

영상시스템을 이용한 이륜속도차방식 AGV 조향제어

이현호, 이창구, 김성중
전북대학교 제어계측공학과

A study on Vision based Steering Control for Dual Motor Drive AGV

Hyeon-ho Lee, Chang-goo Lee, Sung-jong kim
Chonbuk University

Abstract - This paper describes a vision-based steering control method for AGV which use dual motor drive. We suggest an algorithm which can be detect the guideline quickly and exactly for real time vision processing, and control the steering through an assign the CP (Control - Point) of input image. This method is tested via a IAGV which dual motor drive with a single camera in laboratory environment.

(Dual Motor Dive)방식의 AGV로 사이즈는 1194×693×350이고 하중은 200kg이다. 전방 및 측면의 장애물을 탐지하기 위해 초음파 센서를 사용한다. USB포트를 이용하여 데이터를 전송하며 장애물까지의 거리를 측정한다. IAGV의 주행 방식은 두 가지로, 가이드라인을 자동으로 감지해서 주행하는 Auto 방식과 유사시 원격제어기에 의한 원격 제어가 가능하도록 RF모듈을 탑재 하고 있다. 또한 IAGV에는 PC카드형 무선랜이 장착되어 있고 고정 IP가 주어져 있어 인터넷이 연

1. 서 론

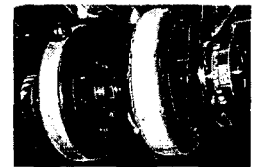
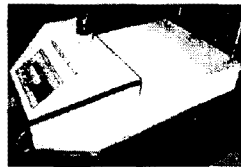
AGV(Automatic Guided Vehicles)은 자유로운 궤도 설정이 가능하며 목적에 맞는 이체 장치를 쉽게 결합할 수 있고, 주변기기와의 연결 및 시스템의 확장 시 수정이 용이한 장점을 가지고 있어 산업현장이나 실내 업무 보조용으로 그 용도가 점차 증대되고 있다. AGV는 구동방식에 따라 전륜(前輪, Front Wheel Drive), 이륜 속도차(Dual Motor Drive), 전륜(全輪, All Wheel Drive)방식으로 구별되며 유도시스템에 따라 Guide방식과 Guidless방식으로 구분할 수 있다. 이륜 속도차방식(Dual Motor Drive) AGV는 구동과 조향을 두 개의 바퀴가 동시에 담당하며 두 바퀴의 간격이 매우 좁고, 조향 방식이 두 바퀴의 속도차에 의해 행해지는 방식으로 제작이 비교적 간단하다는 장점이 있다. 하지만 노면의 상태 또는 vehicle에 걸리는 하중이나 진동에 따라 조향각이 심하게 변동되는 불안한 요소를 가지고 있다. 특히 AGV의 유도방식으로 널리 사용되고 있는 적외선센서를 이용한 가이드라인 방식에서는 한 번 라인을 벗어나면 제어불능 상태에 빠지는 심각한 문제점이 발생한다.

본 논문에서는 위와 같은 단점을 개선하기 위해 영상 시스템을 이용하여 가이드라인을 검출함으로써 AGV를 유도하고 외부 조건에 의해 구동부의 조향각이 심하게 변동되었을 때 다시 라인을 찾아 위치를 제어할 수 있는 방법을 제시하였다. 일반적으로 영상시스템은 계산량이 많아서 이동 vehicle의 실시간 위치 제어에는 많은 어려움이 따른다. 본 연구에서는 영상시스템의 실시간 적용을 위해 빠른 시간에 정확히 라인을 검출할 수 있는 방법과 가이드라인의 Control Point를 지정하여 심하게 변동되는 조향각을 보정하는 방법을 제시한다. 또 제한한 방법의 검증을 위하여 이륜속도차 방식 AGV인 IAGV에 적용하여 보았다.

2. 본 론

2.1 AGV의 구성

IAGV(Intelligent AGV)는 AC모터 및 제어기, DC-AC인버터, DC출력용 배터리 및 장애물 감지용 초음파 센서와 카메라시스템을 갖추고 IPC(Industrial PC)를 내장하고 있는 전륜(Front Wheel), 이륜속도차



<그림 1> IAGV의 외관 <그림 2> IAGV의 구동부

결 되어 있는 어느 곳에서도 원격 프로그램에 의해 움직임을 모니터링 하거나 명령을 전달 할 수 있다.<그림 1>은 IAGV 외관의 모습을 보여주고 있다. IAGV는 전륜 구동(Front Wheel Drive) 및 이륜속도차(Dual Motor Drive)방식으로 그림에서 보는 바와 같이 두 바퀴의 속도차에 의해 회전을 수행한다. <그림 2>는 IAGV의 구동부의 모습을 보여주고 있다.

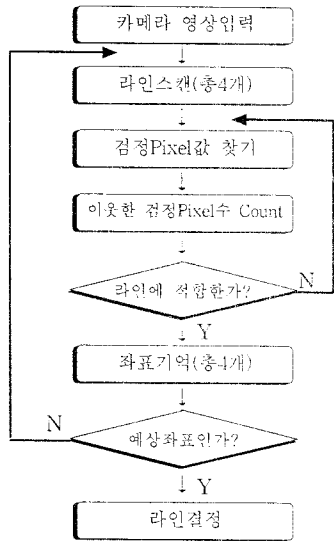
2.2 영상처리 알고리즘

2.2.1 Frame grabber 및 CCD카메라

IAGV에는 PCI Frame grabber와 SONY사의 Board형 CCD 카메라(SCM-4AXI)로 구성된 비전 시스템이 장착되어 있다. <표 1>에 IAGV에 장착된 프레임 그래버 및 CCD카메라의 사양을 나타내었다.

Frame Grabber		CCD카메라	
제조사	Matrox	제조사	Sony
모델명	Meteor II/s	모델명	SCM-4AXI
지원	NTSC/PAL RS-170/CCIR	Picture element	EIA: 768×494 CCIR: 752×582
데이터 전송속도	최대 130MB/sec	TV system	NTSC, PAL
버퍼	4MB	Scanning system	2:1 Interlace
영상획득	30Frames/s	Usable illumination	over 0.5Lux
Library	Microsoft Visual C/C++ 지원	Min. illumination	0.1Lux(F=1.4)

<표 1> Frame Grabber 및 CCD카메라 사양



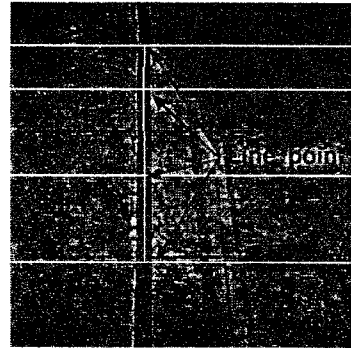
〈그림 3〉 가이드라인 검출 알고리즘

2.2.2 가이드라인 검출

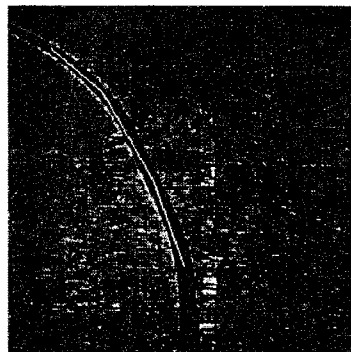
〈그림 3〉은 IAGV에 비전시스템을 이용하여 검정색 가이드라인을 검출하는 알고리즘을 나타낸 전체 흐름도이다. 빠른 시간에 정확하게 가이드라인을 검출하기 위해 4개의 Line-point를 사용한다. CCD카메라의 입력은 320×320 pixel 크기의 그레이 스케일이며 영상의 위쪽부터 영상 크기의 $1/8$, $1/4$, $1/2$, $3/4$ 부분의 가로 라인의 pixel들을 스캔하여 Line-point를 찾고 그 point들의 연결선을 라인으로 인식하는 방법이다.

화면의 왼쪽부터 스캔을 시작하여 pixel의 레벨값이 기준값 이하이면 검은 라인의 시작으로 인식하고 좌표를 기억하며 이웃한 검정 pixel수를 count 하게 된다. count 된 값이 라인에 적합하면 (최초 찾아진 검정색 pixel 좌표) + (count/2)의 방법으로 라인의 중앙값의 좌표를 계산하고 기억한다. 만일 count 된 검은 pixel들의 값이 너무 작거나 너무 크면 버리고 다시 찾는 과정을 반복하게 된다. 이렇게 4개의 Line-point들이 모두 찾아졌으면 4개점들 간의 떨어져 있는 정도에 따라 좌표의 유효성을 판단하고 조건을 모두 만족하면 4개의 Line-point를 이은 선분을 라인의 방향으로 결정함과 동시에 다음 프레임에 찾아질 Line-point의 예측자료로 사용되게 된다. 즉 다음 프레임에서 찾아진 각 Line-point들의 좌표가 이전 프레임에서 찾아진 각 점들의 좌표와 많은 차이를 보인다면 그 좌표는 noise등으로 잘못 찾아진 점으로 간주하고 이전 좌표의 값을 그대로 가지고 있게 된다. 커브를 회전 할 때는 직선주행보다 각 Line-point들의 좌표가 상대적으로 많이 떨어지게 된다. IAGV의 회전반경(약 1.5m)을 고려하여 충분한 실험을 통해 유효한 범위를 얻어낼 수 있었다. 〈그림 4〉는 4개 라인을 스캔하여 가이드라인을 찾은 결과를 보여주며 〈그림 5〉는 커브에서의 정확한 가이드라인검출의 예를 보여준다.

기존의 라인인식 방법들은 라인의 경계선을 추출하기 위하여 2차원 필터 및 Edge Detect 알고리즘이나 웨이블릿 변환 등을 사용하여 많은 계산량을 요구하였으나 이 방법은 영상의 전처리 과정이 전혀 필요 없고 예측에 의해 좌표를 찾기 때문에 빠르고 정확하게 실시간으로 라인을 검출 할 수 있다. IAGV에 탑재된 Intel Pentium 255MHz PC에서 하나의 프레임을 처리하여 라인을 검출하는데 걸리는 시간은 0.08sec정도에 불과하다. 참고로 Canny mask를 사용하여 Edge Detect



〈그림 4〉 가이드라인 검출의 예1

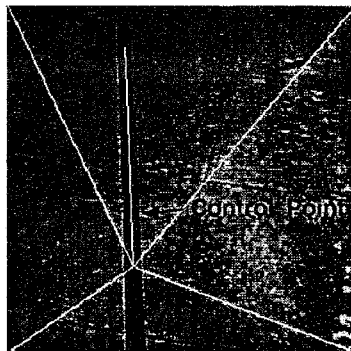


〈그림 5〉 가이드라인 검출의 예2

만 실행하는데 걸리는 시간은 한 프레임당 0.98sec정도가 소요된다.

2.2.3 AGV의 조향제어

IAGV는 전륜의 두 바퀴의 속도차에 의해 방향을 전환하는 이륜속도차 방식이다. 바퀴의 간격이 매우 좁은 관계로 바닥의 기울기나 굴곡, 또는 vehicle에 걸리는 하중이나 충격이 있을 경우 조향각이 심하게 변동된다. 일반적으로 많이 사용하는 적외선 센서를 이용해 가이드라인을 따라 주행시에는 센서부가 라인을 벗어나면 주행이 불가능해진다. 이런 단점을 보완하기 위해 Control-Point 점을 지정해서 IAGV의 자세를 보정하였다. Control-point는 라인을 검출할 때 쓰인 4개의 Line-point들 중에 영상의 $3/4$ 지점에 해당하는 마지막 점을

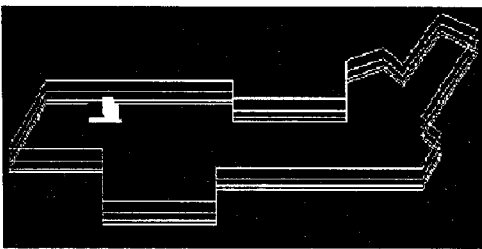


〈그림 6〉 Control-point의 위치

사용하였다. <그림 6>은 Control-point의 위치를 보여 준다. 기본적인 방법은 이 point가 화면 중앙의 일정한 범위에서 벗어나지 않도록 vehicle의 위치를 조절하는 것이다. 영상의 가로 크기인 320pixel라 할 때 120~220의 범위에 Control-point가 있지 않으면 AGV가 라인을 벗어난 걸로 간주를 하여 Control -point가 지정된 범위 내에 위치할 때까지 좌측이나 우측으로 회전시킨다. Control-point의 한 제어를 보완하기 위해 Line -point를 부수적으로 사용한다. 즉 4개의 Line- point가 모두 찾아지지 않았을 때도 라인을 이탈 한 것으로 간주하여 4개의 Line-point가 찾아질 때까지 위치를 보정하게 된다. 이 같은 경우는 커브를 회전할 경우 조향각이 심하게 변동 될 때 나타날 수 있다. 즉 회전 명령을 내렸으나 환경의 영향으로 회전을 하지 못하였다면 Control-point는 영상화면의 중앙에 위치하나 4개의 Line-point가 모두 찾아지지 않는다. 이 때에는 Control-point를 화면의 중앙에 위치시키는 대신 찾아진 다른 Line-point들의 위치 차를 계산하여 좌, 우 회전 명령을 내리게 된다.

2.3 실험 및 고찰

제한한 방법의 적용을 위해 건물 복도를 모델로 주행 실험을 해보았다. IAGV에는 전면의 구동부 바로 앞에 반사체라인을 인식할 수 있는 적외선 센서가 장착이 되어 있다. 적외선 센서와의 비교를 위해 반사체로 가이드 라인을 설치하고 적외선 센서를 이용하여 주행시키고 다시 검은색 가이드라인을 설치하고 비전시스템을 사용하여 주행을 반복했다. 실험환경인 건물 복도는 부분적으로 약간의 경사가 있는 곳과 타일의 경계 부분이 약간 울라온 턱을 포함하고 있고 가이드라인은 검은색 절연 테이프를 사용하였다. <그림 7>은 3차원으로 모델링한 실험 공간과 IAGV의 모습을 보여주고 있다.



<그림 7> 실험공간과 AGV의 모델링

실험결과 적외선센서를 이용하여 반사체 가이드라인을 따라 주행 시에는 경사진 구간과 턱이 있는 구간 모두 IAGV의 구동부가 좌, 혹은 우로 심하게 회전되어 바로 라인을 잃고 제어불능 상태에 빠졌다. 그러나 제한한 방법을 이용한 비전시스템을 장착하고 같은 코스를 주행해 본 결과 마찬가지로 경사진 구간과 턱이 있는 구간에서 IAGV의 구동부가 심하게 회전이 되었으나 다시 라인을 찾아 정상적으로 주행을 계속하였다.

3. 결 론

본 논문에서는 비전시스템을 이용하여 실시간 영상처리를 위해 빠르고 정확하게 가이드라인을 검출해 내는 방법과 Control-point를 사용하여 적외선 센서로는 제어하기가 힘든 이륜속도차 구동방식의 AGV의 조향과 위치를 제어하는 방법을 제시하였다. 제한한 방법은 저 사양의 PC에서도 유용하게 적용될 수 있을 것이며, 실제 이륜속도차 방식 AGV에 본 방법을 적용시켜 본 결과 적외선 센서를 사용하여 가이드라인을 따라 주행하는

방법보다 더욱 정확하고 안정적으로 주행하는 결과를 확인 할 수 있었다.

[참 고 문 헌]

- [1] Akihisa Ohya, Akio Kosaka, and Avinash Kak, "Vision-Based Navigation by a Mobile Robot with Obstacle Avoidance Using Single-Camera Vision and Ultrasonic Sensing" IEEE Transactions on Robotics & Automation, vol. 14, no.6, pp. 969-978, December 1998.
- [2] B.Burns et. al., "Extracting Straight Lines," IEEE Transactions on Patter. Anal. and Mach. Intel., vol. PAMI-8, No.4, July, 1986.
- [3] In So Kweon, Kazunori Onoguchi, et al., "Vision based Behaviors for Indoor Mobile Robots," Toshiba technical Report 1991.
- [4] J.Kittler and J. Illingworth, "Threshold selection based on a simple image statistic," Comput. Vision, Graphics, Image Processing, vol. 30, pp. 125-147, 1985.
- [5] Taylor CJ, Kriegman DJ, "Vision-Based Motion Planning and Exploration Algorithms for Mobile Robots," IEEE Transactions on Robotics & Automation, vol. 14, no. 3, pp417-426, June 1998