

한성대학교 기계시스템공학과/기계설계트랙 졸업논문

화재 감지 및 화재 진압을 위한 이동

로봇 설계 및 제작

Design and Development of a Mobile

Robot for Fire Detection and

Extinguishment

2022 년

한성대학교

기계설계트랙(기계시스템공학과)

권 희 준

송 재 건

조 하 영

화재 감지 및 화재 진압을 위한 이동
로봇 설계 및 제작

Design and Development of a Mobile
Robot for Fire Detection and
Extinguishment

지도교수 김 민 구

이 논문을 공학사 학위논문으로 제출함.

2022 년 6 월 10 일

한성대학교

기계설계트랙(기계시스템공학과)

권 희 준

송 재 건

조 하 영

공학사 학위논문으로 인준함.

2022 년 6 월 10 일

위원장 우 윤 환 (인)

위 원 김 민 구 (인)

종합설계 결과보고 요약서

종합설계 제목	화재 감지 및 화재 진압을 위한 이동 로봇 설계 및 제작
종합설계 주제의 상세정의	<p>현재 화재를 인식하고 그 현장까지 가는 로봇은 존재하지만, 진압의 경우 관리자가 직접 조종하여야 화재를 진압할 수 있다. 만약 관리자가 부재할 경우 화재를 초기에 인지 및 진압하지 못하여 대형화재로 변질 수 있다. 그러므로 이번 프로젝트를 통하여 항시 건물의 한 층을 확보하며 화재 인식 및 화재 진압까지 자동화를 시켜 초기 화재를 진압하도록 하려 한다.</p>
설 계 구 성 요 소	
구성요소	내 용
1. 목표설 정	<p>I. 화재 15cm 이상 거리에서 감지, 노즐을 불꽃이 있는 위치로 향하게 한 후 소화기를 분사하여 화재 진압. 화재 진압 목표 성공률 85%.</p> <p>II. 2020 년 한 해에 발생한 화재 건수 38,659 건, 이 화재들로 인한 사상자는 2,282 명, 재산피해액은 약 6 천억. 이 작품을 사용하여 실내에서 발생하는 화재 초기 진압 시 인명 및 재산 피해 감소 효과.</p>
2. 분 석	NX 를 이용한 전체적인 모델링 및 $\dot{Q} = AV$ 를 이용한 유량 분석, 화재를 진압함으로써 인한 손해 예방, 아두이노 C++ 언어를 이용한 알고리즘.
3. 합 성	프로젝트 수행을 위해 목적 설정, 불꽃 감지 센서로부터 적외선 신호를 받아 아두이노에 값을 입력 후 서보모터에 신호를 출력, 서보모터가 신호를 받아 분사구에 토크 힘을 가함. 이를 지탱하기 위한 무한궤도형 바퀴 이용.
4. 제 작	개념설계에 근거하여 부품들을 배치, 효율적인 화재 진압을 위하여 얇혀 사용하던 소화기를 기립시켜 최종 prototype 제작.
5. 시 험	Prototype 을 제작한 후 시험한 결과 전진하며 전방에 화재가 감지되면 소화액을 분사하며 화재 진압, 소화액 분사 거리에 대한 스펙트럼이 커 목표 거리보다 10cm 더 긴 분사 거리 확보.
6. 평 가	총 6 회 분사 결과 5 회 성공, 성공률 83.33%, 목표인 85%보다 약 1.67% 부족. 불꽃 감지 센서가 일직선으로 감지하여 전방에 있더라도 빗나간 방향이라면 인지하지 못함. 또한 태양의 적외선에 센서가 반응하여 낮 시간에 사용 불가.

현 실 적 제 한 요 소			
제한요소	내용	고려 여부	구체적 고려 내용
1.산업표 준	결과물의 설계에 있어 산업표준 (KS 등)을 고려하였는가?	O	국제표준을 지키기 위하여 ISO 단위를, 나사 등 공차 등을 참고 시 KS 규격 참고.
2. 경제성	I. 원가에 대한 고려가 되었는가? II. 결과물이 경제성이 있는가? III. 경제성을 고려한 부품 선정으로 결과물의 경제성을 향상시켰는가?	O	1. 이 작품의 원가는 약 20 만원, 교내에서 지급한 지원금에 적절. 2. 화재로 인한 재산피해 감소. 3. 원가 절감을 위한 호환 부품 사용.
3. 윤리성	결과물이 윤리성을 만족하는가? (ex. 프로젝트에 윤리 및 사회 통념에 반하는 내용이 포함되어 있는가?)	O	화재를 진압하며 인적 피해를 감소시키는 점에서 윤리성 만족.
4. 안전성	결과물이 사람이나 동/식물에 적용 될 경우 안전에 대한 고려를 하였는가?	O	인체에 유해하지 않은 소화액 사용
5. 내구성	결과물의 내구성을 고려 하였는가?	O	차체를 첼제로, 3D 프린터로 제작 시 PLA 밀도 100%로 제작.
6. 환경에 미치는 영향	I. 결과물이 기존제품 혹은 방법과 비교하여 환경 친화적인가? II. 환경 개선에 활용될 수 있는가?	O	1. 친환경 소재인 PLA 를 사용. 2. 화재를 진압한다는 점에서 환경 개선 가능.
7. 사회에 미치는 영향	결과물이 사회 계층 간의 갈등을 조장하거나 특정 정치집단의 이해를 반영하지 않는가?	O	화재를 진압하는 것은 공익적인 목적.

목 차

1	서론.....	8
2	소프트웨어 설계.....	10
3	하드웨어 설계	11
3.1	구동부	11
3.2	센서부	15
3.3	제어부	18
4	실험 결과.....	19
5	결론	21
	참고문헌	22
	부록	23

LIST OF FIGURE

FIG 1. 2021년 12월 화재건수.....	8
FIG 2. 2021년 12월 연소확대사유별 현황-부주의	8
FIG 3. 작동원리 순서도.....	10
FIG 4. 높이 조절용 구조물 모델링	11
FIG 5. 높이 조절용 구조물 제작 결과	12
FIG 6. 샤워기 헤드 형태 부품 1차 모델링	13
FIG 7. 샤워기 헤드 형태 부품 실물 사진	13
FIG 8. 개선된 샤워기 헤드 형태 부품	13
FIG 9. 개선된 샤워기 헤드 형태 부품 단면.....	14
FIG 10. 개선된 샤워기 헤드 형태 부품 제작 결과	14
FIG 11. 서보모터 팔 모델링.....	14
FIG 12. 덮개 최종 제작 형상	15
FIG 13. 불꽃감지센서	15
FIG 14. 초음파 센서	17
FIG 15. 아두이노 UNO 보드.....	18
FIG 16. 1차 실험 실패 장면 1.....	19
FIG 17. 1차 실험 실패 장면 2.....	19
FIG 18. 최종 형상.....	20
FIG. 19 실험 성공 장면.....	20

LIST OF TABLE

TABLE 1. 연구 일정	9
TABLE 2. MG946R 호환 서보모터 사양	11
TABLE 3. MG996R 호환 서보모터 사양	12
TABLE 4. 불꽃 감지 센서 모듈 사양.....	15
TABLE 5. 초음파 센서 사양	17
TABLE 6. 아두이노 UNO 보드 사양	18
TABLE 7. 성능 검증 결과.....	20

1 서론

가을, 겨울이 올 때마다 건조한 기후 등으로 인하여 크고 작은 화재가 흔하게 일어난다. 국가화재정보 시스템 홈페이지에 따르면 2021년 12월 한 달 동안 발생한 화재 건수는 3,453건이며, 그 중 ‘부주의와 전기적 요인으로 일어난 화재가 2,487건으로 요인 중 2/3을 차지하고 있다. 특히 연소확대사유 중 가장 큰 이유는 ‘부주의이며, 그 중 상위 항목 2가지는 ‘화재인지 및 신고 지연’, ‘가연성 물질의 급격한 연소였다[1].

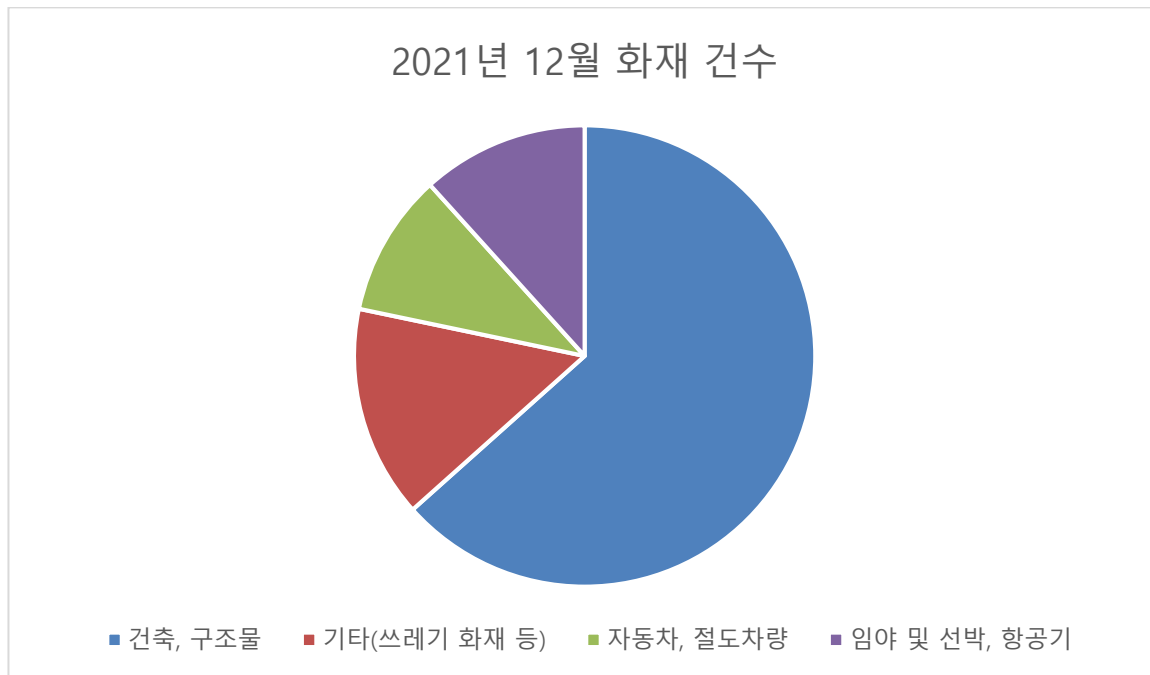


Fig 1. 2021년 12월 화재건수

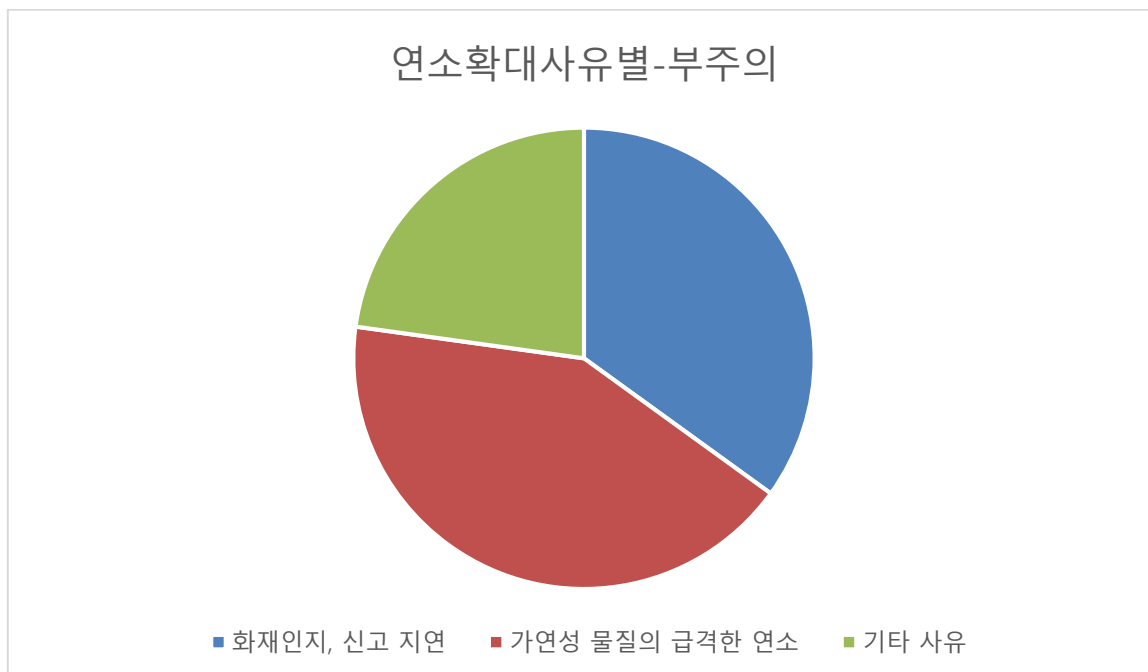


Fig 2. 2021년 12월 연소확대사유별 현황-부주의

이러한 연소확대사유 중에는 다양한 이유가 있을 수 있으나, 가장 큰 이유로 스프링클러나 경보기의 부재 및 오작동, 관리자의 부재가 있다. 대형화재를 방지하려면 빠른 인지와 진압이 필요하다. 현재 화재를 인식하고 그 현장까지 가는 로봇은 존재하지만, 진압의 경우 관리자가 직접 조종하여야 화재를 진압할 수 있다. 또한 상용화 단계에 있는 소방방재청이 개발한 로봇의 경우 관리자가 모든 것을 조종해야만 한다. 관리자가 부재할 경우 화재를 초기에 인지 및 진압하지 못하여 대형화재로 변질 수 있다는 말이다. 그러므로 본 연구 통하여 항시 건물의 한 층을 확보하며 화재 인식 및 화재 진압까지 자동화를 시켜 초기 화재를 진압하도록 하려 한다. 이를 통하면 인적이 드문 장소에서 화재가 발생한다 하더라도 큰 인명 피해를 막을 수 있을 것으로 예상된다.

본 연구에서는 아두이노 우노보드와 LM393 불꽃 감지센서, HC-SR04 초음파 센서 및 모터를 활용하여 자율 순찰 중 장애물을 회피하고 화재 감지 및 진압을 하는 이동로봇을 설계했다. 이동로봇은 화재를 15cm 이상 거리에서 감지해야 하며 노즐을 불꽃이 있는 위치로 향하게 한 후 소화기를 분사하여 화재를 진압할 수 있어야 한다. 화재 진압 목표 성공률을 85%로 설정했다. 연구 일정은 Table 1에 나타냈다.

Table 1. 연구 일정

		2월	3월	4월	5월
화재 감지 및 진압 시스템 설계	화재 감지 시스템 설계				
	화재 진압 시스템 설계				
이동 로봇 설계	이동 차량 설계				
	이동 차량 및 화재감지/진압 시스템 통합				
성능 검증	시뮬레이션 및 실험				

2 소프트웨어 설계

이동로봇이 화재가 일어나지 않은 평시에는 화재를 탐색하고 장애물을 회피하며 주행할 수 있도록 설계를 진행하였다. 이동로봇이 주행 중 초음파센서를 통해 장애물을 탐지하게 되면 뒤로 후진 및 좌회전을 통해 장애물 회피기동을 하도록 하였다. 그리고 불꽃 감지 센서를 통해 불꽃에서 나온 적외선 파장을 감지하면 아두이노 우노에 감지한 값을 전송하여 화재현장으로 인식하여 주행을 멈추도록 하였다. 그 뒤 아두이노 우노에서 신호를 받은 서보모터가 랙과 피니언 및 샤프헤드로 구성된 분사부의 위치를 화재 방향으로 조절하며 장착된 소화기의 분사를 진행해 감지된 화재를 진압할 수 있도록 하였다. 화재진압에 성공하게 되면 분사부의 위치를 원상복귀 시키고 또 다른 화재를 탐색할 수 있도록 하였다. Figure 3은 이동로봇의 알고리즘을 도식화해 순서도로 나타낸 것이다. 이에 활용된 아두이노 코드는 부록으로 첨부하였다.

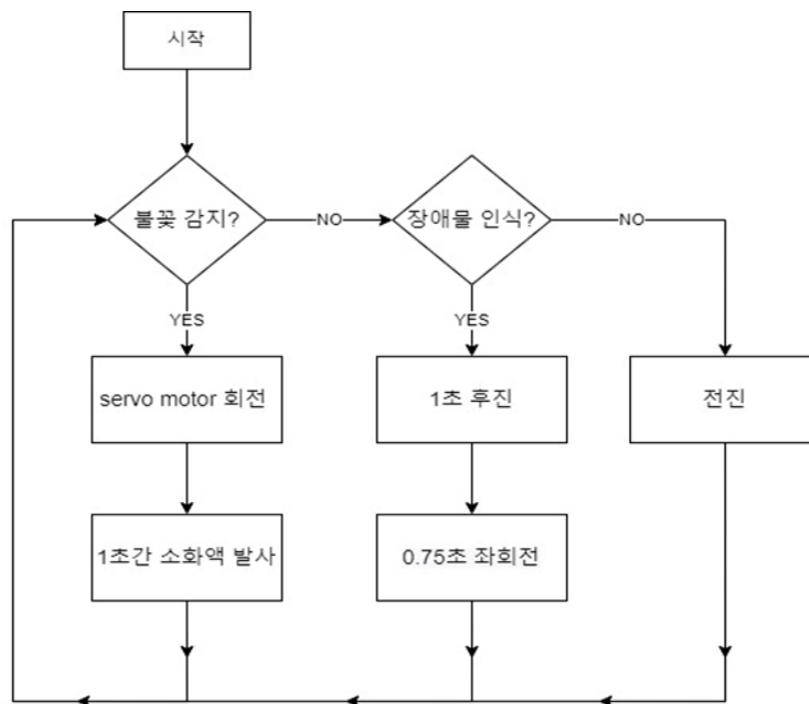


Fig 3. 작동원리 순서도

3 하드웨어 설계

3.1 구동부

3.1.1 DC 모터

소화기와 각종 부품들의 하중을 지탱하면서 바닥의 요철에서도 이동하기 위하여 철제 무한궤도형 차체를 채택하였으며 DC모터의 경우 차체에 기 장착된 모터를 그대로 사용하기로 하였다. 차체의 속도는 바퀴와 바닥 사이의 마찰 및 각종 장착된 부품들을 고려한 후 설정하였다. 또한 전방에 장애물이 존재할 경우 초음파 센서를 이용하여 감지 후 후진 및 좌회전을 하며 장애물을 회피하도록 설계하였다.

3.1.2 높이 조절부

효율적인 화재 진압을 위하여 소화기의 분사 위치를 조절하며 진압하는 구조를 설계하였다. 이에 높이 조절용 추가 부품에 대하여 여러 가지 형태를 고려하였고, 그 결과 위아래로 움직이는 단순한 구조를 채택하는 것이 적합하다는 판단을 내렸다. 따라서 서보모터의 원운동을 직선운동으로 변환해주는 구조인 랙과 피니언 형태의 부품을 사용하였다. 높이조절부에 사용된 모터는 MG946R이며, Table 2에 사양을 정리하였다.

Table 2. MG946R 서보모터 사양

회전 속도	180°
동작 전압	4.8~6.6 V
작동 전류	170~1200 mA
토크	10.5 kgf.cm (4.8 V), 13 kgf.cm (6 V)
속도	0.2s/60° (4.8 V), 0.17s/60°(6 V)
크기	40.7 x 19.7 x 42.9 mm
무게	55 g
작동 온도	0~55°C

Figure 4는 랙과 피니언, 관련 구조물 모델링 결과를 보여주고 있다. 교내 3D프린터를 이용하여 Figure 5와 같이 랙과 피니언, 관련 구조물을 제작하였으며 차체에 설치 및 고정 후 사용하였다.

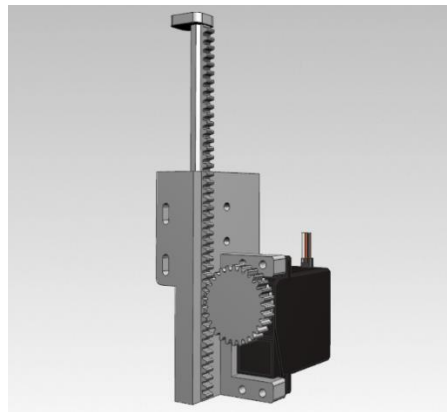


Fig 4. 높이 조절용 구조물 모델링

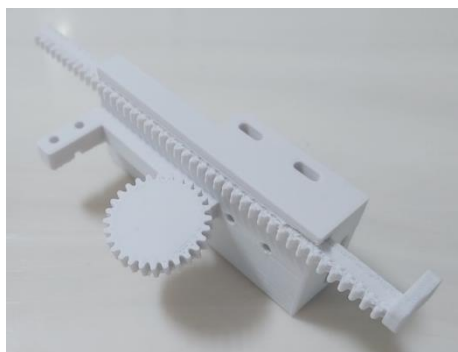


Fig 5. 높이 조절용 구조물 제작 결과

3.1.3 분사 조절부

노즐에 장착하여 소화액을 적절하게 분사할 수 있는 분무기 형태의 부품을 제작하였다. 분사조절부에는 MG996R 모터를 사용하였으며, Table 3에 제품 사양을 정리하였다. Figure 6은 가정용 샤워기 헤드를 참고하여 노즐을 통해 소화액을 분사하게 하는 부품을 모델링한 결과이다. Figure 6은 모델링 결과를 바탕으로 제작한 샤워기 헤드 형태의 분사부 형태를 보여주고 있다. 랙에 정확하게 장착되었으나, 직접 소화기와 연결하여 분사한 결과 제작한 부품이 분사압을 충분히 견뎌주지 못하여 노즐과 연결된 부분에서 역류하는 현상이 일어났다. 유량을 다시 계산하여 이를 보완하였다.

Table 3. MG996R 서보모터 사양

회전 속도	120°
동작 전압	4.8~6.6 V
작동 전류	170~1400 mA
토크	9.4 kgf.cm (4.8 V), 11 kgf.cm (6 V)
속도	0.19s/60° (4.8 V), 0.15s/60°(6 V)
크기	40.7 x 19.7 x 42.9 mm
무게	55 g
작동 온도	0~55°C

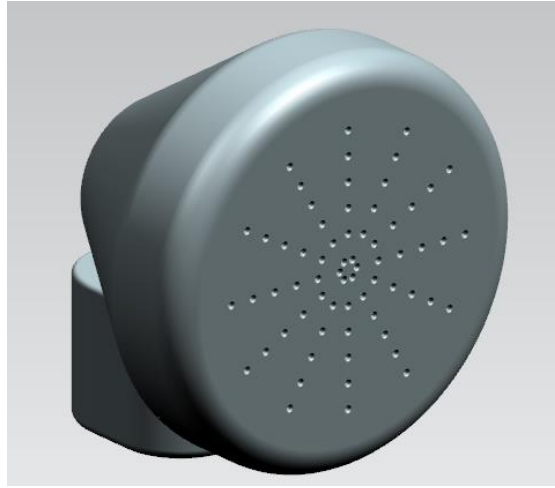


Fig 6. 샤워기 헤드 형태 부품 1차 모델링



Fig 7. 샤워기 헤드 형태 부품 실물 사진

유량을 재계산하여 분무기 형태의 부품을 입구 속도와 출구 속도가 같도록 재설계 및 제작하였다. Figure 8과 9는 개선된 샤워기 헤드형태 분사부 모델링 결과를 보여주고 있다. 소화 호스 출구 넓이는 15.90 mm^2 이며 분무기 출구 평균 넓이는 약 0.7854 mm^2 이다. 이를 각각 A1과 A2로 설정하여 계산한 결과, $A1/A2 = 20.25$ (개), 즉 구멍의 개수가 약 20개 정도로 필요하다는 것을 확인했다. Figure 10과 같이 3D프린터를 이용하여 개선된 샤워기 헤드 형태의 분사부를 제작하였으며, 실험한 결과 유속과 유량이 충분한 것을 확인하였다.

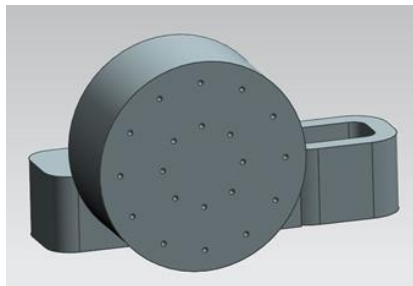


Fig 8. 개선된 샤워기 헤드 형태 부품

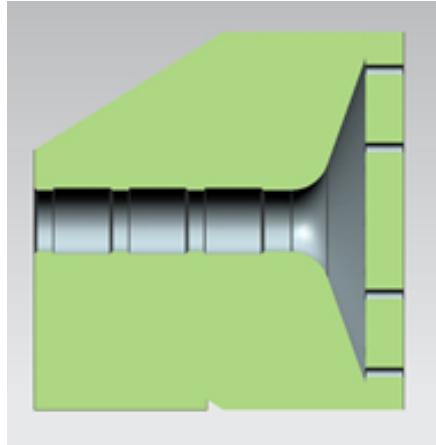


Fig 9. 개선된 샤워기 헤드 형태 부품 단면



Fig 10. 개선된 샤워기 헤드 형태 부품 제작 결과

분사를 더욱 효율적으로 진행할 수 있는 구조물도 제작하였다. 서보모터의 끝을 호 형태로 만듦으로써 분사 버튼에 효율적으로 토크 힘을 가할 수 있게 하는 구조물을 Figure 11과 같이 모델링하였으며 서보모터 팔이라고 정의하였다. 이 설계를 기반으로 서보모터 크기를 실측하여 서보모터와 맞물리게 제작하였다.

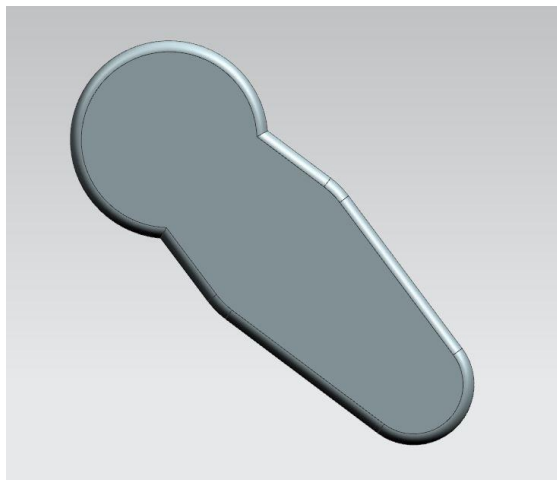


Fig 11. 서보모터 팔 모델링

Figure 12는 제작한 덮개 형상을 보여주고 있다. 제작한 덮개의 벽에 있는 구멍 위치는 소화기 분사 구 위치에 맞춰 제작하였다. 또 서보모터를 활용한 소화기 분사 방식을 위하여 상부를 개방한 형태로 밀도를 높게 출력하여 탈부착시 전단 되지 않도록 제작하였다.



Fig 12. 덮개 최종 제작 형상

3.2 센서부

3.2.1 불꽃 감지 센서



Fig 13. 불꽃감지센서

Table 4. 불꽃 감지 센서 모듈 사양

작동 전압	3.3 V - 5 V
작동 전류	15 mA
비교기 칩	LM393
센서 유형	YG1006 포토 트랜지스터
감도	전위차계를 통해 조정 가능
출력 유형	디지털 출력 / 디지털 및 아날로그 출력

LED	전원(적색) 및 출력(녹색)
스펙트럼 범위	760 nm ~ 1100 nm
감지 각	0 - 60°
작동 온도	-25℃ ~ 85℃
크기	30 mm x 16 mm

Figure 13은 본 연구에서 사용한 적외선 기반 불꽃 감지 센서이다. Table 4는 본 연구에서 사용한 불꽃 감지 센서의 사양으로, 불꽃의 적외선을 감지하여 불꽃이 전방에 위치해 있다는 것을 제어부로 전달하는 역할을 한다.

불꽃 감지 센서는 화재 및 기타 밝은 광원을 감지할 수 있는 소형 전자 장치이다. 불꽃은 여러 가지 연소 반응에 의해 나타나는데, 그 형태는 열, 복사 등이 있다. 이 중 열 복사로 빛이 방출되는데, 그 빛은 화염 온도에 따라 각기 다른 특성의 파장을 가지며, 그로 인해 화염으로부터 나오는 광원은 자외선, 적외선, 가시광선 등 파장의 영역이 다른 세 가지로 구별된다[2]. 이러한 광학적인 특성을 이용하여 불꽃 감지 센서는 불꽃의 색을 구별하여 감지하거나, 자외선 및 적외선을 이용하는 등 다양한 형태가 있다. 이 중 적외선 센서는 불꽃에서 방사되는 760nm~1100nm 사이의 적외선 빛 파장을 감지할 경우 일국소의 적외선에 의해 수광소자의 수광량 변화에 의하여 작동한다. 이번 연구에서 사용할 LM393 불꽃 감지 센서는 크게 YG1006 포토 트랜지스터, 가변 저항, LED로 구성되어 있다.

YG1006 포토 트랜지스터는 불꽃 감지 센서 앞에 달려있는 5mm NPN 트랜지스터이며 검은색 에폭시로 코팅되어 있어 적외선에 민감하게 반응하며 760 nm - 1100 nm 사이의 적외선 빛 파장을 감지하는데 사용된다. 이 센서는 3단자 NPN 트랜지스터로 긴 단자가 이미터(Emitter)이고 짧은 단자가 콜렉터(collector)이다. 다른 트랜지스터와 같이 베이스 단자가 없이 빛을 감지하면 이미터와 콜렉터 사이에 전류가 흐르기 시작한다. 센서가 화재를 감지하면 포토 트랜지스터의 저항이 감소하고, 최대 전압이 레지스터에 할당되어 포토 트랜지스터의 낮은 전압이 입력되고 이를 임계전압과 비교한다. 이 경우 입력전압이 임계전압보다 작으므로 센서 출력은 LOW가 된다[3].

가변 저항은 전기 회로의 소자로 회로에 흐르는 전류를 주어진 범위 내에서 조절할 수 있게 하는 저항이다. 위 센서에는 온 보드 가변 저항기(전위차계)가 있으며 노브를 돌려 화재 감지 감도를 조정한다. 시계 방향으로 회전 시 불꽃 센서의 감도가 증가하고, 반시계 방향으로 회전 시 감도가 감소하는 원리이다.

전원 LED는 불꽃 감지 센서의 전원 공급 여부를 나타낸다. 회로에 연결 후 전원을 공급하면 LED가 함께 점등된다. 또한 출력 LED가 같이 내장되어 있어 불꽃이나 화염원을 감지하지 못할 경우 LED가 소등된다.

3.2.2 초음파 센서



Fig 14. 초음파 센서

Table 5. 초음파 센서 사양

측정 각도	15 °
크기	45 x 20 x 15 mm
동작 전압	DC 5V
동작 전류	15 mA
동작 주파수	40 Hz
발생 주파수	40 kHz
측정 거리	2~400 cm
정밀도	0.3 cm

Figure 14는 본 연구에서 사용한 초음파 센서 형상을 보여주고 있으며, Table 5에 제품 사양을 정리하였다. 초음파 센서는 로봇이 주행하는 중 화재가 발생한 소재나 순찰에 문제가 없도록 장애물에 대한 신호를 받아 회피를 진행한다.

초음파센서는 물체와의 거리를 측정할 수 있는 소형 전자 장치이다. 일반적인 초음파 거리 측정 장치는 하나의 센서가 발신기와 수신기의 역할을 동시에 수행한다. HC-SR04 초음파 센서는 크게 초음파를 발신하는 Trig와 수신하는 Echo로 구성되어 있다. Trig에서 발사된 초음파 펄스가 물체에 부딪혀 반사되면 수신기인 Echo에 도달하여 검출되는데 수신기에서 받아들인 신호가 기준 크기 이상이 되면 초음파 신호가 반사된 것으로 확인하여 그 때까지 걸린 시간을 측정하게 된다. 이렇게 측정한 시간을 이용해 초음파 센서가 물체와의 거리를 계산하게 된다. 계산 식은 다음과 같다[4].

$$d = \frac{1}{20000} v \times T \quad (3.1)$$

여기서 d는 물체 까지의 거리(cm), v는 음속(=340m/s), T는 초음파가 물체에 부딪혀 돌아오는 시간(초)이다.

3.3 제어부



Fig 15. 아두이노 UNO 보드

Table 6. 아두이노 UNO 보드 사양

마이크로 컨트롤러	53.4 x 76.7 x 13 mm
USB to serial chip	CH304G
동작 전압	5V
동작 전류	40 mA
발생 주파수	16 MHz
SRAM	2KB (ATmega328P)
EEPROM	1KB (ATmega328P)
아날로그 I/O 핀	6개
디지털 I/O 핀	14개

센서들에게서 받은 신호 및 정보들은 아두이노 UNO 보드로 전달된다. 보드의 각 포트를 통하여 입력된 센서의 값들을 마이크로 컨트롤러를 통해 데이터를 처리한 후 출력 포트로 신호가 방출된다. 이 신호들을 기반으로 모터 및 서보모터를 구동한다. Figure 15는 본 연구에서 사용한 아두이노 UNO 보드 형상을 보여주고 있으며, Table 6에 사양을 정리하였다.

4 실험 결과

차체와 화재 감지 및 진압 시스템을 완성 후 성능 검증을 위한 실험을 수행하였다. Figure 16와 Figure 17은 1차 실험 장면을 보여주고 있다. 1차 실험에서 화재 진압에 실패하였는데, 불꽃 감지 거리와 소화액 분사 거리가 불일치했기 때문이다. 이후 감지 거리와 분사 거리를 일치하게 한 후 검증을 진행한 결과, 작동은 잘 되었으나 검증 중 잔여량이 있음에도 소화기가 분사되지 않는 문제가 발생하였다. 이 문제의 원인을 ‘소화기를 눕혀 사용하여 소화기 내 가스 누출’로 판단하여 소화기를 기립하게 할 수 있음과 동시에 분사용 서보모터를 지지할 수 있는 지지대를 제작한 후 구조를 Figure 18과 같이 변경하였다.

성능 검증 결과는 Table 7에 정리하였다. 불꽃을 감지하는 거리는 15cm, 소화액 분사 거리는 15~25cm로 나타났다. 총 6회를 분사한 결과 5회를 성공하여 화재 진압 성공률은 83.33%로 나타났다.



Fig 16. 1차 실험 실패 장면 1



Fig 17. 1차 실험 실패 장면 2



Fig 18. 최종 형상



Fig. 19 실험 성공 장면

Table 7. 성능 검증 결과

감지 거리	15 cm
분사 거리	15~25 cm
분사 횟수	6
성공 횟수	5
화재 진압 성공률	83.33%

5 결론

건조한 기후에 많은 화재가 발생하나 신고 지연 등의 이유로 대형 화재로 번지는 것을 예방하기 위하여 화재 초기 진압을 위한 이동 로봇을 설계하였다. 로봇이 순찰 중 불꽃 감지 센서가 불꽃으로부터 적외선 신호를 받아 제어부로 신호를 전달 후 서보모터를 작동하게 하여 소화기의 분사 버튼을 눌러 소화액을 분사하여 화재를 진압할 수 있도록 설계하였다. 실험을 통해 본 연구에서 설계 및 제작한 시스템이 성공적으로 화재 감지 및 진압을 하는 것을 확인하였다.

본 연구에서 사용한 적외선 불꽃 감지 센서의 경우 일직선 방향의 불꽃만 감지하여 불꽃이 일직선상에 있지 않다면 감지하지 못하는 단점이 있다. 이 경우 조금 더 범위가 넓은 센서로 변경하여 작품의 질을 향상시킬 수 있다. 또한 바람 등 촛불에 영향을 미치는 상황이 발생할 시 불꽃을 제대로 감지하지 못하여 서보모터의 작동이 일시정지하는 상황도 발생할 수 있다. 이 경우 디지털 불꽃 감지 센서를 아날로그 신호를 받는 불꽃 감지 센서로 교체하여 필터링 진행 후 사용한다면 성능을 개선할 수 있을 것으로 판단된다. 적외선 센서는 태양에서 방출되는 적외선에도 영향을 받게 되므로 태양에서 방출되는 적외선과 불꽃에서 방출되는 적외선의 차이를 탐색하고 이를 필터링에 적용한다면 낮에도 작품을 사용할 수 있을 것으로 예상된다.

참고문헌

- [1] 국가화재정보시스템, <https://nfds.go.kr/stat/theme.do>
- [2] 이재수, 이승민, 김세건, 이태경, 송문규, ‘선박화재의 탐지를 위한 불꽃감지 센서의 개발’, 한국통신학회 학술대회, 서울시, 2010.
- [3] Abdullah Al Rakib, Moklesur Rahman, Shamsul Alam Anik, Fayez Ahmed Jahangir Masud, Ashiqur Rahman, Saddam Hossain, and Fysol Ibna Abbas, ‘Fire Detection and Water Discharge Activity for Fire Fighting Robots using IoT’, *European Journal of Engineering and Technology Research*, Vol .7, Issue.2, 2022, pp. 129-131.
- [4] 김종진, ‘초음파센서를 이용한 주차관리시스템 개선’, 경북대학교 석사학위 논문, 2011.

부록

```
#include <Servo.h>
```

```
//왼쪽 바퀴
```

```
int IN1 = 3; // Motor A 방향설정 전진
```

```
int IN2 = 5; // Motor A 방향설정 후진
```

```
//오른쪽 바퀴
```

```
int IN3 = 6; // Motor B 방향설정 전진
```

```
int IN4 = 11; // Motor B 방향설정 후진
```

```
int trigPin = 13; //초음파 센서 핀 번호
```

```
int echoPin = 12; //초음파 센서 핀 번호
```

```
const int flamePin = 2; // 불꽃 감지 센서 핀 번호
```

```
int Flame = HIGH; // 불꽃 감지 센서의 상태 값  
저장 변수
```

```
int FL = HIGH;
```

```
//서보모터 핀 번호 (노즐)
```

```
Servo myservox; //1 = 노즐 서보모터, 2 = 소화기 서보모터
```

```
Servo myservoy;
```

```
int angle;
```

```
int distance; //초음파 센서에서 계산한 거리
```

```
float cycletime; //초음파 센서로 장애물을 인식할  
때 걸린 시간
```

```
void setup() {
```

```
    Serial.begin(9600);
```

```
    pinMode(IN1, INPUT);
```

```
    pinMode(IN2, INPUT);
```

```
    pinMode(IN3, INPUT);
```

```
    pinMode(IN4, INPUT);
```

```
    pinMode(trigPin, OUTPUT);
```

```
    pinMode(echoPin, INPUT);
```

```
    pinMode(flamePin, INPUT);
```

```
    myservox.attach(9);
```

```
    myservoy.attach(10);
```

```
}
```

```
void loop() {
```

```
    //장애물 감지하는 코드
```

```
    digitalWrite(trigPin, LOW);
```

```
    delayMicroseconds(3);
```

```
    digitalWrite(trigPin, HIGH);
```

```
    delayMicroseconds(10);
```

```
    digitalWrite(trigPin, LOW);
```

```
    cycletime = pulseIn(echoPin, HIGH);
```

```
//cycletime은  $\mu$ s(마이크로 초)단위
```

```
    distance = ((340 * cycletime) / 10000) / 2; //
```

```
거리 = 속도(초음파속도=340m/s) * 시간(m/s) ,
```

```
distance는 cm단위
```

```
    Serial.println("1");
```

```
    Serial.println(distance); //시리얼 모니터에서 거리 확인
```

```
    Flame = digitalRead(flamePin); // 불꽃 감지  
센서값 입력
```

```
    if (Flame == LOW) { // 불꽃 감지  
센서의 값이 HIGH일 경우 (불꽃 감지 O)
```

```
        myservoy.write(105);
```

```
        myservox.write(0);
```

```
        Serial.println("2_1");
```

```
        Serial.println("ON"); // 시리얼 통신에 센서  
값 출력
```

```
        analogWrite(IN1, 0); // Motor A 방향설  
정 전진
```

```

    analogWrite(IN2, 0);    // Motor A 방향설
정 후진

    analogWrite(IN3, 0);    // Motor B 방향설
정 전진

    analogWrite(IN4, 0);    // Motor B 방향설
정 후진

}

else { // 불꽃 감지 센서의 값이 0일 경우 (불
꽃 감지 X)

    myservoy.write(180);
    myservox.write(180);

    Serial.println("2_2");
    Serial.println("OFF"); //시리얼 통신에 센서
값 출력, 불꽃 감지를 안하면 이동
    if (distance > 20) { //앞 사물과의 거리가
20cm보다 크면
        Serial.println("2_2_1");
        //전진 유지
        analogWrite(IN1, 150);    // Motor A 방
향설정 전진
        analogWrite(IN2, 0);    // Motor A 방향
설정 후진

        analogWrite(IN3, 150);    // Motor B 방
향설정 전진
        analogWrite(IN4, 0);    // Motor B 방향
설정 후진

    }

    else { //앞 사물과의 거리가 20cm보다 작거
나 같으면
        Serial.println("2_2_2");
        //0.5초 정지
        analogWrite(IN1, 0);    // Motor A 방향
설정 전진
        analogWrite(IN2, 0);    // Motor A 방향
설정 후진

```

```

    analogWrite(IN3, 0);    // Motor B 방향
설정 전진

    analogWrite(IN4, 0);    // Motor B 방향
설정 후진

    delay(500);

    //1초 후진
    analogWrite(IN1, 0);    // Motor A 방향
설정 전진
    analogWrite(IN2, 150);    // Motor A 방
향설정 후진

    analogWrite(IN3, 0);    // Motor B 방향
설정 전진
    analogWrite(IN4, 150);    // Motor B 방
향설정 후진

    delay(1000);

    //0.75초 좌회전하며 회피
    analogWrite(IN1, 0);    // Motor A 방향
설정 전진
    analogWrite(IN2, 150);    // Motor A 방
향설정 후진

    analogWrite(IN3, 150);    // Motor B 방향
설정 전진
    analogWrite(IN4, 0);    // Motor B 방향
설정 후진

    delay(750);
}
}
}

```