대한기계학회 주최

제11회 전국학생설계경진대회(2021년)

설계 최종 보고서

참가부	고등부 (V)				
참가분야	공모주제 (V) / 자유주제 ( )				
참가팀명	minimum				
설계제목	진동센서를 이용한 레인지 조절장치				
지도교수/교사	(소속)경동고 (성명)원종철				
대표자 (신청인)	성명	소속	연락처 (휴대폰)	E-mail	주소
	박태현	경동고등학교			

참가팀원 인적사항

NO	성명	소속 / 학년	E-MAIL
1	이준우	경동고등학교 / 3학년	
2			
3			
4			
5			
6			

설계 요약문

참가분야	공모주제 (V) / 자유주제 ( )
참가팀명	minimum
설계제목	진동센서를 이용한 레인지 조절장치
대표자명	박태현
요약문	집에서 라면을 먹기 위해 물을 끓이다가 잠시 다른 행동을 하느라 정신이 팔린 적이 있었습니다. 정신이 팔린 사이 물은 거의 다 끓어서 없어졌고 탄 냄새가 났습니다. 이때 물이 완전히 끓기 전에 냄비가 심하게 진동하는 현상이 있었는데 이를 이용하면 끓음을 감지 할수 있지 않을까 생각하게 되었습니다. 조리를 할 때 물의 끓음을 사용하는 경우가 많습니다. 최근 자취생, 독신 가족의 증가로 전자레인지를 이용하거나 끓이는 등 단순한 행위로 빠르게 먹을 수 있는 음식이 늘고 있습니다. 하지만 물을 단순히 끓이는 행위에서도 화재가 발생할 수도 있습니다. 화재는 언제 어디서 발생할지 모릅니다. 현재까지 발생한 화재사고들을 보면 전기제품의 노후로 인한 사고를 제외한다면 거의 대부분은 조리중 사람의 실수, 간과에 의해서 발생하였습니다. 저희는 이를 해결하기 위해서 액체의 끓음을 감지하는 것이 최적의 방안이라고 생각했습니다. 가정집에서 화재사고를 보면 전기 가열 기구 혹은 조리 중의 화재가 상당히 많은 편입니다. 이중 조리 중의 화재는 가스레인지나 인덕션 사용 시 부주의로 주로 생기는데 이때 위에서 언급했던 현상을 이용하여 조리 시 불필요한 가열로 인한 에너지도 절약하며 화재의 예방까지 가능할 것이라고 생각하게 되었습니다.
설계프로젝트의 입상 이력	없음

1. 설계의 필요성 및 목적

최근 요리 유튜브, 밀키트 시장 확대에 따라 흔히 부르는 요리초보도 간단하게 요리를 하여 퀄리티 높은 음식을 먹을 수 있게 되었습니다. 밀키트의 특성 상 간단한 요리방식을 추구하기에 끓임이라는 요리과정이 많이 사용되고 있습니다. 하지만 요리라는 과정은 고열의 물체 혹은 화기를 이용하기에 항상 주의를 요구합니다.
허나 사람은 기계가 아니기에 실수를 하거나 다른 곳에 정신이 팔려 요리 중 사고의 위험도가 있고 특히 요리 초보의 경우에는 그 위험도가 더욱 더 커질 가능성이 있습니다.
최근 조리기구에 화재 같은 각종 사고를 예방하기 위해 아래와 같은 센서가 사용되고 있습니다.

가스레인지의 경우 가운데에 보이는 센서를 이용해 조리기구가 삼발이 위에 있을 경우에만 사용이 가능하고 그 외에는 가스가 자동으로 차단되도록 하여 화재를 예방하고 있습니다.
또한 인덕션의 경우에는 프로브라는 센서를 통해 조리기구의 온도를 직접적으로 측정하여 일정온도 이상으로 올라가지 않도록 설정을 해두고 있습니다.
현재도 활용도가 높은 좋은 센서가 있습니다. 허나 저희는 이중 시스템으로 안전을 보장하는 편이 더 좋을 것이라고 생각하여서 제안하게 되었습니다.

2. 설계 핵심 내용

(1) 설계 문제의 정의

현재 존재하는 센서는 보통 물을 끓일때는 물의 끓는점 100도까지만 안전장치를 설정하고 기름을 끓일 때는 기름의 끓는 점 대략 200도 이내로 안정장치를 설정하여 사고를 예방합니다. 저희는 이런 번거로운 작업 없이 액체가 끓을 때는 진동이 발생한다는 결험을 바탕으로 진동을 감지하여 사고를 예방하고 그와 동시에 불필요한 에너지의 사용을 감소 시킬 수 있도록 센서를 설계하였습니다.

(2) 설계의 독창성 및 접근 방법

1) 설계 방법 및 배경

가열하는 부분의 포화온도와 물의 위쪽에 있는 표면온도와의 차이를 초과온도라고 하는데 초과온도에 따라 자연대류비등, 핵 비등, 천이 비등, 막 비등으로 분류할 수 있습니다.

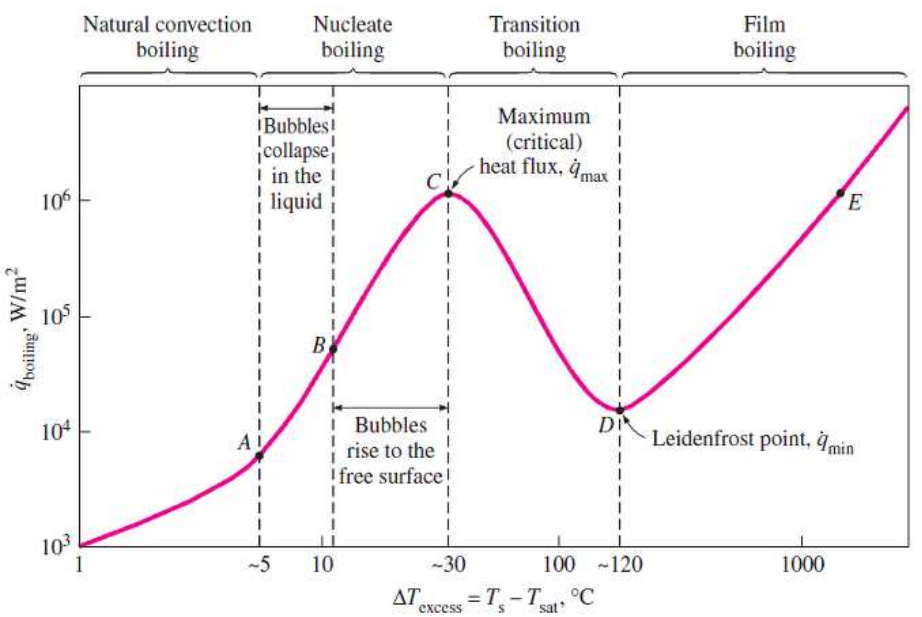
자연대류비등은 포화온도와 초과온도가 비슷하여 자연적으로 대류가 생기는 것을 말합니다.

핵 비등은 포화온도와 초과온도가 약간의 차이가 생겨 진동과 소리가 생기는 지점을 말하는데 일반적으로 저희가 라면을 먹을 때 면을 넣는 지점이라고 생각하시면 됩니다.

천이 비등은 포화온도와 초과온도의 차이가 커져 이 지점은 물이 가질 수 있는 에너지가 최대였다가 내려가는 지점으로 물이 가질 수 있는 에너지는 줄어들고 냄비가 가져가는 에너지가 늘어나서 냄비의 온도가 늘어나는 지점입니다.

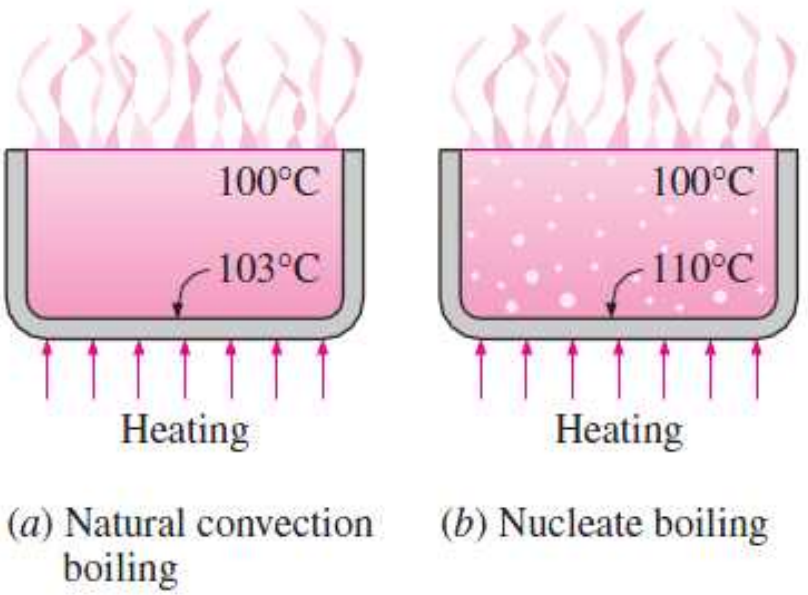
막 비등은 라이덴프로스트 효과가 생기는 지점으로 냄비가 상당한 에너지를 가지게 되는 지점입니다. 보통 화재의 발생은 이 지점으로 냄비가 버틸 수 있는 에너지를 벗어나거나 혹은 여러 가지 이유로 화재가 생길 위험이 높은 지점입니다.

저희는 막 비등 지점으로 가기 직전 진동을 감지하여 가스레인지나 인덕션에서 불필요한 가열로 인한 에너지 소모를 줄임과 동시에 화재까지 예방하는 시스템을 구상하였습니다.



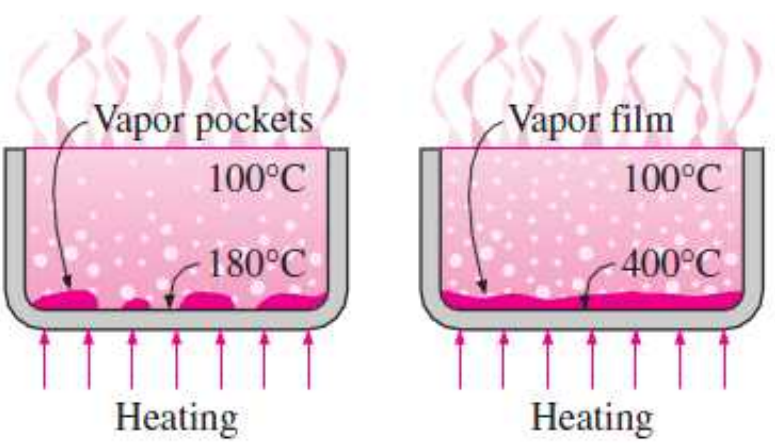
2) 설계의 독창성

저희는 끓음을 4가지로 나눴을 때 막 비등으로 가기전 핵 비등과 천이 비등 사이에서 생기는 냄비의 진동을 바탕으로 끓음을 감지하여 레인지를 조절할 것입니다.



(*a*) Natural convection boiling

(*b*) Nucleate boiling



(*c*) Transition boiling

(*d*) Film boiling

물을 끓으면 왜 진동이 생기는 것을 이해를 못하셨을 수도 있으나 전기 포트를 이용하여 물을 끓일 시 손잡이를 잡고 있을 경우 진동을 느낄 수 있습니다. 물이 끓는 다는 것은 액체 상태의 물이 에너지를 받아 기체로 상태 변환을 한후 대기압보다 강한 상태를 의미합니다. 즉, 물이 끓는 다는 것은 기체 상태의 물이 위쪽으로만 향한다는 것이 아닌 냄비의 여러군데에 힘이 작용하고 있는 것을 의미합니다. 이로 인해 물을 끓일 시 진동이 발생하게 됩니다.

현재 물이 끓음을 감지하기 위해서 사용하는 방법에는 많은 방법이 있습니다. 그 중 일부만 뽑자면 수증기 감지, 데시벨 감지 등이 있습니다. 수증기 감지의 경우 별도의 설비를 필요로 한다는 점이 있으며, 데시벨 감지의 경우 물의 끓음만을 감지하기 힘들다는 단점이 있습니다.

최근 인덕션에서 활용하는 방법으로는 가열점과 센서부분과 구별하여 천이비등 지점에서 냄비의 온도가 높아짐을 감지하여 불필요한 에너지의 소모를 방지하고, 화재를 예방하고 있습니다.

그러나 센서와 가열점과 가까이 있기에 냄비에서 명확한 온도의 상승이 있어야만 감지가 가능하다는 점의 단점이 존재합니다. 또한 안정은 여러 가지의 장치를 통해서 예방되어야합니다. 이러한 점에서 본다면 진동으로 물의 끓음을 감지한다는 점은 안전상으로 고려될 필요가 있다고 생각합니다.

저희는 고열에 견디는 반도체 센서를 찾기 어려웠습니다. 하지만 기계적인 장치를 쓴다면 열에도 견디며 진동을 감지할 수가 있습니다.

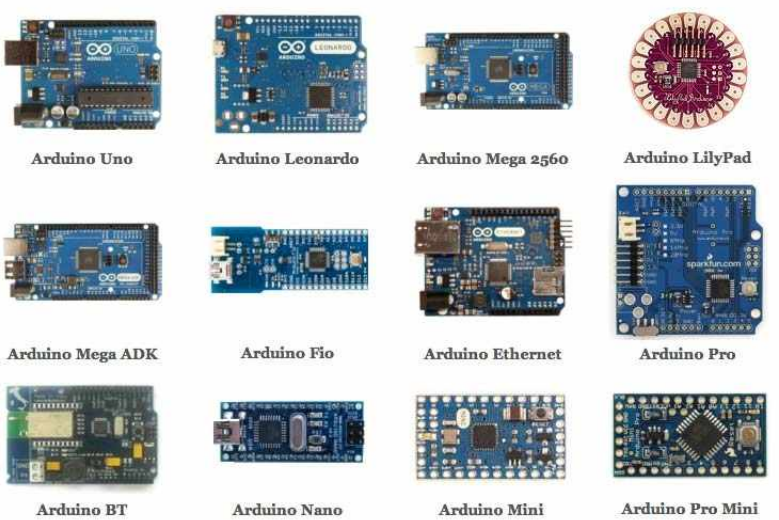
아두이노 틸트 기울기 센서를 보면 관안에 쇠구슬을 넣어 관의 기울기에 따라 쇠구슬이 움직여 전기가 통하도록 설계되어 있습니다. 저희는 이를 이용하여 좁은 관안에서 쇠구슬의 진동을 함에 따라 전기신호가 달라져 진동을 감지하게 되면 열로 인한 반도체의 오작동 없이 기계적인 장치로 진동을 감지할 수 있지 않을까 생각하게 되었습니다.

3) 설계의 제약조건 및 문제 해결 방법

현재까진 각종 자료와 논문, 사고실험을 통해 과연 물의 끓음을 진동으로 감지하는 것이 가능할까와 안전에 대해 효과가 있을까를 생각해보았습니다.
현재로썬 물의 끓음을 진동으로 감지하는 것은 이론적으로는 가능하지만 가스레인지처럼 받침대가 갖춰진 구조와 인덕션처럼 받침대가 없는 구조에서 각각 어떤 방식으로 했을 때 이상적으로 적용이 가능한지 구상을 했고 인덕션처럼 강판이 진동을 직접적으로 받을 수 있는 구조에서 유용하게 사용이 가능할 것이라고 예상중입니다.
직접 실험을 할려고 하였으나 인덕션은 상당한 고열을 내는 기기이며 상당한 고가입니다. 고로 인덕션에 적용이 가능한지는 실험을 할 수 없었습니다. 대체로 전기포트로 물을 끓여 진동을 감지하는 것이 가능한지 실험한 결과 가능하였으며 특별한 문제는 없었습니다.
현재 구상중인 시스템의 문제점은 직접 인덕션에 실험을 하지 못했기 때문에 인덕션에서 사용이 가능할지 알 수가 없다는 점, 이론적으로만 구상했다는 점이 있습니다.
또한 위에서 언급하였듯 최근 인덕션의 제품들을 보면 냄비의 급격한 온도 상승을 감지하여 화재를 예방하고 있습니다. 이를 대체하거나 보강 해줄만한 효과가 있는지 알기 힘들다는 점이 있습니다.
하지만 이는 후에 본격적인 설계를 통해 간단하게 실험이 가능할 거라고 생각합니다.
또한 진동으로 물의 끓음을 감지하는 것은 아직 없었다는 점에서 의의가 있었습니다.

(3) 설계 내용

-아두이노



아두이노는 오픈 소스를 기반으로 한 단일 보드 마이크로 컨트롤러입니다. 다수의 스위치나 센서로부터 값을 받아들여, LED나 모터와 같은 외부 전자 장치들을 통제함으로써 환경과 상호작용이 가능한 물건을 만들 수 있습니다. 임베디드 시스템 중 하나로 프로젝트 진행 시 다양한 시스템을 쉽게 만들 수 있습니다.

-진동센서

기계적인 구조물 및 운동체의 진동을 검출할 때 사용합니다. 진동원 및 주파수에 따라 응용할 수 있는 센서가 결정됩니다.

가동 코일형 진동센서

강한 자석에 의하여 좁은 간극에 균일한 자계를 일으키도록 자기회로를 만들고, 자속과 직교하여 움직일 수 있는 코일을 진동판에 고정시킨 구조이다. 진동판이 진동하면 플레밍의 오른손의 법칙에 따라 가동코일에 기전력이 발생합니다.

광섬유 진동센서

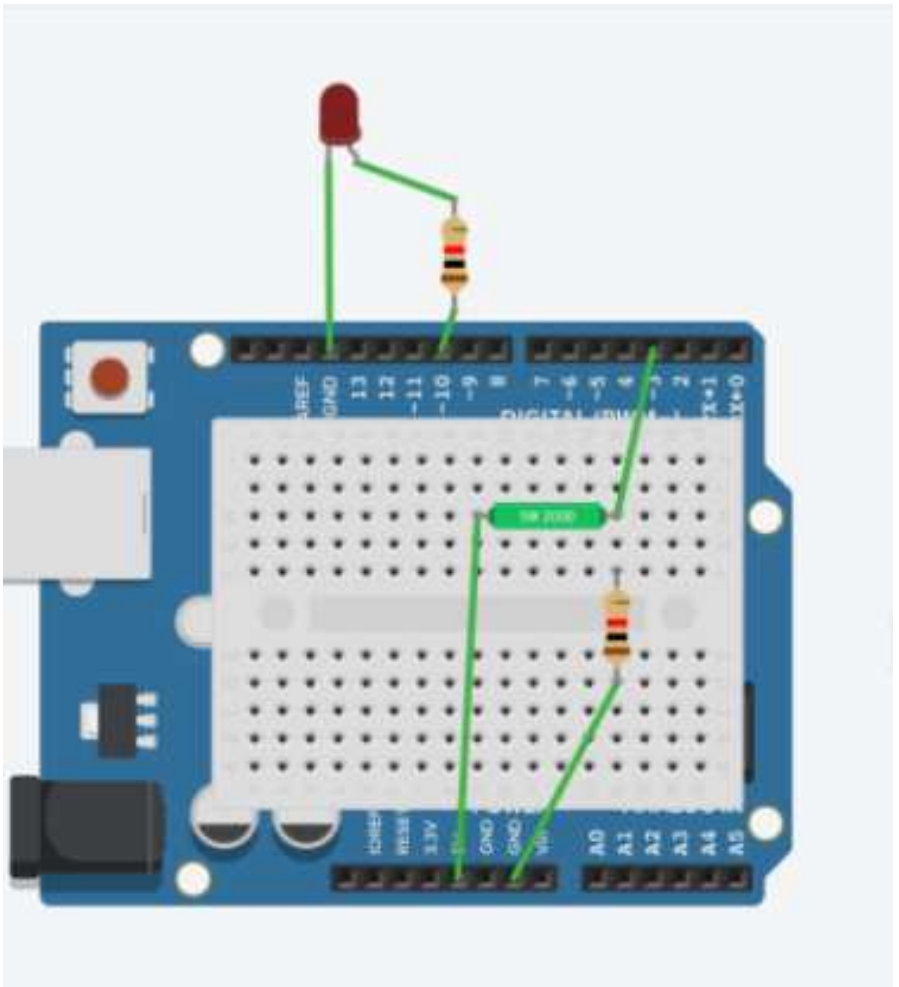
진동을 계측하는 광섬유 센서로써, 가속도도 동시에 계측할 수 있는 경우가 많다. 광섬유 전송로형 센서에서는 진동을 광강도나 빛의 반사강도 변화로 변환하여 검출하기 때문에 판스프링이나 관성계를 사용한 것이라든가, 광탄성 소자를 사용한 것 등이 있습니다.

이처럼 진동센서로 활용될 수 있는 수 많은 센서가 있습니다.

저희는 그 중에서 틸트센서를 이용하여 진동을 감지하는 센서를 설계하였습니다.

틸트 센서에도 수 많은 방식이 있는데 그 중에서 가장 기초적인 MEMS 기스템을 이용하여 설계하였습니다.

위에 보이시는 센서는 관안에 쇠구슬을 넣어서 전극의 단락에 따라 기울기를 감지하는 센서입니다.



재료는 다음과 같습니다. LED, 저항, 기울기 센서(SW 200D). Bread Board, 아두이노 우노입니다.
LED가 진동 감지시에 점등되기 위해 다음과 같이 설계합니다.

1. 아날로그 입력을 위해 3번핀에 기울기 센서의 터미널을 연결시킵니다.
2. 기울기 센서의 작동을 위해 양 끝 터미널에 5V, GND를 연결합니다.
3. 기울기 센서를 통해 현재 기울기 여부 값을 입력 받습니다.
4. 진동이 생기면 기울기 센서 값에 변화가 생겨 인터럽트를 발생 시키도록 코드를 구현합니다.
5. 인터럽드 발생에 따라 LED가 점등되도록 합니다

3. 설계 수행 일정

설계 진행 내용	4월	5월	6월	7월	8월	9월
브래인스토밍						
아이디어 선정, 제안서 작성						
자료 검색, 토론						
문제점 구상, 중간보고서 작성						
설계 및 시뮬레이션						
메이킹						
검증 및 최종보고서 작성						

4. 설계 결과물

(1) 최종 결과물 형상 및 작동원리

```
int SensorLED = 10;
int SensorINPUT = 3;
unsigned char state = 0;

void blink()
{
  state++;
}
void setup()
{
  pinMode(SensorLED, OUTPUT);
  pinMode(SensorINPUT, INPUT);

  attachInterrupt(1, blink, CHANGE);
}

void loop()
{
  if(state!=0)
  {
    state = 0;
    digitalWrite(SensorLED, HIGH);
    delay(1000);
  }
  else
    digitalWrite(SensorLED, LOW);
}
```

void setup으로 PIN의 모드가 설정이 됩니다. LED에 연결된 핀은 출력을 주어 LED를 점등/점멸 하는 Control을 수행 할 것이고 기울기 센서에 연결된 핀은 기울기 여부를 입력으로 받을 것이므로 INPUT 해줍니다.
attachInterrupt()로 인터럽트 발생 시 ISR을 수행하도록 정의합니다.
이 때, INT 조건이 CHANGE이므로 0 -> 1 , 1 -> 0으로 변경 될 때 트리거가 되어 blink()함수가 수행되게 됩니다.
blink 함수는 state를 +1 증가시키는 동작을 합니다.
그리고 loop를 보시면 state에 따라서 if문을 사용하여 LED가 점등되거나 점멸되는 동작을 하도록 구현되어 있습니다.
state는 초기 값이 0 이며 기울기가 변화하는 인터럽트 발생 시 state++이 되어 '1'이 되고 이 때 loop를 돌던 구문에서는 if(state!=0) 조건이 True가 되므로 if문을 수행하여 state를 다시 0으로 만들고 digitalWrite로 HIGH를 출력하여 LED가 점등되도록 합니다. 이후 delay를 통해 1초를 지속함으로써 결과적으로 진동 발생 시 1000ms LED가 점등되어 있게 됩니다.

기존 기울기 센서만으로는 안전성이 떨어지는 점을 스프링을 추가하여 효과적으로 미세한 진동을 감지하여 물의 비등 단계를 확인할 수 있습니다.
반도체 센서를 통하여 진동을 감지할 경우 온도에 따른 작동범위가 있지만 열에 변형이 없는 금속을 이용할 경우 매우 단순한 방식으로 진동을 감지할 수 있습니다.

(2) 최종설계 결과물의 장단점 및 의의

기존 가스레인지와 전기레인지, 인덕션 등에선 접촉식으로 온도를 감지하는 센서 프로브 센서를 통해서 일정 한계의 온도가 되기전에 멈춰서 화재 같은 사고를 예방하였습니다. 그러나 기름요리를 할때는 200도 까지 필요할 수도 있고 물을 끓일 때는 100도까지만 필요할 수도 있습니다. 이러한 점에서 기존 센서는 공장단계에서 임계치를 설정해두거나 매번 상황에 따라 온도를 설정해야 한다는 단점이 있습니다. 허나 진동을 통해서 감지할 경우 직접 닿지 않아도 되고 세라믹 같은 강판이 있더라도 진동을 감지할 수 있습니다. 또한 물이 끓는다는 것은 에너지를 임계치 이상을 받아서 상태가 변환되는 것입니다. 저희는 물 혹은 기름이 끓을 때 생기는 진동에 집중하여서 매우 간단한 아이디어로 화재 같은 사고를 예방함과 동시에 에너지 절약도 동시에 이룰 수 있습니다.
또한 반도체 센서의 경우 온도에 따라 작동범위가 다른 경우가 있는데 그러한 점에 영향 없이 열에 변형이 없는 금속을 이용하여 고전적인 방식으로 진동을 감지할 수 있는 시스템을 고안하였습니다.

5. 활용방안 및 기대효과

본 팀이 제안한 기계장치는 물의 끓음을 진동을 통해 직관적으로 감지하여 불필요한 에너지 사용을 줄임과 동시에 화재같은 사고를 예방할 수 있다고 기대됩니다. 실제로 LG의 인덕션 같은 경우에는 냄비의 표면에 프로브 센서 등을 통해 물이 끓기에 충분한 온도가 되면 가열을 조절하게 됩니다. 그러나 물을 끓일지 기름을 이용해 조리할지는 상황에 따라 달라지기에 매번 설정을 하지 않는 이상 효과적으로 사용하기에는 어려움이 있습니다.
비록 진동센서의 단점은 아직 명확하게 알 수는 없었습니다. 하지만 반도체 방식의 센서와 달리 단순한 쇠구슬이 들어간 센서를 씀으로써 열에 내구도를 가지면서 저렴한 방식으로 센서를 구현할 수 있습니다.
기존 센서들과 달리 직관적으로 물의 끓음을 감지함으로써 이중으로 사고 예방의 효과를 가질 수 있다고 생각합니다.

<참고문헌>

https://happy8earth.tistory.com/327
https://github.com/jinu0124
https://academic.naver.com/article.naver?doc_id=176545906