

Vision을 이용한 자율주행 로봇의 라인 인식 및 주행방향 결정에 관한 연구

김영숙, 김태완, 이창구  
전북대학교 대학원 제어계측공학과

A Study of Line Recognition and Driving Direction Control On Vision based AGV

Young-suk Kim, Tae-wan Kim, Chang-goo Lee  
Chonbuk National University

**Abstract** - This paper describes a vision-based line recognition and control of driving direction for an AGV(autonomous guided vehicle). As navigation guide, black stripe attached on the corridor is used. Binary image of guide stripe captured by a CCD camera is used. For detect the guideline quickly and extractly, we use for variable thresholding algorithm. This low-cost line-tracking system is efficiently using pc-based real time vision processing. steering control is studied through controller with guide-line angle error. This method is tested via a typical agv with a single camera in laboratory environment.

1. 서 론

일반적으로 로봇은 산업현장에서 같은 동작을 반복하는 용도로 활용되어 왔지만 점차 그 활동 영역이 확대되고 있다. 이동로봇은 가정·사무실 등에서의 업무보조, 생산현장에서의 작업, 사람이 활동하기 어려운 환경에서의 탐사활동 등 일상생활, 산업분야, 과학분야에서 많은 용도로 활용되고 있다. 이러한 이동로봇은 적외선 센서, 초음파 센서, 비전시스템, 접촉센서 등 각종 센서를 부착하여 다양한 환경속에서 주어진 목적에 따라 여러 기능을 수행할 수 있도록 만들어지고 있다. 적외선센서나 초음파 센서는 외부물체와의 충돌에 대한 반응을 나타낼 수 있는 센서이며, 비전 시스템은 표식(Landmark)이나 가이드라인(Guideline)을 주변환경에서 구별하는데 효과적인 센서이다. 영상정보를 이용한 비전 시스템은 영상정보의 방대함에 의해 실시간처리 문제를 안고 있었지만 최근 컴퓨터 기술의 발달로 영상정보처리의 속도가 빨라지고 있으며 또한 영상정보가 다른 센서에 비해 보다 많은 정보를 동시에 얻을 수 있다는 이점 때문에 이용이 점차 늘고 있는 추세이다.

본 논문은 크게 두 부분으로 구분이 되어있다. 첫째는 가이드라인을 검출하기 위한 이미지 프로세싱부분이고, 둘째는 이미지 프로세싱을 통해 얻어진 데이터를 기반으로 로봇이 주행하기 위한 조향각을 얻는 부분이다. 먼저 한대의 CCD Camera를 통해 이미지를 획득하고, 이진화 과정을 거쳐 라인만을 검출해낸다. 그 후 이진화 된 영상에서 가이드라인의 센터가 벗어난 정도와 기울기 값을 얻어 모터 컨트롤러(motor controller)에 입력으로 주게 된다.

2. 본 론

2.1 AGV 구성

일반적으로 여러 가지 센서(초음파센서, 적외선센서 등) 들이 장애물을 인식하거나 주행 경로를 검출하기 위해 사용되어왔다. AGV는 이러한 센서들로부터 얻어진 데이터의 측정을 기반으로 주행을 하게 된다. 특히 본 논문에서는 가이드라인을 인식하기 위해 비전 센서를 사용한다.

〈그림1〉의 (a)는 AGV시스템의 전체 구성도를, (b)는 실제 외관을 보여주고 있다. 아래 그림에서처럼 AGV 시스템은 크게 센서부, 메인 컨트롤러부, 구동부 3부분으로 구성되어있다.

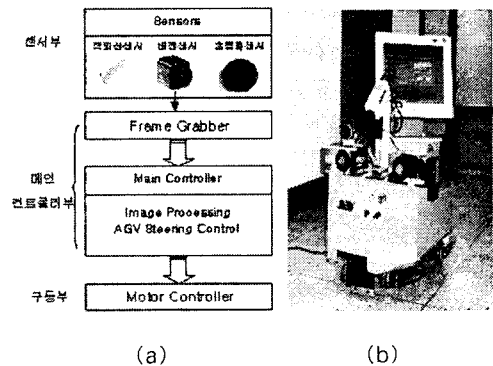


그림1. (a) AGV전체구성도 (b) 실제AGV외관

2.2 AGV Vision System의 구성

〈그림2〉는 AGV의 비전 시스템의 구성도이다. 그림에서 보듯이 CCD Camera는 영상을 얻기 위해 이동 로봇의 상단에 바닥면과  $\alpha$ 도( $54^\circ$ )의 각을 이루며 향하도록 고정되어 있다. 바닥에서 카메라까지의 높이는 59Cm이고 a는 카메라로 포착되는 실제 거리이며, b는 카메라 앞부분에 존재하는 사각거리이다. 이 값들은 고정값으로 설정된다.

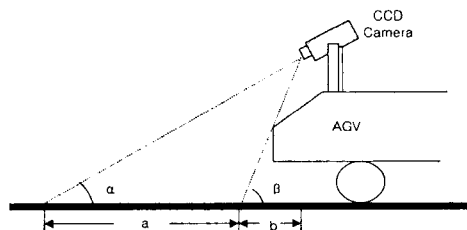


그림2. AGV Vision System 구성도

이렇게 얻어진 영상은 Matrox사의 Frame Grabber인 Meteor II Standard 보드를 통해 302\*320 사이즈로 8bit Gray Level의 이미지로 변환된 후 Main Controller부에서는 획득된 영상에서 라인을 검출하고 현재 AGV의 상태와 보정해야 할 조향각을 계산해낸다. 실험에 사용된 CCD 카메라 및 프레임 그라버의 사양은 〈표 1〉과 같다.

표1. FrameGrabber 및 CCD Camra 사양

FrameGrabber		CCD Camera	
모델명	Matrox Meteor II/s	모델명	SDC4304NA
출력형태	NTSC	Image Sensor	1/3" ITcolor CCD
DMA	4MB	Scanning System	2:1 interlace -d NTSC
영상획득	30Frames/s	Horizontal Resolution	480TV line

2.3 Image Processing

무인 차량이 이동하기 위해서는 주행해야 할 패스에 대한 정보를 가지고, 필요한 위치 혹은 시간마다의 현재 위치를 파악하여 주어진 패스와 차이를 비교함으로써 차후의 주행에 대한 계획을 세울 수 있어야 한다. 무인 차량의 복도 주행을 위해 필요한 정보로서 현재 무인 차량의 위치와 복도의 중앙선과의 간격, 현재 무인 차량의 진행 방향이다. 이와 같은 정보는 복도바닥에 도색되어 있는 검은색 띠(이하 가이드 라인, guide line)에 대한 흑백영상(Binary Image)을 분석함으로써 얻어진다.

2.3.1 이미지 처리(Image Processing)

무인 차량의 현재 위치와 현재 진행 방향의 주행 정보를 획득하기 위해서는 일단 복도의 흑백 영상으로부터 가이드 라인을 추출해야 한다.

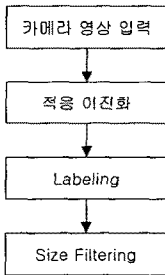


그림3. 이미지 처리 과정

위의 <그림 3>은 카메라로부터 받아진 영상을 이용하여 검정색 가이드 라인을 검출하는 과정을 나타낸 전체 흐름도이다. 카메라로부터 입력 받은 영상은 적응이진화 알고리즘에 의해 일차적으로 처리된다.

본 논문에서 제시하는 적응 이진화 알고리즘이란 입력 되는 영상 데이터 중 관심 부분인 라인의 정보만을 빠르고 효율적으로 검출하기 위해 각 영상 프레임에 알맞은 최적의 임계점을 자동으로 찾아 영상을 이진화하는 방법이다.

$$y(x) = \begin{cases} 0 & \text{if } x < T \\ 255 & \text{otherwise} \end{cases}$$

여기서 T는 이진화를 위한 경계값이고 다음과 같이 구한다.

$$T = T_a - i$$

T<sub>a</sub>는 입력된 영상에 대한 픽셀들의 평균값으로 모든 pixel에 대해 구하지 않고 이미지의 정 중앙에서 대각선으로 임의의 pixel들에 의해 구해진다. i는 조정변수이다.

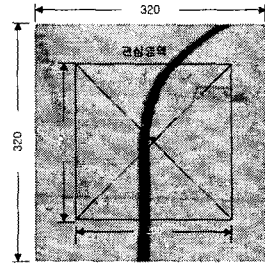
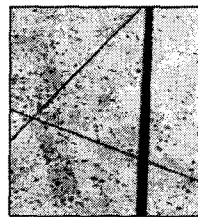


그림4. 영상픽셀들의 평균 T<sub>a</sub>를 구하는 방법

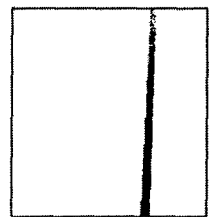
가이드 라인이 복도의 바닥과 이루는 아래쪽 경계선은 빛의 반사로 인한 노이즈가 너무 심하기 때문에 사용하기 좋지 않으므로 원하는 가이드 라인을 추출하기 위해서 화면의 경계로부터 각 60픽셀정도 떨어진 곳부터의 데이터를 사용한다. <그림 4>는 영상픽셀들의 평균을 구하는 방법을 나타내고 있다.

적용 이진화를 거친 영상은 다음으로 레이블링 (labeling) 과정을 거치게 된다. 레이블링 과정을 거쳐 같은 레이블을 가진 픽셀들은 어떤 한 물체를 나타낼 가능성이 크기 때문에 물체를 명확히 구분하는데 효과적이다. 위에서 정의한 200\*200 관심영역에 대해 좌에서 우로 Pixel 단위로 읽어들이고 후 배경이 아닌 Pixel을 찾고 다시 배경이 나올 때까지 우측으로 계속 Pixel을 읽어간다. 이 때 찾은 관심영역의 시작점과 끝점의 좌표를 저장하고 바로 위의 행에서 시작점과 끝점의 범위를 읽는다. 만약에 바로 위의 Row에서 배경과 다른 어떤 Pixel도 찾지 못하였다면, Label을 붙여 구별하게 된다. 이 때 바로 위에 행에서 배경과 다른 어떤 Pixel을 찾았다면, 그 Pixel 같은 Label을 붙였던 값일 것이다. 이 영역은 동일 Feature이므로 같은 Label을 붙여나간다

이러한 레이블링 과정을 거친 후에 얻어진 연결성분들에 의해, 어느 화소 수 미만한 연결성분들을 제거하는 크기 필터링(Size Filtering) 과정을 거쳐 잡음을 제거하게 된다. 이 방법은 잡음에 의해 생기는 화소들을 제거하기 위한 단순하면서도 아주 효율적인 방법이다.



(a) 원영상



(b) 알고리즘적용 결과영상



(c) 라플라시안 연산결과



(d) 캐니 연산 결과

그림5. 실험결과영상

### 2.3.2 가이드라인(guide line)의 추출

만약, 검은 물체가 감지되었을 경우에도 이것이 라인인지 아닌지를 검출하기 위해 라인의 폭만큼의 검은 색이 계속 검출되었을 경우에만 라인이라 판단한다. 설치된 가이드 라인의 경계선은 다른 부분과 차이가 많이 나므로 경계선을 찾는 것은 어렵지 않다. 많은 경우 영상처리에서 경계추출을 위한 방법으로 2차원 필터 및 빠르고 효과적인 라인 검출을 위해 각 영상 프레임에 알맞은 경계값(Threshold)을 찾아 이진화하여 사용한다.

### 2.4 AGV 위치 결정 및 조향 제어

기본적으로 AGV는 위의 이미지 처리과정을 통하여 추출된 가이드라인을 따라 주행해야 한다. AGV의 주행에 대한 정보를 얻기 위해서는 Image Processing 단계를 거친 이진 영상에서, 가이드라인의 중앙과 각도를 찾는다. 먼저 구해진 영상의 바닥면으로부터 60pixel 떨어진 지점이 어느 정해진 범위내에 위치하지 않으면 AGV가 라인에서 벗어났다고 판단하고 유효범위 안에 그 점이 위치할 때까지 AGV를 이동시킨다. AGV를 유효 범위 안에 위치하게 한 후에 가이드라인의 기울기를 구한다. 이렇게 찾아진 기울기가 AGV의 조향각이 된다. 조향각  $\theta$ 는 아래의 그림에서 보듯 L1과 L2사이의 각도로 정의된다. 여기서 L1은 바닥에서 60pixel 떨어진 지점으로부터 이미지의 1/2이 되는 지점까지 가이드라인의 중심점을 이은 연장선이며, 라인2(L2)는 영상의 2/3 지점부터 1/4지점까지의 가이드라인의 중심점을 이은 선이다.

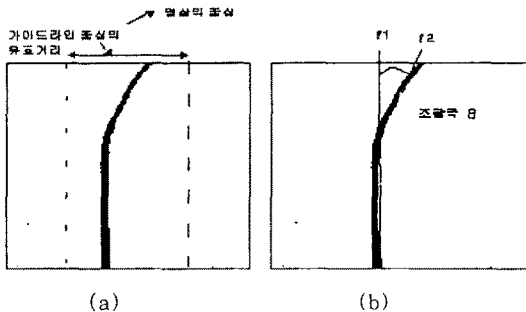


그림6. (a)가이드라인의 중심 위치 정보  
(b) 가이드라인의 조향각 결정

### 2.3 AGV 위치 결정 및 조향 제어

AGV는 전륜의 두 바퀴의 속도차에 의해 방향을 전환하는 이륜속도차 방식이다. 구동부에는 감속기어가 부착되어있으며 좌, 우 두 개의 전용컨트롤러에 들어가서 전압값을 조정해 줌으로써 두 바퀴의 속도를 제어할 수 있고 방향을 결정할 수 있게된다.

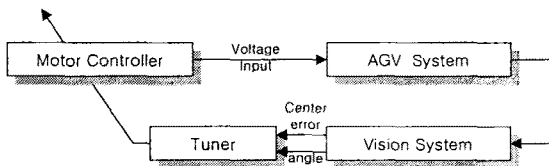


그림7. 조향각 제어 블록다이어그램

(그림7)은 전체적인 제어알고리즘을 보여주고 있다. Vision System을 통해서 얻어진 데이터를 기반으로 라인의 중심점이 떨어진 거리값과 라인의 기울어진 각도를 Motor Controller가 받아서 적절한 전압값을 발생시켜 AGV에 가해준다.

여기서 Tuner는 전압의 극성을 결정한다. 즉 직선코스인지 커브인지 결정하여 커브와 라인을 벗어났을 때 같은 전압을 반대로 주어 회전력을 빠르게 하기 위함이다.

## 3. 결 론

비전센서를 이용하여 얻어진 영상정보는 전처리과정을 거치게 되는데, 이 전처리 과정의 결과에 의해 물체인식의 속도, 정확성이 결정된다 하여도 과언이 아니다.

본 논문에서는 영상을 이용하여 가이드라인을 검출하였다. 가이드라인을 더 정확하고 빠르게 찾아내기 위해 적응이진화 알고리즘을 도입하여 각 프레임 특성에 맞게 임계점을 능동적으로 변화시켰다. 그 결과 하나의 프레임에서 라인을 검출하는데 걸리는 시간은 0.08초정도에 불과했다. 또한 이륜속도차 구동 방식의 AGV의 조향과 위치를 제어하는 방법을 제시하였다.

### [참 고 문 헌]

- [1] J.Kittler and J.Illingworth, "Threshold Selection based on a simple image statistic", Computer, Vision, Graphics, Image Processing, Vol.30, pp.125-147,1985
- [2] 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.
- [3] C.Cheng and A.Zelinsky, "Real-Time Visual behaviours for navigating a mobile robot", Proceedings of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and System, Vol.2, pp.973-980,1996
- [4] XuYouchun, WangRongben, Libing, JiShouwen, "A Vision Navigation Algorithm Based on Linear Lane Model", Proceedings of the IEEE Intelligent Vehicles Symposium 2000, 2000
- [5] kazuyuki SAKURAI, Sholin KYO, "A Lane Recognition Method Based on White Line Detection and Road Area Detection", IEEE International Conference on Intelligent Vehicle, 1998