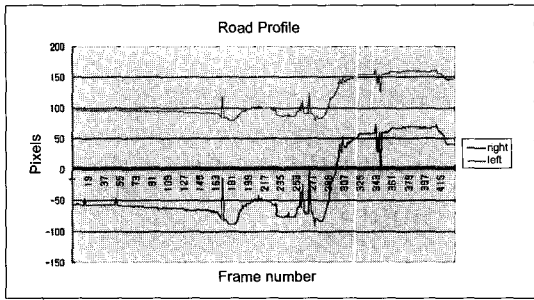


Fig. 14 Lane data profile using wire communication

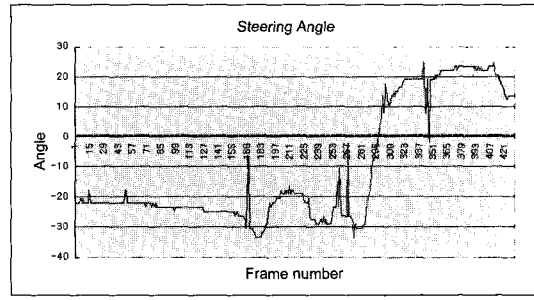


Fig. 16 Steering angle using wire communication

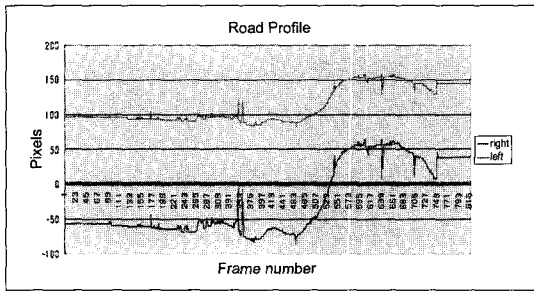


Fig. 15 Lane data profile using wireless RF module

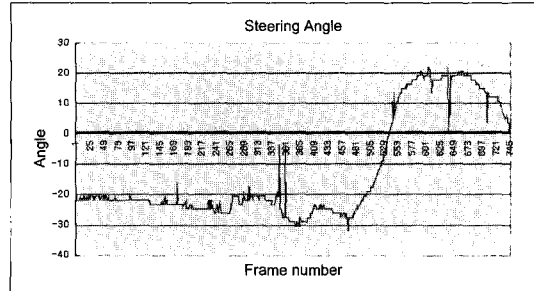


Fig. 17 Steering angle using wireless communication

차선을 추종하게 된다. 이러한 실험에서 무인차량과 메인 컨트롤 PC 사이의 데이터를 주고받기 위하여 통신 시스템이 사용된다.

Figs. 14와 15는 유·무선 통신시스템에서의 차량제어를 위한 종방향에 대한 차선 인식과 영상처리 결과의 플롯을 보여준다. 결과에서 보여 주듯이 유선 상황에서의 결과가 무선 상황보다 종방향에 따른 주행 차량이 차선을 잘 인식함을 알 수 있었다. 무선 모듈을 사용하였을 때는 대부분의 값에서 일정한 잡음이 섞여 있는 것을 알 수 있는데 이것은 차량 진행에 따른 영상데이터 전송 중에 잡음이 섞여 영상처리과정 중에 잡음이 제거되지 않아 발생한 결과이며, 차선 인식 과정 중에 값이 심하게 변화하는 곳은 순간적으로 진행 방향에 대한 차량이 차선을 인식 못하였을 때 나타난 결과이다.

Figs. 16과 17은 같은 조건에서의 두 번째 실험으로서 앞 절에서 언급한 차량의 횡방향 제어를 위한 조향제어에 대한 차선 인식 결과를 보여준다. 실험 결과에서 알 수 있듯이 차량 진행에 따른 횡방향 제어(조향제어)에서도 종방향 제어에서와 같이 유선 상황이 무선 상황보다 조향 각도를 유지하는 경향

이 좋은걸 알 수 있다. 이와 같은 결과는 조향제어시 유선의 경우 데이터 전송시 잡음과 같은 외란의 영향을 덜 받기 때문으로 생각되며, 반면에 무선의 경우에는 조향 값을 전송할 때 노이즈 및 기타 외란에 의한 데이터의 손실이 발생하여 생긴 결과로 생각된다. 이 결과는 조향제어의 오차를 야기한다.

3.2 차선인식을 위한 영상처리시간

차선인식을 위한 무인자동차는 사람에 의하여 제어되지 않기 때문에 차량 데이터에 빠른 처리 시간은 매우 중요하다. 차선인식에 있어 대부분의 데이터 처리시간은 영상처리에 소비한다. 그러므로 본 논문에서는 유·무선통신과 각각 필터의 사용 유·무에 따른 영상처리 시간결과를 비교 분석 하였다. Fig. 18은 유·무선 통신에 따른 영상 1 프레임의 처리 시간을 보여준다.

실험 결과로부터 유선 조건의 경우 1 프레임의 영상 처리시간은 72ms이고, 무선의 경우 144ms로 약 두 배의 영상처리 시간차이가 있음을 알 수 있었다. 이 결과로부터 무선의 경우 영상처리 데이터 전송시 주변 환경 및 기타 왜란들 때문에 유선에 비하여

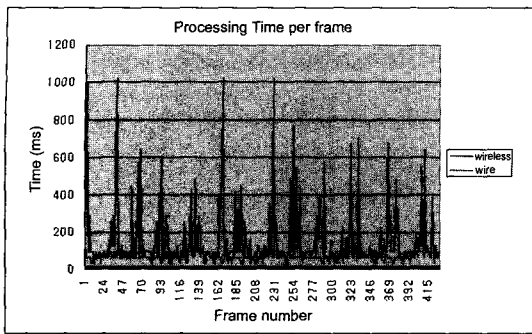


Fig. 18 Road image processing time

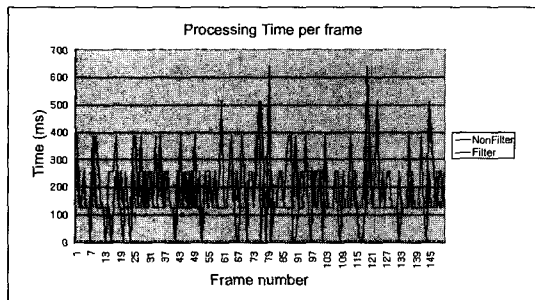


Fig. 19 Image processing time using filter

영상처리 시간이 증가함을 알 수 있었다. Fig. 19는 필터 사용 유·무에 따른 실험 결과의 비교를 보여준다.

실험 결과로부터 필터를 사용한 경우 1프레임당 평균 영상 처리시간은 205ms였고 사용하지 않는 경우 처리시간은 160ms를 보여주었다. 실험 결과로부터 잡음을 제거하기 위하여 필터를 사용하는 경우 처리시간이 증가함을 알 수 있었다.

4. 결론

본 논문에서는 차선인식을 위하여 무인자동차의 차량제어 및 시스템 모델링을 수행하였고, 차선인식을 위한 영상처리 기법에 대하여 설명하였다. 특히 차량의 횡방향과 종방향 제어를 위한 수학적 모델 및 실험적 모델을 사용하여 모델링을 수행하였으며 모델링을 실제 적용하여 비전 시스템을 통한 차량 제어를 실시하였다. 차선인식을 위한 실험결과로부터 유·무선의 경우 Figs. 14와 15에서 보여주듯이 유선의 경우 무선과 비교하여 외부적인 영향을 덜 받음으로 차선을 잘 인식함을 알 수 있었다.

또한, 차량조향제어에서도 차량제어와 같이 유선의 경우 무선보다 좋은 결과를 보여주었다. 특히, 영상처리 시간에 대하여 유선 조건의 경우 무선과 비교하여 약 2배의 영상처리 시간이 향상됨을 볼 수 있었으며, 이 결과로부터 무선의 경우 외부적인 외란에 커다란 영향을 받음을 알 수 있었다. 그러므로 향후에는 영상 처리시간을 줄이기 위하여 좀더 향상된 필터링 기법이 요구되며 많은 실험을 통한 검증이 요구된다. 최종적으로 도로의 차선인식에 필요한 영상처리 기법과 통신 모듈을 이용한 영상처리와 처리시간에 대하여 실험을 통하여 검증해 보았으며 수학적 모델링을 통해 신뢰도를 검증하였다.

후 기

이 논문은 2002년도 두뇌한국(BK)21 사업에 의하여 지원되었음.

References

- 1) J. Y. Song, J. W. Park, K. Y. Jhang, J. W. Lee, I. S. Chang, "The Detection of Traffic Lanes and the Distance to the Forward Vehicle using the Machine Vision," Transactions of KSAE, Vol.7, No.3, pp.310-320, 1999.
- 2) Y. J. Park, K. S. Huh, "Development of a Lane Sensing Algorithm Using Vision Sensors," KSME(A), Vol.26, No.8, pp.1666-1671, 2002.
- 3) B. C. Kuo, T. Jacob, DC Motors and Control Systems, SRL Publishing Company, Champaign, Illinois, 1978.
- 4) S. G. Kim, H. C. Moon, C. M. Kim, J. H. Kim, "Steering Control of Autonomous Vehicle by the Vision System," Proceeding of ICCAS 2001, pp.615-618, 2001.
- 5) H. C. Moon, Unmanned Vehicle System Design Using Vision System, Master's Thesis, Graduate School of Automotive Engineering, Kookmin University, 2002.
- 6) G. D. Lee, S. W. Kim, "Advanced Vehicle Control Systems of the Intelligent Transport," ICASE, Vol.6, No.4, pp.10-19, 2000.
- 7) J. W. Lee, "An Application of Computer Vision and Laser Radar to a Collision Warning

- System," Transactions of KSAE, Vol.7, No.5, pp.258-267, 1999.
- 8) S. M. Cho, K. S. Lee, K. S. Huh, "Vehicle-to-Vehicle Distance Control using a Vehicle Trajectory Prediction Method," Transactions of KSAE, Vol.10, No.3, pp.123-129, 2002.
- 9) D. H. Jang, Digital Image Processing for the Visual C++, PC Advance, 1999.