

적외선 LED를 이용한 무인 주행 저속 전기 자동차용 라인트레이서에 관한 연구

최성욱, 김석원, 최재호, 김호성

The study of the linetracer-development for the Automatic Guided Vehicle using Infrared LED

Sung-wook Choi, Seok-won Kim, Jae-ho Choi, Ho-Seong Kim

**Abstract** - 본 논문에서는 무인 주행 저속 전기 자동차 시스템 개발을 위한 적외선 LED 라인트레이서를 제작하였다. 햇빛에 의한 영향을 제거하기 위해 적외선 LED를 펄스(pulse)로 구동시켰으며 흰색선에서 반사된 적외선 신호를 photodiode를 이용하여 감지하였다. 감지된 신호는 증폭단과 Peak Detector를 거쳐 최종적으로 AVR MCU로 입력이 된 후 여러 상황에 따른 차량의 방향을 결정할 수 있도록 알고리즘을 통해 처리하였다. 실험을 통하여 본 논문에서 제작한 라인트레이서 모듈이 원하는 방향으로 동작함을 확인하였다.

본 시스템의 전체 구조는 [그림 1]에서 보는 것과 같다. LED와 detector의 위치는 앞쪽에 3곳 뒤쪽에 2곳을 위치시켰다. 아스팔트 상의 흰색 페인트 차선 폭은 15cm이다. 좌,우 양쪽의 LED는 흰색 페인트의 경계면에 가깝게 위치할수록 반사되어 detector로 들어오는 신호의 크기가 커져 민감도가 커지게 되므로 앞의 양쪽 LED를 가운데 LED에서부터 9.5cm로 하였고, 뒤쪽의 LED는 바로 앞의 LED에 10.5cm 떨어뜨려 위치시켰다. 전체 회로가 구현된 기판과 적외선이 반사될 흰색 페인트가 그려진 지면과의 높이는 차량의 높이를 고려하여 15cm로 하였다. 적외선 LED 바로 앞에는 렌즈를 놓았다. 적외선 LED에서 출력되는 빔은 퍼지기 때문에 렌즈를 사용하여 빔 폭을 줄여 흰색 페인트에서 반사되는 빛의 intensity가 크도록 하였다. 또한 [그림1]에서 보는 것처럼 점선 화살표 방향의 반사산란되는 빛이 주변 센서에 입사되어 interference로 작용하기 때문에 LED와 detector를 차폐판으로 둘러싸았다.

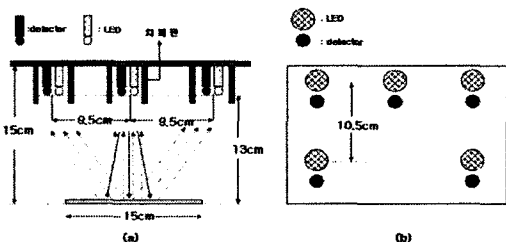
1. 서 론

현재 사용되고 있는 무인주행차량 시스템(AGV:Automatic Guided Vehicle)은 주로 자기 유도 방식을 채택하고 있다. 자기 유도 방식은 유도하고자 하는 방향으로 유도선을 설치하고 이 유도선에 저주파 교류(AC)전류를 흘려서 발생하는 자기로서 무인주행차량(AGV)을 유도하는 방식이다. 유도선의 설치에는 바닥에 매설하는 매설식으로서 색상이나 오염, 온도에 대해서 매우 성능이 좋지만 설치 비용이 많이 들고 유지 보수하는데도 큰 비용이 들어간다. 이에반해 바닥으로부터의 반사광을 감지하여 차량을 유도하는 광 방식은 인접 광원 신호의 interference와 햇빛에 의한 영향을 최소화 하면 자기 유도 방식과 같은 성능을 낼 수 있으며 설치 비용과 유지 보수 비용이 적기 때문에 자기 유도 방식에 비해 큰 장점을 지닐 수 있다.

마이크로 마우스나 로봇 시스템에 주로 이용되는 라인트레이서는 차체와 지면과의 거리가 아주 가깝기 때문에 차체와 지면과의 거리가 많이 떨어진 차량에 직접적으로 적용하기 힘들다. 따라서 본 논문에서는 적외선 LED를 이용한 무인 주행 차량용 라인트레이서를 제작하고 그 성능을 검토하고자 한다.

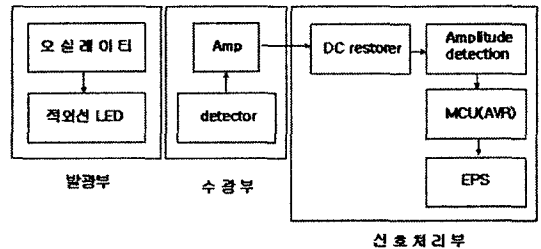
2. 본 론

2.1 시스템 전체 구조



[그림 1] (a) 회로 앞면도 (b) 회로 평면도.

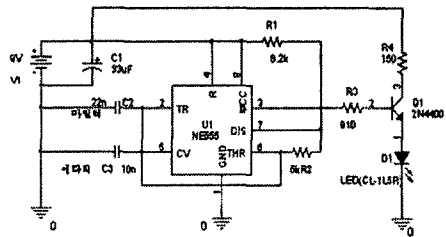
2.2 광학부 및 신호 처리부 구성



[그림 2] 시스템 전체 블록도

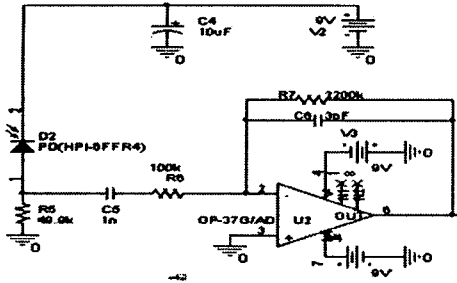
본 시스템의 전체 블록도는 [그림 2]와 같이 크게 발광부, 수광부, 신호처리부로 구성된다.

발광부의 회로는 [그림 3]과 같다. 발광소자인 적외선 LED는 5개의 위치에 파장이 940nm, half angle이 15°, 1.4V 100mA에서 23mW(측정치)의 total power를 갖는



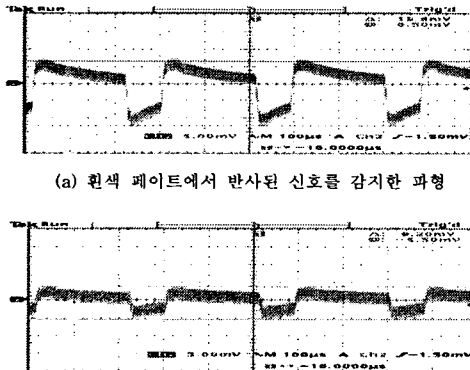
[그림 3] 발광부 회로

CL-1L5R를 사용하였으며 오실레이터(NE555)를 이용하여 3.4kHz pulse로 구동시켰다. 태양광은 항상 detector로 입사하여 신호의 DC성분을 갖게 하는 원인이 되므로 이 DC성분을 RC 필터를 구현하여 제거하면 원하는 pulse 신호만 걸러 낼 수 있어 LED를 pulse로 구동시켰다.



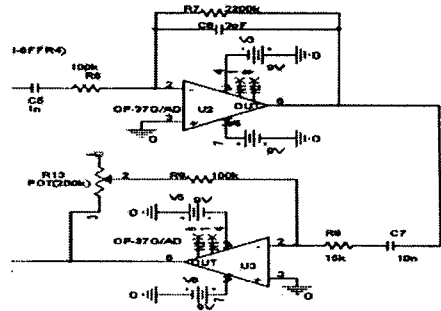
[그림 4] 수광부 회로

수광부의 회로는 [그림 4]와 같다. 수광부는 LED바로 뒤쪽에 spectral sensitivity가 880 ~ 1050nm이고 940nm에서 sensitivity가 가장 큰 HPI-16FFR4를 사용하였다. detector에 각각 저항 49.9kΩ를 직렬로 연결하여 전류 신호를 전압 신호로 바꾸었다. 본 시스템이 지면과 많이 떨어져 있기 때문에 태양광으로부터 들어오는 파워가 상당히 클 경우 Photodiode가 saturation될 수 있으므로 detector에 직렬로 연결된 저항을 줄여 신호 왜곡이 없도록 하여야 한다. detector단의 파형은 [그림5]와 같다.

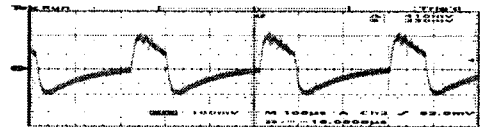


(a) 흰색 페인트에서 반사된 신호를 감지한 파형  
(b) 검은색 아스팔트에서 반사된 신호를 감지한 파형  
[그림 5] 수광부에서 출력되는 신호 파형(DC제거)

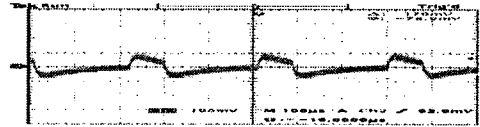
증폭 회로는 [그림 6]과 같다. 첫 번째 증폭부는 증폭기로 Low-pass Filter를 구현하여 pulse로 구동한 3.4kHz의 신호를 증폭시켰다. 각 센서에 대응되는 LED의 파워가 달라 같은 상황에 대해서도 각 detector 출력 신호의 크기에 차이가 생기므로 이를 보상하기 위해서 각각의 증폭단 gain을 조절하여 증폭된 신호의 크기가 일정하도록 두 번째 증폭단 gain저항에 가변저항을 달아주었다. 증폭된 신호의 출력 파형을 [그림 7]에 나타내었다.



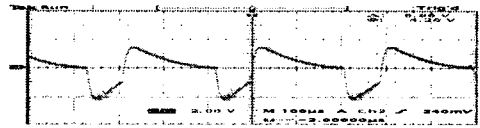
[그림 6] 증폭단 회로



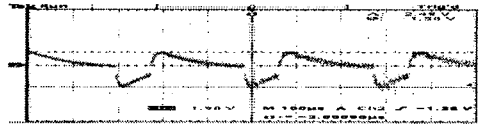
(a) 흰색 페인트로부터 감지한 신호의 1차 증폭



(b) 검은색 아스팔트로부터 감지한 신호의 1차 증폭



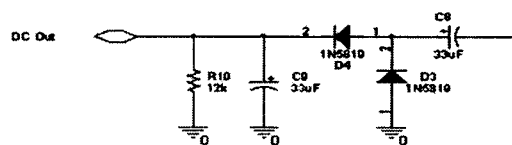
(c) 흰색 페인트로부터 감지한 신호의 2차 증폭



(d) 검은색 아스팔트로부터 감지한 신호의 2차 증폭

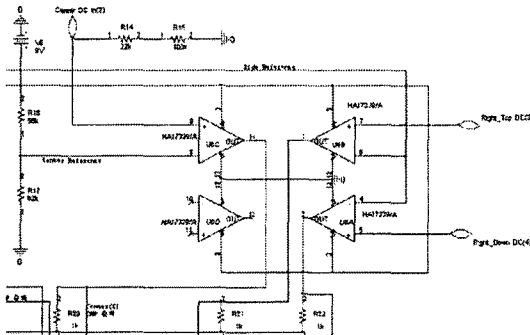
[그림 7] 증폭된 신호 파형

각단의 증폭된 AC 신호를 비교기(Comparator)에 입력신호로 넣기 위해서 DC 신호로 바꾸어 주어야 한다. 그러기 위해서 마지막 증폭단 출력단에 DC restorer를 구현해서 전체 파형을 +방향으로 올리고 그 뒷단에는 peak detector를 이용하여 각단의 DC 신호를 만들어 내는데 사용하였다. DC restorer(D3,C8)와 Peak detector(D4,C9,R10)의 회로는 [그림8]과 같다.



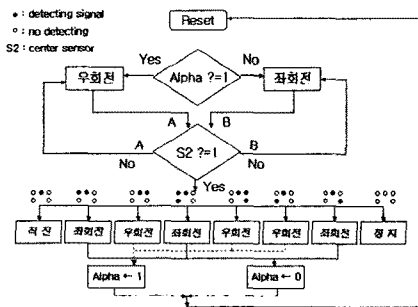
[그림8] 증폭단 회로

각 단의 Peak detector DC 출력은 Comparator의 입력 단으로 들어가게 된다. 각 단의 입력신호는 흰색 페인트 선상에 있는지 검은색 아스팔트 상에 있는지에 대한 판단을 위해서 검출 전압에 의해 비교되어야 한다. 본 논문에서는 그 reference 전압을 잡기 위하여 흰색 페인트에서 측정된 신호 크기 중 가장 작은 값과 검은색 아스팔트에서 측정된 신호 크기 중 가장 큰 값의 비율을 사용하였다. 주행 시 가운데 센서는 거의 흰색 페인트 위에 위치하여야 하므로 이곳의 신호를 기준으로 양쪽 센서단의 신호가 얼마나 들어오느냐에 의해 차량의 방향을 결정하기 위해서이다. 본 논문에서는 그 비율이 약 82%정도가 되게 하였다. 이 비율을 구현하기 위해 가운데 DC 출력 신호를 22kΩ과 100kΩ 저항으로 divider 하여 비교기 reference 입력 전압으로 하였다. 그리고 가운데 센서단이 흰색 페인트를 벗어났는지 판단하기 위하여 흰색 페인트 상에서 출력된 신호 중 가장 작은 신호보다 작아지지 않게 하였다. 비교기(Comparator)단의 회로는 [그림 9]와 같다.



[그림9] 비교기단 회로부

비교기의 출력 신호는 Atmel사의 AVR 마이크로컨트롤러(AT90s2313)로 입력되고 [그림 10]의 방향 전환 알고리즘에 의해 처리된다. 마이크로컨트롤러에서 출력되는 조향 신호는 EPS(Electrical Power Steering)로 입력되어 주행 차량의 방향을 결정하게 된다.

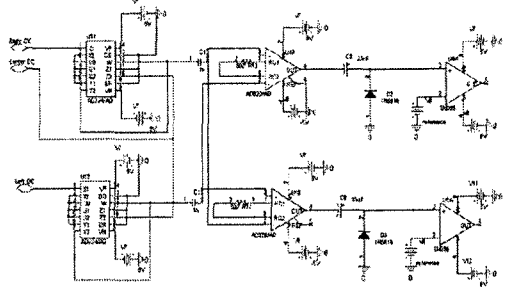


[그림 10] 방향 전환 알고리즘

### 3. 결 론

적외선 LED를 이용한 무인 주행 차량용 라인트레이서를 제작하였다. [그림1]과 같이 5곳에 각각 발광소자 LED와 수광소자 Detector를 위치 시켜 광학부를 구성하였으며 [그림 2]와 같이 시스템을 구성하였다. 최종 출력단은 주행 차량의 조향 장치인 EPS로 입력된다. 완성된 시스템을 무인 주행 저속 전기 자동차에 장착하여 실험을 하

였다. 차량이 정지한 상태에서 실험하였을 경우 차량의 방향이 원하는 방향으로 조향이 되는 것을 확인하였다. 차량의 steering을 매우 느리게 한 상태에서 1km/h의 속도로 차선을 따라 움직였을 경우 방향 전환이 되는 것을 확인하였지만 EPS의 반응 속도가 느려서 안정적으로 차선을 따라가지는 못하였다. EPS의 반응 속도를 높이고 안정적인 방향 전환을 할 수 있도록 PWM 방식이 요구된다. [그림 10]은 PWM 방식을 적용하기 위한 회로도이다.



[그림 11] PWM를 위한 회로 도면

### [참 고 문 헌]

- [1] 송용수,배성준, "여러가지 로봇만들기 AVR BIBLE",
- [2] Sedra,Smith, "Microelectronic Circuits"
- [3] Clifford D.Ferris, "Elements of Electronic Design"