

비전 센서를 이용한 AGV의 주행정보 획득에 관한 연구

°이진우*, 손주한*, 최성욱*, 이영진*, 이권순**
 *동아대학교 전기공학과, **동아대학교 전기전자컴퓨터 공학부 교수

A Study for Detecting AGV Driving Information using Vision Sensor

°Jin Woo Lee*, Ju han Sohn*, Sung Uk Choi*, Young Jin Lee*, Kwon Soon Lee**
 *Dept. of Electrical Eng. ** Dept. of Electrical, Electronic & Computer Eng., Dong-A University

Abstract - We experimented on AGV driving test with color CCD camera which is setup on it. This paper can be divided into two parts. One is image processing part to measure the condition of the guideline and AGV. The other is part that obtains the reference steering angle through using the image processing parts. First, 2 dimension image information derived from vision sensor is interpreted to the 3 dimension information by the angle and position of the CCD camera. Through these processes, AGV knows the driving conditions of AGV. After then using of those information, AGV calculates the reference steering angle changed by the speed of AGV. In the case of low speed, it focuses on the left/right error values of the guide line. As increasing of the speed of AGV, it focuses on the slope of guide line. Lastly, we are to model the above descriptions as the type of PID controller and regulate the coefficient value of it the speed of AGV.

만, 본 논문에서는 비전센서를 이용하여 AGV상태를 파악하고, 조향하는 부분을 다루고자 한다. 즉, 그림 1과 같이 CCD 카메라에서 획득된 영상을 PC에서 처리하여 AGV 상태를 파악하고, 전륜 조향과 후륜 속도제어신호를 80c196으로 명령을 보내는 구조로 실험 장치를 구성하였다.

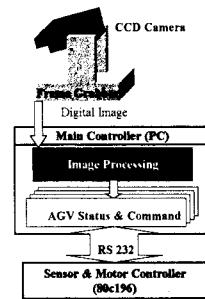


그림 1 AGV 데이터 처리 구조

1. 서 론

AGV 또는 자율이동차량과 같이 무인으로 운행되는 시스템은 인간이 하던 운전작업을 기계가 대신하게 되므로, 운전이 필요한 일들을 모델링하여 기계에 이식하게 된다[1]. 그러나, 인간이 운전할 때를 모사하기란 쉽지 않다. 본 논문에서는 가이드라인의 오차를 받아 PID 제어기 형식으로 모델링하여 그 계수값들을 동조하여 참조 조향각을 생성하도록 하였다[2]. 비전시스템은 영상정보의 방대함에 의해 실시간 처리 문제를 안고 있지만, 최근 컴퓨터의 고속화로 인하여 영상정보처리의 속도가 빨라지고 있다. 실시간 처리문제 외에도 환경에 대한 제약이 많다. 주간과 야간의 밝기차이에 의한 제약과 영상정보의 모호함 때문에 발생하는 불확실성이 가장 큰 제약이라고 할 수 있다. 그러나, 영상정보가 다른 센서에 비해 보다 많은 정보를 동시에 얻을 수 있다는 이점 때문에 비전시스템에 대한 연구가 활발한 추세이다.

실험과정은 입력영상에 대하여 전처리과정을 거쳐 2차원의 영상정보를 CCD 카메라의 설치된 구조에 의거하여 3차원으로 해석하고자 하였다[3]. CCD 카메라에서 제어 PC까지 신호를 얻는 동안과 영상처리하는 과정에서 생기는 시간 지연문제와 조향 모터의 회전 속도의 한계로 인하여 정확한 모델을 세우기가 까다롭다. AGV의 주행제어에 있어서 주어진 경로에 정확히 추종할 수 있는 조향 제어 시스템을 구성하는 것이 목적이므로, 제안하는 방법은 신경회로망을 이용하여 AGV의 조향 시스템에 대한 입력과 출력을 학습데이터로 이용하여 시스템을 동정하였다[4,5]. 따라서, 다른 AGV나, 시스템이 바뀔 경우에도 적용하기도 용이할 것이다.

2. 본 론

AGV 시스템을 제어하기 위하여 비전 센서를 이용하거나, 자장 센서(Magnetic Sensor)를 이용하여 이동경로를 감지하고 레이저, 초음파 및 적외선 센서 등을 이용하여 장애물을 인식, 차량간의 거리와 상대속도, 그리고 자신의 속도를 측정한다. 또한, 측정된 값들을 이용하여 AGV의 조향각을 계산하고, 상황에 맞도록 운전하도록 해야 한다. 이밖에도 위치 인식, 호스트와의 무선통신, 다른 AGV간의 협동작업 등이 있지

2.1 AGV 비전 시스템

그림 2는 AGV의 비전시스템을 나타내고 있다. 설치된 경로는 흑색 바닥면, 위치 인식용 라벨, 황색 가이드라인 등으로 구성되어있다. 황색 가이드라인을 추출하기 위하여 간단한 전처리과정으로 색상비율을 이용한 필터링작업이 필요하다.

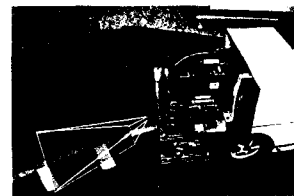


그림 2 AGV 비전 시스템

색상요소인 적색, 녹색, 청색의 비율을 가이드라인만을 찾을 수 있도록 임계구간을 설정하였다. 황색의 가이드라인을 추출하기 위해서는 청색 비율값이 적색과 녹색의 비율값에 각각 0~60[%] 구간을 만족하는 픽셀을 남겨두면 된다. 그림 3은 원영상에서 빛에 의해 반사된 부분과 그 외에 잡음요소를 제거하고, 가이드라인 부분을 추출하여 이진화한 것을 나타낸다. 추출할 색상이 결정될 때, 색상비율을 이용하게 되면 변화하는 휘도, 채도에 강한 강점이 있다.



그림 3 원영상과 처리된 영상

설치된 CCD 카메라의 측정 범위 안에 임의의 한 점은 영상 신호 중 한 픽셀 (P_x, P_y)로 입력되어 이를 이용하여 AGV 전방의 실제점 (x, y)으로 변환할 수 있다.

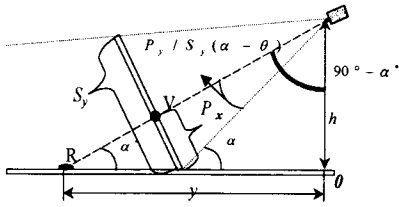


그림 4 y축에 근거한 픽셀점과 실제위치

그림 4에서 임의의 위치점을 점 R이라고 했을 경우, 픽셀 상의 좌표는 점 V에 위치하게 된다. y축 상에 투영된 카메라 중심축 위의 점 R의 실제 거리 y는 α^* 에 의해 아래의 식 (1)로부터 구할 수 있다.

$$y = h \times \tan(90^\circ - \alpha^*) \quad (1)$$

$$(90^\circ - \alpha^*) = \frac{P_y}{S_y}(\alpha - \theta) + (90^\circ - \alpha) \quad (2)$$

그리고 $(90^\circ - \alpha^*)$ 는 식 (2)에 의해 근사화될 수 있다. 이는 수직화각을 이용함에 있어서 화살표가 가리키는 각이 정확히 S_y 에 대한 P_y 의 비가 아니라는 것을 알 수 있다. 이는 viewport를 평면이 아닌 카메라 중심축에서 점 V까지의 반지름을 갖는 원주면으로 보아야 하기 때문이다. 식 (2)를 식 (1)에 대입하면 실제 점 R의 y축위치를 설정치 h, α, θ, S_y 와 입력변수 P_y 에 의해 식 (3)과 같이 구해진다. 즉, viewport 상의 픽셀점 좌표를 이용하여 실제 y축의 위치를 구할 수 있게 되는 것이다.

$$y = h \times \tan[(90^\circ - \alpha) + (\frac{P_y}{S_y})(\alpha - \theta)] \quad (3)$$

임의의 점 R의 x축에 대한 실제위치는 그림 5에 의해 구할 수 있다.

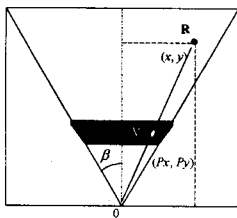


그림 5 Viewport 상단면

점 R이 위치한 실제 좌표를 (x, y)라고 하면, y축에서 좌표 점을 찾는 방법과 마찬가지로 점 R이 갖는 각 β 에서 S_x 에 대한 P_x 의 비로 근사화할 수 있다. 따라서 실제의 x좌표는 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$x = y \times (\frac{P_x}{S_x}) \tan \beta \quad (4)$$

2.2 제어기 구성

이진화된 영상은 라인의 중심선을 찾기 위해 아래에서 0~8 화소(Pixels) 상에서 각각 좌우 가장자리로부터 중심까지 연결 성분을 만족하는 수평상의 두 점을 찾아 그 중심을 가이드 라인의 상단 중심점으로 택하였다. 또한, 60~63 화소 상에서

동일한 방법으로 연결성분을 만족하는 부분을 찾아 하단의 중심점으로 택하였다. 이 두 점을 연결하여 중심선을 만들면 현재의 가이드 라인의 상태를 읽을 수 있다.

추출된 가이드 라인의 중심선은 설정된 좌표 상에서 현재의 AGV 위치와 상대적인 가이드 라인의 기울어진 각도를 측정하도록 하였다. 획득된 영상 정보는 초당 20 프레임의 처리 속도로 윤곽선 검출 등의 처리과정을 통하여 AGV의 상태를 80c196에 전송시키도록 하였다. 그림 6은 영상정보에서 참조 조향각 δ 를 결정하기 위한 가이드라인과 AGV간의 상대적 거리 오차 e_d 및 각도오차 α 를 나타낸다.

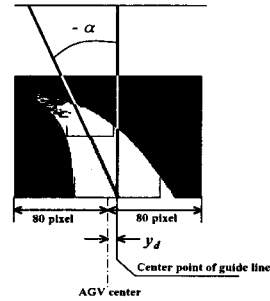


그림 6 가이드라인의 기울기와 AGV와의 거리오차

δ 를 구하기 위하여 거리 오차를 피드백(Feed Back)하고, 예측 성분을 가지는 가이드 라인의 각도 오차를 피드 포워드(Feed Forward)하는 방식을 이용하였다. 설정 속도에 대한 비율 R_{speed} 를 조절하여 AGV의 속도가 증가하면 거리 오차보다 각도 오차가 차지하는 비율이 증가하고, 속도가 감소하면 상대적으로 거리 오차에 비중을 두어 계산하도록 하였다. 또한, 이득 K에 의해 피드 포워드와 피드백되는 부분의 전체 값을 스케일하여 δ 를 구하도록 하였다. 정상상태 오차를 고려하여 적분요소를 첨가하였다. 이러한 과정을 통하여 참조 조향각 δ 를 식 (5)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\delta = K \left\{ \left(\frac{e_d}{R_{speed}} \right) + (R_{speed} \cdot \alpha) \right\} + K_i \int e_d dt \quad (5)$$

실제 사람이 차량을 운전할 경우도 운전자의 조향이 식 (5)와 같은 과정으로 조작됨을 알 수 있다. 즉, 저속으로 운전할 때에는 전방의 차선의 기울기보다는 도로와 차량의 위치에 관심을 두게 되고, 고속으로 운행할수록 차선의 기울기에 민감해진다.

그림 7은 AGV시스템에 대한 조향 제어기 구조를 나타낸다. 여기서, 신경회로망 동조기(Neural Network Tuner)는 속도, 변위오차, 가이드라인 각도를 입력으로 하고, 하나의 은닉층과 제어기의 계수값을 동조하도록 출력층을 구성하여 3층 구조로 하였고, 각 층의 노드 수는 3, 9, 3으로 하였다. 학습율과 모멘텀 계수는 각각 0.9, 0.4로 설정하였다.

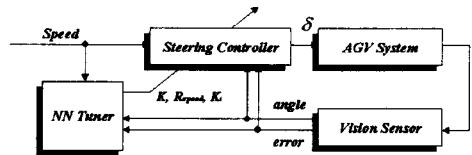


그림 7 조향제어 시스템 블록선도

2.3 신경회로망을 이용한 AGV 시스템 모델링

비전센서 내에서 발생하는 시간지연에 의해 생기는 문제와 AGV 시스템의 모델 구현의 편리를 위하여 신경회로망 동조기를 이용할 수 있다. 신경회로망 동조기는 조향 시스템에 대해 참조 조향각에 대응하는 서보모터의 입력전압과 출력 조향각에 대한 자료를 학습시켜 동조기를 구현하였다. 조향 시스템에 대

한 입력은 입력 전압 12[V]에 대하여 0-255 비율을 갖는 PWM 값으로 하였고, 출력은 포텐시오미터로부터 A/D변환된 0-255 출력을 이용하였다. 그리고, 학습에 사용된 패턴 수는 700개로 하였다. 신경회로망 동정기에 사용된 층수는 각각 3개로 하였다. 또한 학습율과 모멘트 계수 및 기울기 등의 설계 파라미터는 표 1과 같다.

표 1 조향시스템에 대한 신경회로망 동정기의 파라미터

Classification		Steering parts
Parameters		
Pattern No.		700
Node	Input	5
	Hidden	7
No.	Output	1
Learning ratio		0.9
Momentum factor		0.3
Input parameter		$u(t), u(t-1), u(t-2)$ $\hat{y}(t-1), \hat{y}(t-2)$
Slope	Hidden	0.0025
	Output	0.0025

그림 8은 조향 시스템에 대한 신경회로망의 동정 결과를 나타낸다. 신경회로망 동정에 대한 전체적인 퍼센트 오차의 평균이 약 15[%]이지만, 실제값의 최대값에서 모델링 오차가 큰 것 외의 경우는 오차가 거의 발생되지 않음을 알 수 있다.

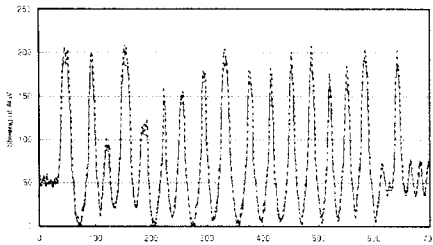
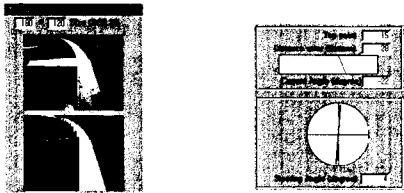


그림 8 조향 시스템의 신경회로망 동정 결과

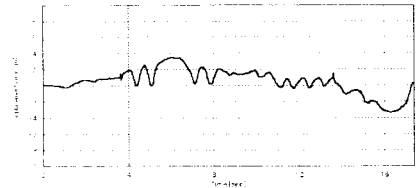
3. 실험 및 결과 고찰

그림 9는 AGV를 구동시키는 프로그램의 일부이다. CCD 카메라에서 입력된 원영상이 가이드인 부분만 추출되어 초당 20프레임의 속도로 (a)와 같이 처리된다. (b)는 처리된 영상의 특징을 이용하여 실제 가이드라인의 상태를 읽고, 참조 조향각을 계산해 내는 부분이다.

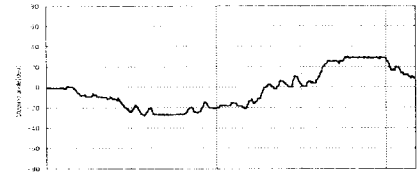


(a) 영상처리 부분 (b) 라인상태와 참조조향각의 생성
그림 9 구동 프로그램 실험 장면

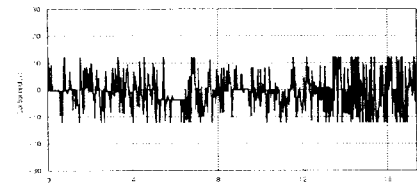
그림 10은 실험 결과를 나타낸다. 진폭 1[m], 주기 5[cm]의 사인파형의 경로에 대하여 실험하였다. 그림 (a)는 주행시 가이드라인과의 오차를 비전센서에 의해 측정된 값을 나타내고 있다. (b)는 이상의 처리과정에 의해 계산된 참조조향각이고, (c)는 이에 해당하는 제어입력(전압)을 나타낸다. 요구되는 제어 입력은 최대 12[V]이다. 또한, 최대 변위 오차는 3.51[cm]가 발생하였으며, 평균 변위 오차가 1.63[cm] 발생함을 알 수 있었다.



(a) 거리 오차



(b) 참조 조향각



(c) 조향 입력
그림 10 AGV 조향 결과

4. 결 론

본 논문에는 비전센서를 이용하여 가이드라인을 검출하였다. 이 과정에서 보다 정확하게 측정하기 위해서는 가이드라인에 대한 직선검출, 레이블링 기법 등을 사용할 수 있으나, 제안하는 방법으로 그 오차와 각도를 계산하게 되면, 양 모서리 편으로 가이드라인이 굵어 있을 경우 실제값 보다 약간의 차이가 발생하게 된다. 그러나, 이는 영상처리에 소요되는 시간을 최대한 줄일 수 있었다.

검증되지 않은 부시스템들을 조합할 경우, 모델을 세우기란 쉬운 일이 아니다. 그러나, 신경회로망 동정기를 이용하여 원하는 구간의 입력과 출력 부분을 선정하여 하나의 시스템으로 모델링할 수 있었다. 동정된 모델에 대하여 조향각을 생성할 PID형태의 제어기를 구성하였으며, 동정기에 의하여 속도에 따른 계수값을 설정하도록 하였다.

한정된 작업환경 내의 AGV의 경우에는 이상의 제안하는 방법들로 실험이 가능하였지만, 실제 도로나, 항만 내의 야드에서 적용하기 위해서는 비전센서 부분에 입력되는 영상이 더욱 모호해질 것이며, 시스템 또한 복잡해질 것이다. 이에 보완하여 더 지능적이며, 정교한 제어가 필요하리라 생각된다.

[참고 문헌]

- [1] R. Jain, R. Kasturi, and B. G. Schunch, *Machine Vision*, McGraw-Hill, 1995.
- [2] S. Omatu, M. Khalid, and R. Yusof, *Neuro-Control and Its Application*, Springer, 1996.
- [3] G. Cheng and A. Zelinsky, "Real-time visual behaviours for navigating a mobile robot," *Proceedings of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, Vol. 2, pp. 973-980, 1996.
- [4] D. W. Patterson, *Artificial Neural Networks: Theory and Application*, Prentice Hall, 1996.
- [5] K. S. Narendra and K. Parthasarathy, "Identification and Control of Dynamical Systems using Neural Networks," *IEEE Trans. on Neural Networks*, Vol. 1, pp. 4-27, 1990.