

대한기계학회 주최

제12회 전국학생설계경진대회(2022년)

설계 최종 보고서

참가부	고등부 (o)				
참가분야	공모주제 (o) / 자유주제 ()				
참가팀명	HELO(Hyper Energy Light Operation)				
설계제목	자기장의 변화를 이용한 터널에서의 전기에너지 절약 장치				
지도교수/교사	(소속) 하나고등학교 (성명) 유상미				
대표자 (신청인)	성명	소속	연락처 (휴대폰)	E-mail	주소
	장이환	하나고등학교			

참가팀원 인적사항

NO	성명	소속 / 학년	E-MAIL
1	장이환	하나고등학교/2학년	
2	전형기	하나고등학교/2학년	
3	안호성	하나고등학교/1학년	
4	장지환	하나고등학교/1학년	
5	현선빈	하나고등학교/1학년	
6			

설계 요약문

참가분야	공모주제 (o) / 자유주제 ()
참가팀명	HELO(Hyper Energy Light Operation)
설계제목	자기장의 변화를 이용한 터널에서의 전기에너지 절약 장치
대표자명	장이환
요약문	<p>현대 사회에서 차량의 이용이 늘어나면서 그에 따라 차량이 자주 이용하는 터널에 대한 관심도 늘어났다. 이 과정에서 터널의 조명이 상시 작동됨으로써 낭비되는 에너지를 무시할 수 없음을 알게 되었고, 이를 해결하고자 하였다. 본 팀에서는 차량이 터널에 진입할 때 발생하는 자기장 변화를 감지하여 터널 조명을 점등/소등하는 방법에 대해 생각하였다.</p> <p>설계 구조는 크게 센서부와 제어부로 나뉜다. 차량이 진입할 때 발생하는 자기장 변화를 감지할 수 있는 센서를 이용하여 자기장 변화에 대한 정보를 획득하고 제어부로 전달한다. 본 팀에서는 리드 스위치를 이용하여 차량을 감지하기로 하였다. 차량의 주요 소재가 철임을 고려하여, 리드 스위치 내부 소재를 자석으로 변경하여 결과적으로 차량이 접근하면 주변 자기장이 변화하여 리드 스위치에 전류가 흐르도록 설계했다. 제어부에선 전달받은 정보를 아두이노를 활용해 만든 알고리즘을 통해 조명을 작동할지를 결정한다. 본 장치는 기존에 건설된 터널에 적용할 예정이므로, 제어부와 기존 터널의 조명을 연결하여 작동하며, 이로 인한 추가 전원 공급을 줄여 에너지 절약 효과를 한 번 더 기대한다.</p> <p>본 기계장치는 자기장 변화를 기반으로 차량의 진입을 감지하여 터널 조명을 점등/소등하는 것으로, 터널 조명을 소등하는 시간 동안 발생하는 에너지 절약 효과를 기대한다. 나아가 터널뿐만 아니라 불필요한 조명이 사용되는 곳에 적용하여 에너지 절약 효과를 더욱 극대화하는 기계장치가 될 수 있을 것이다.</p>

1. 설계의 필요성 및 목적

서울특별시 도시교통실 보행친화기획관 교통정보과에 따르면, 서울의 고속도로 교통량은 평균적으로 주말에 평일 대비 2.5배 증가한다. 또한 1주일 중 금요일의 도로 교통량이 가장 높다. 이 사실을 통해 추론할 수 있는 사실은 터널과 같은 시설들의 교통량이 균일하게 분포되지 않고 특정 시간에 몰린다는 사실이다. 그러나 우리나라의 터널들은 차가 지나가지 않을 때도 있음에도 불구하고 상시 전등이 켜져 있다. 이에, 낭비되는 전기에너지의 정확한 양에 관하여 탐구해 보았다. 현재 전국의 터널의 길이는 2021.12.31. 기준으로 2,228,413.8m이고 2,733개에 달한다. 대부분의 터널들은 온종일 모든 전등이 켜진 채로 방치되어 전기에너지가 낭비되고 있다. m당 평균 연간 전력 사용량을 약 $304,4k W(2,225,557k W \div (3,725m + 910m + 1,626m + 1,050m))$ (그림 1)이라고 할 때 m당 평균 일간 전력 사용량은 약 $834 W(304,400 W \div 365(\text{일}))$ 이며 전국터널(2,228,416.8m)에서는 약 $1,858.5MW(834 W \times 2,228,416.8m)$ 의 전기가 사용되고 있다. 특히, 한국도로공사 고속도로 공공데이터 포털의 통행 시간 지수에 따르면 교통량이 가장 적은 시간인 오후 9시부터 다음 날 오전 5시의 심야 시간에 사용되는 전력량 같은 경우 m당 평균 하루 심야 시간 전력 사용량은 약 $278 W(834 \times \frac{8}{24})$ 이며 전국터널에서는 약 $619.5MW(278 W \times 2,228,416.8m)$ 의 전력이 심야 시간에 지속적으로 사용되고 있다. 이는 8시간 동안의 인구 1인당 평균 전력 소비량 $78.6MW(9,826 Wh \times 8)$ 의 약 7.9배에 달하는 전력 소비량이다. 또한 국제 원자력기구(IAEA)에 따르면 이 전력을 석탄화력발전을 통해 생산하는 동안 613.9톤($619,500k W \times 991g$)의 이산화탄소가 배출되고 있다. 차량이 많이 통행하지 않는 심야시간대에 이렇게 많은 전력이 사용됨과 동시에 그를 위한 생산 과정에서 엄청난 양의 이산화탄소가 배출되고 있음을 알 수 있다. 이에 따라 본 팀은 터널의 전등을 능동적으로 켜고 끄므로써 전력을 절약하여 궁극적으로 전력 생산에서의 환경 파괴 감소와 탄소 중립을 실천할 수 있도록 한 기계장치를 설계하였다. 그리고 그 안의 제어장치를 설계할 때 운전자의 가시거리를 통해 안전성을 고려하여 소등에 의한 사고 원인을 제공하지 않도록 하였고 그에 사용할 센서로 전력 사용량을 최소화한, 스위치를 구동하기 위해 전력이 소모되지 않는 자기 센서인 리드 스위치를 활용한 기계장치를 고안하였다.

4.2 전력사용량 개선 효과

터널조명 광원을 저압나트륨램프에서 LED로 교체 전·후의 1년간 터널조명용 전력사용량은 Table 12 및 Fig. 2에서 보이는 바와 같이 ○○터널 26.5%, △△터널 26.1%, □□터널 57.9%, ◇◇터널 59.6% 각각 감소한 것으로 나타났으며, 4개 터널의 평균 전력사용량 감소율은 40.7%이다.

Table 12. Reduction rate of power usage for a year

	Low pressure sodium lamp	LED	Reduction rate
○○Tunnel (L: 3,725 m)	1,542,608 kW	1,133,589 kW	26.5%
△△Tunnel (L: 910 m)	562,291 kW	415,425 kW	26.1%
□□Tunnel (L: 1,050 m)	663,446 kW	279,166 kW	57.9%
◇◇Tunnel (L: 1,626 m)	983,100 kW	397,377 kW	59.6%
Total	3,751,445 kW	2,225,557 kW	40.7%

그림 1 터널에서의 전력 사용량 표본

2. 설계 핵심 내용

(1) 설계 문제의 정의

터널의 불은 항상 켜져 있다. 터널은 낮은 물론이고 심야 시간과 같이 사람들이 거의 다니지 않는 시간대에도 동일한 전력이 사용된다는 것이다. 이런 이유로 현재의 터널은 불필요하게 전기가 낭비되고 있다고 판단하였다. 이 때 낭비되는 에너지를 최소화하고, 그에 따른 효과인 환경보호를 위하여 본 팀은 '리드 스위치를 활용한 능동형 터널 조명'을 고안하였다. 이 장치의 목적은 효율적인 전기 사용을 위해 차량이 지나갈 때만을 인식해 터널 조명이 켜지도록 하는 것이다. 이를 통해 터널 조명에 사용되는 전기에너지를 절약하는 효과를 얻고, 나아가 낭비되는 전기에너지를 최소화하여 이산화탄소의 배출량 감소 효과를 기대하며 본 장치를 제작하기로 하였다.

(2) 설계의 독창성 및 접근 방법

1) 설계 방법 및 배경

최종적으로 완성될 장치에 사용될 센서의 설계와 제어장치에 사용될 프로그래밍 그리고 이들의 회로도를 제작하여 부품의 모습을 예상하고 그 작동원리에 대해 구상하였다.

- 본 기계장치에 사용될 리드 스위치 구조 기반의 새로운 자기 센서를 영구자석과 도체 등 각 구성요소의 위치와 특성, 자기장과 자기력을 고려해서 설계한다.
- 운전자의 안전성 확보를 위해서 접촉부, 경계부, 이행부, 기본부 및 출구부 등의 터널 조명의 분류, 운전자의 물체에 대한 가시거리, 자동차의 속도별 운전자의 시야각 등을 참고하여 점·소등 구간을 정한다.
- 센서와 제어장치를 연결하는 회로도를 센서의 개수와 아두이노의 병렬 처리 능력을 고려하여 브레드보드(breadboard)를 활용해서 제작한다.

- 차량이 센서를 통과한 후에도 점등 구간에 해당하는 구간의 전등의 켜짐 상태의 유지와 한 구간 내에 통과속도가 각각 다른 여러 차량이 동시에 존재할 가능성을 고려해 제어장치의 프로그램(소프트웨어)을 작성한다.

본 팀에서 제작할 기계장치의 핵심이 되는 리드 스위치는 강자성체로 구성된 한 개조의 얇은 리드 판(reed)이 불활성 gas와 함께 유리 관내에 봉입된 것으로 외부에서 가해진 자기 에너지의 강약에 의해서 일련의 스위치 작용을 한다. 리드 스위치의 장점은 자기 에너지를 매체로 해서 수 mm 정도의 거리에서 무접촉으로 스위치를 개폐 조작할 수 있다는 점이다. 그리고 그 동작도 대단히 빠르고 약 500Hz 정도의 응답 특성을 가지고 있다. 리드 스위치는 가장 구조가 간단한 종류의 센서이다. 본 팀의 궁극적 목표는 실제 터널 현장에 본 기계장치를 적용하는 것인데, 터널 조명 같은 경우는 운전자의 생명과 직접적으로 연관될 수 있기 때문에 보수적인 접근이 필요하다. 이에 따라 본 팀은 고장이 발생할 가능성이 비교적 적은 리드 스위치를 사용함으로써, 기계장치 결함으로 인해 발생할 수 있는 사고의 위험성을 줄일 것이다.

2) 설계의 독창성

본 팀이 설계한 리드 스위치는 시중에서 판매되고 있거나 사용되고 있는 일반 리드 스위치와는 차별점을 가진다. 본질적으로는 리드 스위치의 원리를 이용하지만 내부 구조를 변형하여 이용한다. 본 팀은 기존의 리드 스위치를 새로운 관점에서 바라보았고, 리드 스위치의 리드를 자석으로 변경하기로 하였다. 기존의 다른 리드 스위치를 이용한 장치들이 물체들이 자석에 감응하여 작동되는 반면, 본 팀의 센서는 반응되는 물체들이 철로 이루어지기만 하면 센서를 작동시킬 수 있다. 따라서 기존의 센서보다 더 많은 물체를 활용하여 센서를 작동시킬 수 있어 활용도가 더욱 높다. 또한 기존의 리드 스위치는 크기와 구조에서 오는 한계가 있어 사용되는 분야가 작았다. 그러나 본 팀에서는 자석 소재를 활용한 개선된 리드 스위치를 활용함으로써, 다양한 분야에 적용할 수 있는 조명 시스템 또한 구축하고자 하였다.

3) 설계의 제약조건 및 문제 해결 방법

- 아두이노의 병렬 처리 능력을 고려한 설계에도 불구하고, 만약 구현 단계에서 병렬 처리 능력의 부족으로 필

요한 혹은 예상한 정도의 반응속도에 미치지 못한다면, 필요·예상의 반응속도를 위해 제어장치를 병렬 연결해야 하며, 이 문제가 병렬 처리 능력뿐만 아니라 다양한 원인으로 실제 터널에 적용되었을 때도 나타날 수 있다. 이에 따라, 본 팀은 리드 스위치를 활용한 기계장치의 물체 감지의 정확성과 안정성을 높이기 위하여 작동 시 어느 정도의 시간 지연이 발생할 수밖에 없음을 고려하고 실험을 진행하였다.

- 본 설계에서의 운전자의 물체에 대한 가시거리와 자동차의 속도별 운전자의 시야각 등을 참고하여 정한 점·소등 구간은 터널에서의 상황을 예상한 후 정한 것이다. 하지만, 그 예상에서 벗어나는 상황에서는 안전상의 문제가 발생할 수 있다. 이를 해결하기 위해서 속도를 측정할 수 있도록 한 구간에 센서 2개를 사용하거나 속도를 측정할 수 있는 센서를 추가하여 점·소등 구간을 능동·자율적으로 함으로써 해결할 수 있다.

(3) 설계 내용

1) 리드 스위치 설계

이번 대회 주제인 친환경에너지 기계장치 설계이기 때문에, 전력 소비를 최소화하는 방향으로 설계를 진행하였다. 이러한 이유로, 차량의 접근을 감지할 장치에 있어서도 추가적인 전력 소비가 없게끔 할 것을 부수적인 목표로 하였고, '리드 스위치'에서 해당 장치의 설계에 영감을 얻었다. 일반적인 리드 스위치(그림 2)는 밀봉된 유리관 속 2개의 금속 소재의 리드가 위치한 구조이다. 이 2개의 리드는 평소에는 스프링으로 인해 벌어진 상태가 유지된다. 그러나, 자석이 근접하게 되면 리드는 자기회로가 되어 접점을 연결하며 작동하는 방식이다.

리드 스위치의 작동방식에 착안, 본 팀에서는 기존의 리드를 영구자석으로 대체한 새로운 작동방식의 리드 스위치를 고안하였다. 구체적인 내용은 다음과 같다.

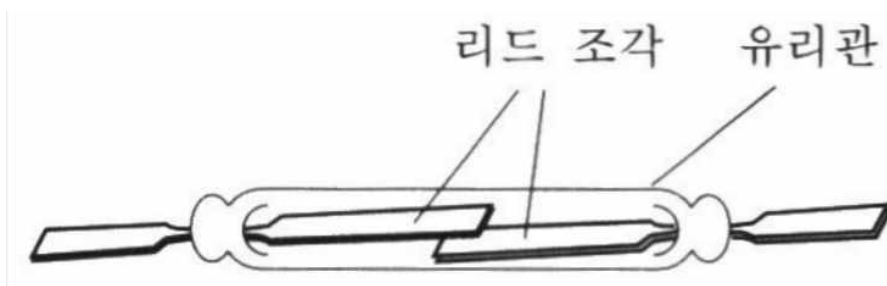


그림 2 일반적인 리드 스위치

자석의 극은 2개의 리드가 서로를 마주하는 극이 같게 한다. 리드 스위치는 기본적으로 하나의 리드는 위에, 하나의 리드가 아래에 위치한 구조이다. 이 중 위에 위치한 리드는 고정시켜 움직이지 못하게 한다. 위의 구성을 따른다면 2개의 리드는 서로에 대한 반발력에 의해 떨어지게 되고, 스위치는 열려있게 된다. 이제, 이 리드 스위치를 도로 아래 부설한다. 도로 아래 부설된 리드 스위치는 다가오는 차에 의해 아래에 있는 리드가 올라오며 일시적으로 닫혀 회로에 전기가 통하게 될 것이다. 자세한 내용은 차후 실험에서 리드 스위치 모듈을 이용한 모형을 제작하면서 확인할 것이다.

2) 아두이노 설계 및 코드 구성

본 팀에서는 아두이노를 활용하여 리드 스위치가 차량을 인식하여 센서값을 받는 부분부터 다수의 차량이 진입했을 때 전등을 점/소등하는 부분까지 코드를 작성하였다. 이에 대한 코드는 차후 실험 결과에서 다시 언급할 것이다. 그림 3은 실제 실험에서 사용하기 위한 코드이다. 실험을 간단히 진행하기 위하여, 기본 리드 스위치 하나를 장착한 아두이노가 네오디뮴 자석이 접근했을 때 디지털 신호를 받는 코드를 작성하였다.

```
int LED = 8;

void setup() {
  pinMode(9, INPUT);
  pinMode(LED, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  int a = digitalRead(9);
  Serial.println(a);
  delay(200);
  if(digitalRead(9) == 1)
  {
    digitalWrite(LED, HIGH);
  }
  else
  {
    digitalWrite(LED, LOW);
  }
}
```

그림 3 아두이노 작동 코드

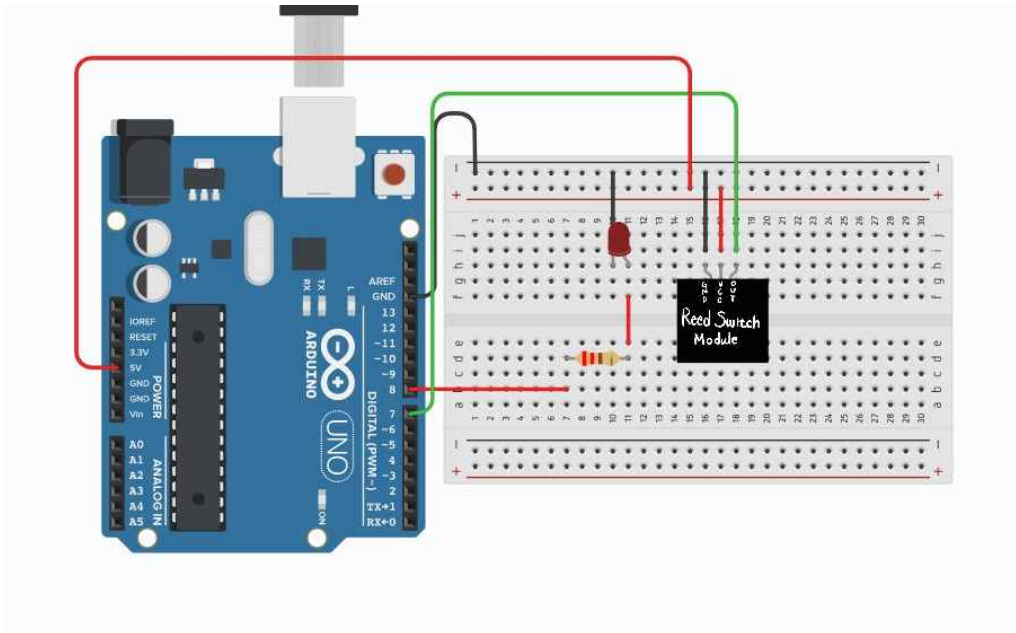


그림 4 리드 스위치를 이용한 아두이노 예상 설계도

그림 4는 Tinker cad를 활용해 본 팀의 아두이노 장치를 대략적으로 나타낸 것이다. 실제 현장에서는 리드 스위치가 자기장의 변화를 감지하고 이를 LED에 전달해 점등/소등하는 방식으로 작동될 것이다. 실제 실험에서는 그림 2의 코드대로 자석의 유무에 따라 아두이노가 받는 신호가 달라지는 것을 확인하였다.

3) 두 자석 간의 힘 측정

본 팀에서는 일반적인 리드 스위치가 아니라 기존의 금속 소재를 자석으로 변경한 리드 스위치를 사용할 예정이다. 따라서 차량이 진입할 시 변화하는 자기장에 의해 발생하는 힘이 리드 스위치 속 자석이 붙게 할 수 있는지를 확인할 예정이다. 자석은 두 개의 동일한 자력을 가진 네오디뮴 자석을 선택하였다. 두 개의 자석을 이용하여 자석이 붙기 직전의 거리를 계산하고 그 거리에서의 두 개의 자석이 가지는 힘을 계산할 것이다.

3. 설계 수행 일정

설계 진행 내용	4월	5월	6월	7월	8월	9월
장치 구조 설계 및 센서 선정						
리드 스위치, 아두이노 코드, 회로도 구체화						
리드 스위치 설계 마무리와 계산, 타 부품 설계						
기계장치 모델링 및 간이 모형 제작						
설계 보완 및 최종 보고서 작성						

4. 설계 결과물

(1) 최종결과물 형상 및 작동원리

그림 5와 같이 리드 스위치와 네오디뮴 자석을 이용하여 자석이 접근했을 때는 디지털 신호 1을, 그림 6과 같이 자석과 멀어졌을 때 디지털 신호 0을 보내는 것을 확인하였다. 본 실험에 사용한 코드는 그림 2와 같다.

다음은 두 자석 간의 힘을 측정한 실험이다. 두 개의 자석은 지름 15mm, 높이 5mm의 네오디뮴 자석을 사용했다. (15D, 5T) (본 실험에서 사용한 네오디뮴 자석의 자력은 판매자로부터 제공받은 정보에 따르면 대략 3,500Gauss라고 한다.) 두 자석 간의 힘을 계산하기 위해 '자기에 관한 쿨롱의 법칙

($F = \frac{1}{4\pi\mu_0} \times \frac{m_1 m_2}{r^2}$, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$)'을 사용할 것이다.

자석이 붙기 직전의 거리 $r = 0.03m$ (직접 실험한 값에 따라 설정)

네오디뮴 자석의 반지름 $R = 0.007m$

네오디뮴 자석의 세기 3,500 Gauss

$3,500 Gauss = 0.35T$ (테슬라) $= 0.35 \times (0.007)^2 \times \pi Wb$

$0.35 \times (0.007)^2 \times \pi Wb = 0.000053878 Wb = m_1, m_2$ (동일한 네오디뮴 자석)

각각의 값을 위의 공식에 대입하면

$F = 0.204251736N$ 이다.

위 실험에서 측정한 자석의 무게는 8g 이하이므로, 자석이 받는 중력의 크기는 0.0784N이다. 즉, 자석 사이의 인력이 자석이 받는 중력보다 크기 때문에 자석이 붙었다 라는 결론에 도달할 수 있다. 이를 이용해 리드 스위치의 리드가 각각 반발력과 중력을 이겨내고 올라올 수 있는 자석의 세기를 특정할 수 있다.

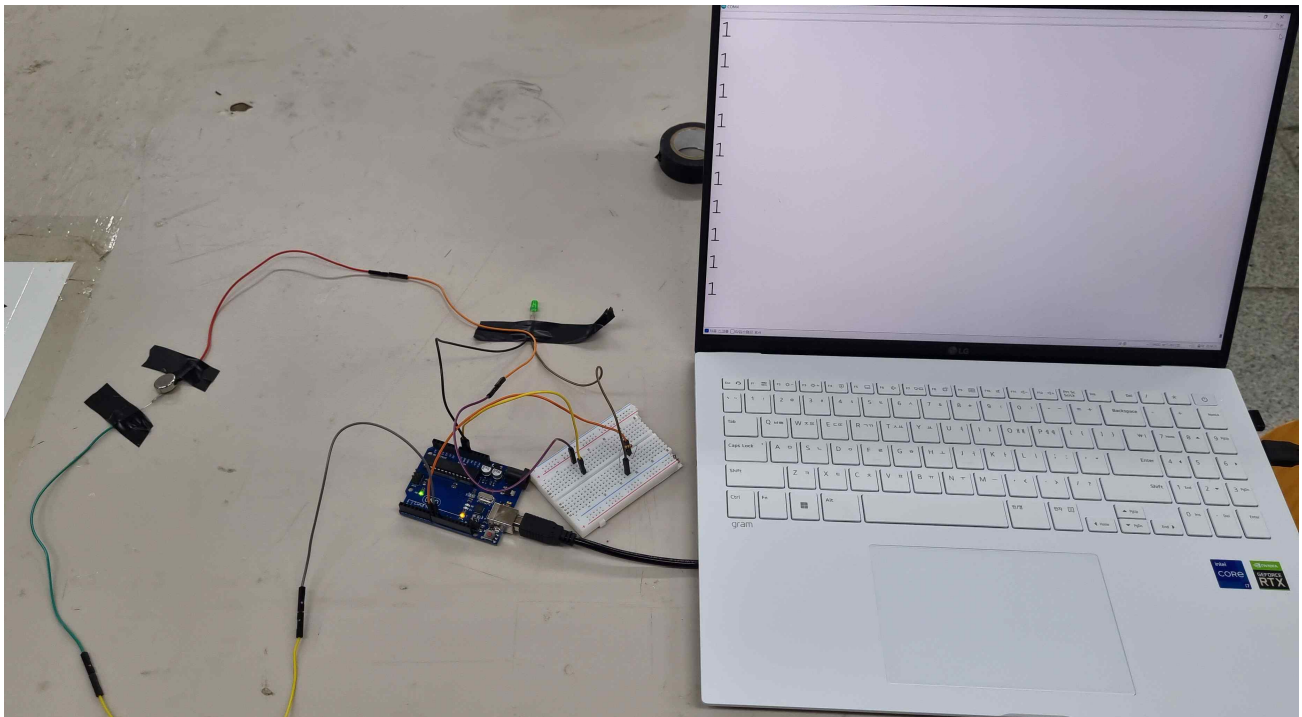


그림 5 리드 스위치에 자석이 접근했을 때

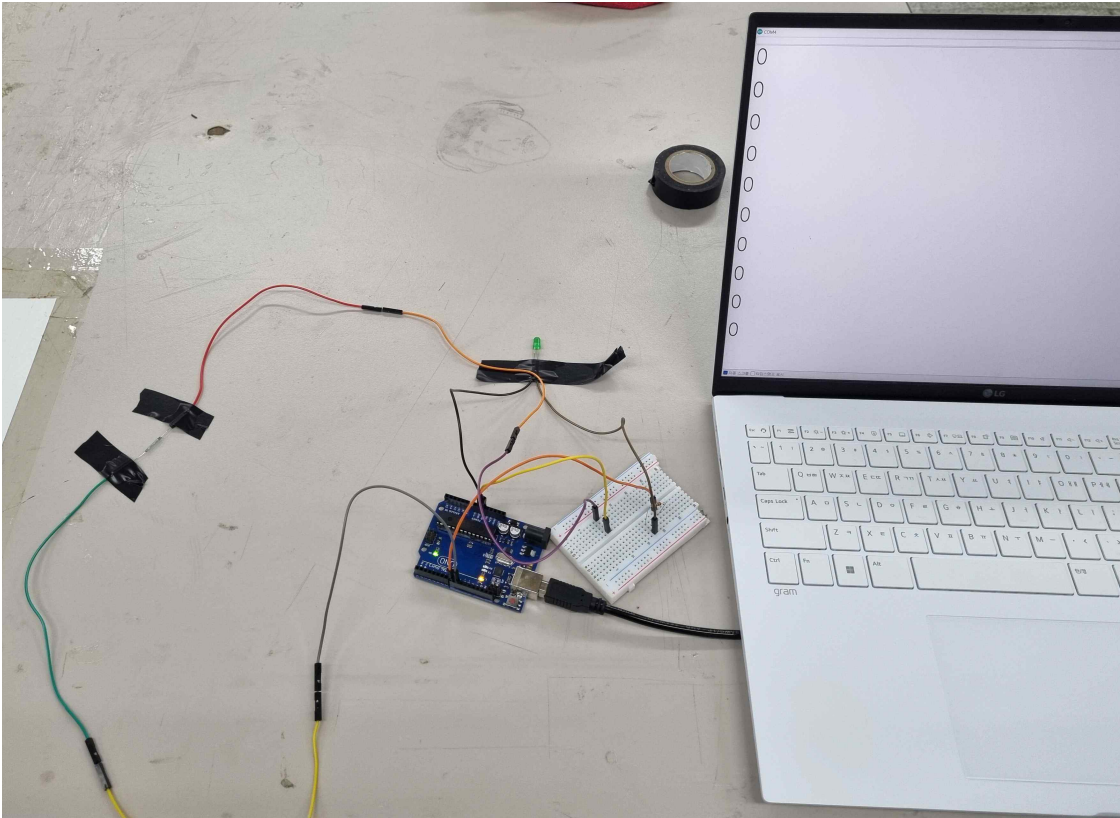


그림 6 리드 스위치에서 자석이 떨어졌을 때

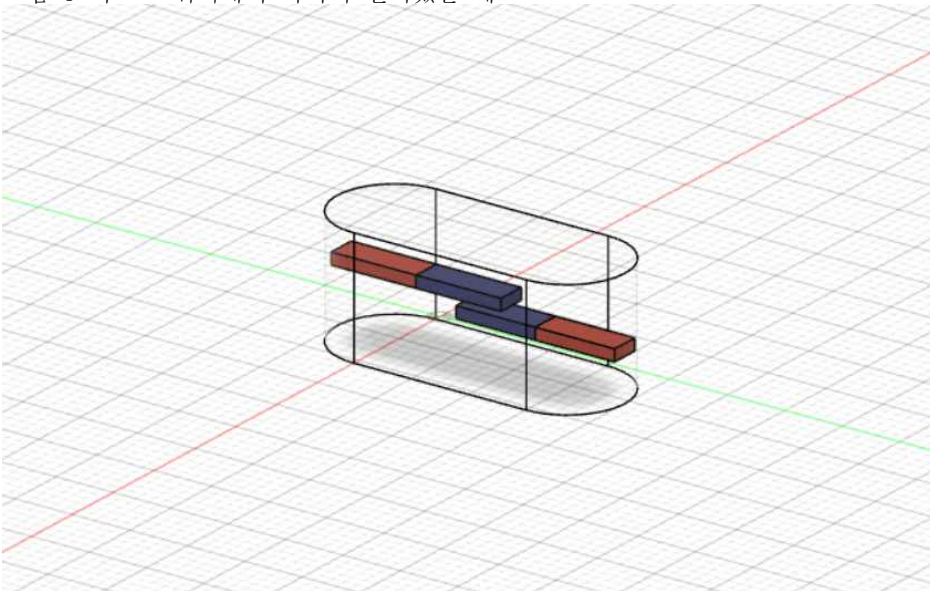


그림 7 자석 소재를 사용한 리드 스위치

그림 7은 본 팀에서 사용할 리드 스위치를 Fusion 360을 통해 3D 모델링한 모습이다. 기존의 금속 소재를 대신하여 자석이 탑재되었고, 앞선 두 개의 실험을 이용해 실제 현장에 적용한 상황을 가정한 모습 또한 모델링할 것이다.

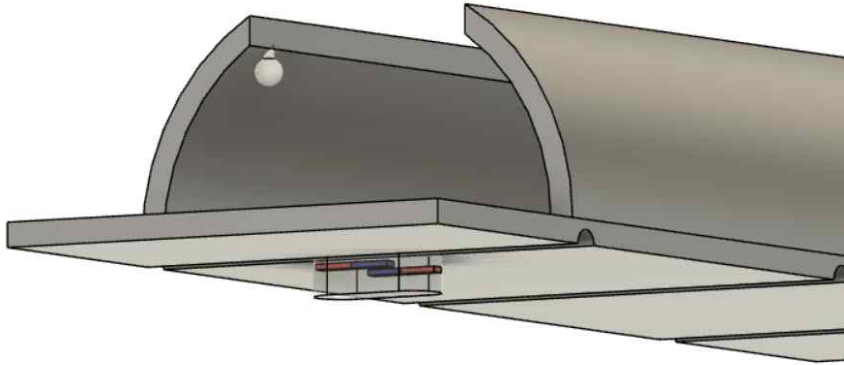


그림 8 새로운 리드 스위치가 터널에 적용된 모습

본 팀에서 고안한 새로운 리드 스위치는 터널 아래쪽에 매설되어, 차량에 진입에 따른 자기장 변화를 감지하고 이로부터 발생하는 힘을 통해 리드 스위치를 작동시켜 결과적으로 차량이 존재할 때만 LED가 점등되도록 할 것이다. (그림 8, 그림 8은 리드 스위치 센서와 LED가 각각 하나씩만 적용된 모습이고 LED는 알아보기 쉽도록 전구의 형태로 모델링하였다.

본 팀에서 고안한 시스템이 실제 터널에 적용된다면 그림 9와 같은 작동원리를 따라갈 것이다. 하나의 터널을 그림 9와 같이 여러 개의 Sector로 나눈다. 각각의 Sector는 완전히 분리되어 있지 않고 일정 길이의 구간 동안 겹쳐있기 때문에 Sensor가 차량을 인식하여 조명을 점등/소등할 때 조명이 완전히 소등되어 이동 중인 차량의 시야를 막지 않도록 하였다. 그림 10은 그림 9의 작동원리가 원활히 실행될 수 있도록 하는 아두이노 코드이다. 최소 센서 개수인 4개의 센서가 터널에 적용되었을 때를 가정하여, 차량의 진입과 벗어남에 따른 코드를 작성하였다.

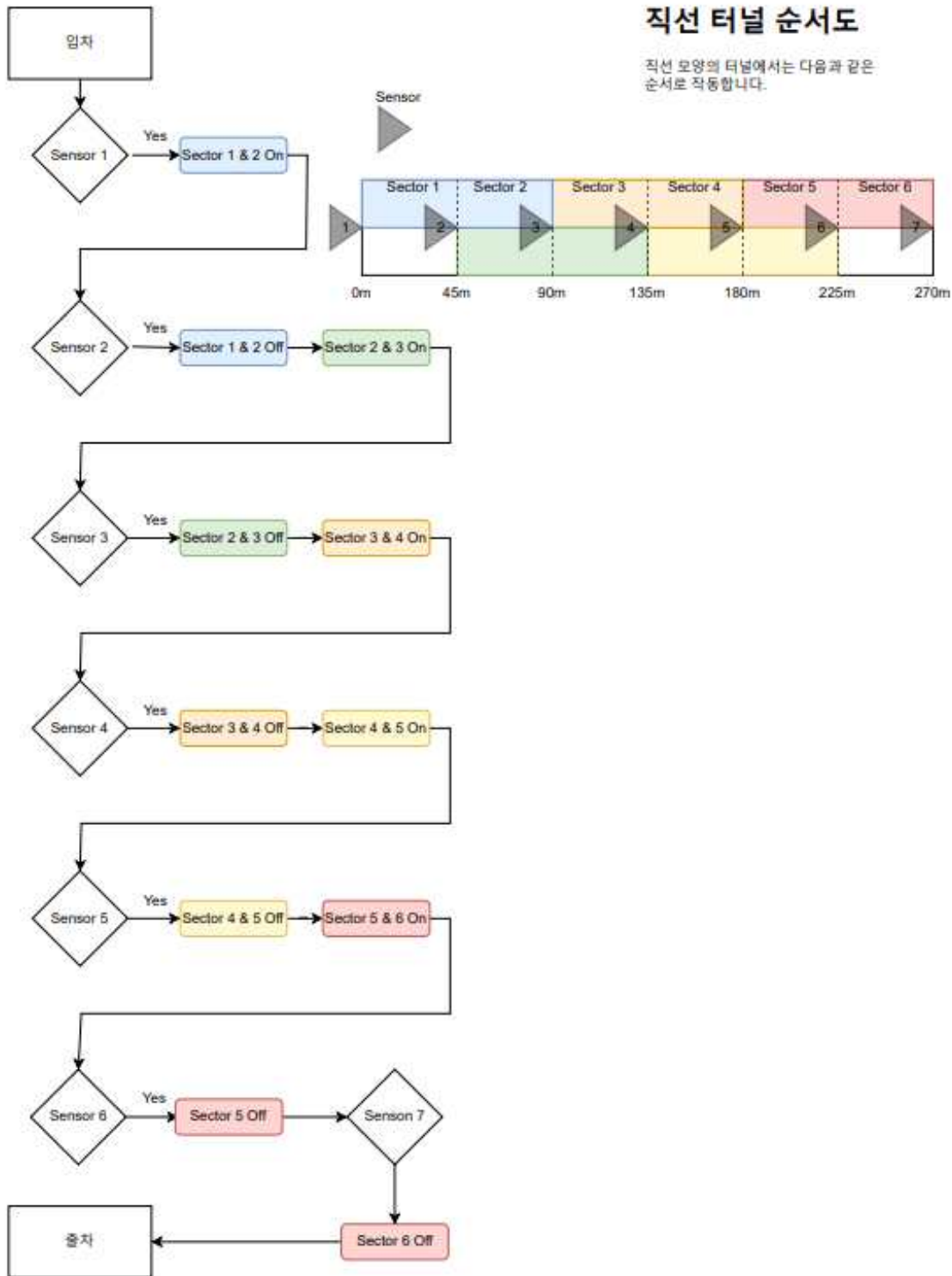


그림 9 작동 원리

```
int LED1 = 13, LED2 = 12, LED3 = 11;
int Sensor1 = 10, Sensor2 = 9, Sensor3 = 8, Sensor4 = 7;
int Sector1 = 0, Sector2 = 0, Sector3 = 0;
```

```
void setup() {
    pinMode(Sensor1, INPUT);
    pinMode(Sensor2, INPUT);
    pinMode(Sensor3, INPUT);
    pinMode(Sensor4, INPUT);
    pinMode(LED1, OUTPUT);
    pinMode(LED2, OUTPUT);
    pinMode(LED3, OUTPUT);
    Serial.begin(9600);
}
```

```
void loop() {
    int Sen1 = digitalRead(Sensor1);
    int Sen2 = digitalRead(Sensor2);
    int Sen3 = digitalRead(Sensor3);
    int Sen4 = digitalRead(Sensor4);
    delay(100);
    if (Sen1 == 1){
        Sector1++;
        Sector2++;
    }
    if (Sen1 == 1){
        Sector1++;
        Sector2++;
    }
    if (Sen2 == 1){
        Sector1--;
        Sector3++;
    }
    if (Sen3 == 1){
        Sector2--;
    }
    if (Sen4 == 1){
        Sector3--;
    }
    delay(100);
    if (Sector1 >= 1)
        digitalWrite(LED1, HIGH);
    else
        digitalWrite(LED1, LOW);

    if (Sector2 >= 1)
        digitalWrite(LED2, HIGH);
    else
        digitalWrite(LED2, LOW);

    if (Sector3 >= 1)
        digitalWrite(LED3, HIGH);
    else
        digitalWrite(LED3, LOW);
}
```

그림 10 실제 현장에서의 작동 코드

(2) 최종 설계 결과물의 장단점 및 의의

먼저, 본 팀의 가장 큰 설계 목표는 에너지 절약이다. 그리고 이를 달성하기 위한 장치를 구상하였다. 하지만 이는 다른 팀들 또한 크게 다르지 않을 것이라 생각한다. 이에 대한 본 팀의 가장 큰 특징은 기기의 센서 작동에 외부 전원을 필요로 하지 않는다는 점이다. 이 특징에 수반되는 장점들은 여러 가지이다.

첫 번째로, 그만큼의 전력을 아낄 수 있다는 점이다. 카메라나 레이더와 같은 장치들은 모두 본 장치에서 물체의 접근을 감지하는 센서 역할을 할 수 있지만, 결국엔 이들 또한 전자기기이기에 전력을 필요로 한다. 이에 대해 본 팀은 보다 설계 목적에 부합하는 장치 설계를 위해 장치 가동에 필요한 전력을 최소화하고자, 센서를 작동하는데 추가적인 전력 인가가 필요하지 않게 하였다.

두 번째 장점은 기기의 신뢰성이 높아진다는 점이다. 모든 장치는 그 구조가 복잡할수록 고장이 발생할 확률이 높아진다. 그리고 이런 점에 있어서, 차량의 접근을 감지할 센서로 카메라나, 레이더, 동작 감지기 등을 사용하면 이들 자체로도 복잡한 구조를 지닌 전자제품이기에, 신뢰성 측면에서 상당한 부담으로 다가온다. 이에 반해, 본 팀의 설계에 사용된 리드 스위치 방식의 센서는 높은 신뢰도를 보일 수 있다. 영구자석을 이용해 센서를 구성하였기 때문에, 자석이 자성을 잃을 정도의 고온에 노출되지만 않는다면 센서는 어떤 상황에서도 정상 작동을 보장할 수 있다.

이 장치에 대해 우려되는 점에 대하여 짚고 넘어가자면 우선 이 장치가 터널의 조명에 관한 장치라는 점이다. 도로에 관한 시스템은 사소한 문제로도 큰 사고로 이어질 수 있기 때문에 보수적인 접근이 필요한 문제이다. 더욱이, 터널이란 공간에서 조명은 거의 유일한 광원이 되어주기 때문에, 그 중요성은 일반적인 도로에서보다 배가된다. 이 점에 대해 본 팀 또한 충분히 인지하고 있다. 하지만, 그럼에도 해당 주제를 선택한 이유는 산악 지형이 국토의 70% 이상을 차지하는 우리나라의 특성상 수많은 터널이 존재하고 있고, 그들의 길이를 고려하면 그들을 밝히는 데 사용되는 전기를 아끼는 것이 유의미한 수준의 에너지 절감을 유도할 수 있을 것이라 생각하였기 때문이다.

5. 활용방안 및 기대효과

본 팀은 밤 시간대나, 평일과 같이 사용량이 저조한 시간대에 낭비되는 에너지에 집중했다. 기존에는 차량 이동량이 적은 터널이나 새벽같이 차량이 잘 이동하지 않는 시간대에도 터널 내부의 불은 계속 켜져 있어 많은 전기가 낭비된다. 이에, 본 팀은 이를 효과적으로 절약할 수 있는, 동시에 운전자의 안전 또한 보장할 수 있는 장치를 구상하였고, 이를 통해 낭비되는 전기를 절약하는 효과를 기대하고 있다.

장치의 컨셉에 대해 간단히 설명하자면, 차량이 터널을 이용하는 상황에서만 터널의 LED 내지는 전등을 점등하여 필요한 상황에만 전기를 사용하고 이를 통해 전기에너지를 절약하는 것이다. 또한 본 장치의 컨셉은 단순히 터널에만 국한되는 것이 아닌, 고가도로, 교량 등 넓은 범용성을 보여준다. 예를 들어, 새벽의 자동차 전용도로 같은 경우, 이용 차량이 거의 없음에도 불구하고 계속 불이 켜져 있는 가로등들이 많다. 이런 가로등에도 본 팀의 장치를 설치한다면, 차가 도로를 이용할 때만 가로등을 작동시킴으로써 에너지를 절약할 수 있다.

이처럼, 본 팀에서 설계한 장치는 사용량이 적은 도로에 동일하게 사용되는 에너지에 집중한다는 특징을 지니고 있다. 또한, 이에 대한 사용이 단순히 터널에만 국한되는 것이 아니라 다양한 환경에도 적용될 수 있기 때문에 그 잠재성이 풍부하다고 할 수 있다.

<참고문헌>

1. 한종성, 김기훈, 김훈.(2021).터널 조명의 경제성 분석.한국조명·전기설비학회 학술대회논문집,57-57.
2. 전국 터널현황 . (2021). <https://bti.kict.re.kr/bti/publicMain/main.do>.
3. 정용호, 김한준, 양천석.(2000).Medium Voltage 하이브리드 절체 스위치.대한전기학회 학술대회 논문집,(),268-270.

4. 이규필, 김정흠. (2020). 터널 조명등 교체에 따른 전력사용량 및 조도개선 효과: 저압나트륨램프 LED로 교체. 한국터널지하공간학회 논문집, 22(2), 185-196.)
5. 1인당 전력소비량 . (2022). <https://www.index.go.kr/unify/idx-info.do?idxCd=4291>
6. [나노파워 자기저항센서] Switch your switch! 진화를 거듭하는 자기센서 기술 . (2014). http://magazine.hellot.net/magz/article/articleDetail.do?flag=all&showType=showType1&articleId=ARTI_00000000031065&articleAllListSortType=sort_1&page=1&selectYearMonth=201410&subCtgId=.
7. 온실가스 배출 정도 (2016) <https://atomic.snu.ac.kr/index.php>
8. Odgerel Ayurzana, 김희식.(2007).리드 스위치 센서를 이용한 원격 검침용 상수도 계량기에서 채터링 오차 감소 방안 연구, 43-43.
9. 손병기 (2011). 센서용어사전. 일진사