

대한기계학회 주최

제13회 전국학생설계경진대회(2023년)

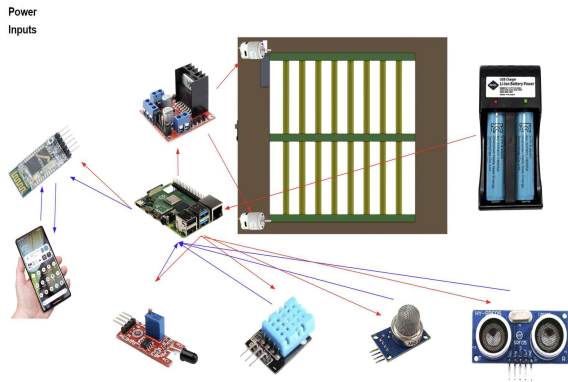
설계 최종 보고서

참가부	고등부 (o)				
참가분야	공모주제 (o) / 자유주제 ()				
참가팀명	다다안전				
설계제목	안전과 재난을 대응한 자동 방범창의 설계				
지도교수/교사	(소속) 동양미래대학교 (성명) 황우현 (연락처) (이메일)				
대표자 (신청인)	성명	소속	연락처 (휴대폰)	E-mail	주소
	전다희	코너스톤 국제학교 (CCAS)			

참가팀원 인적사항

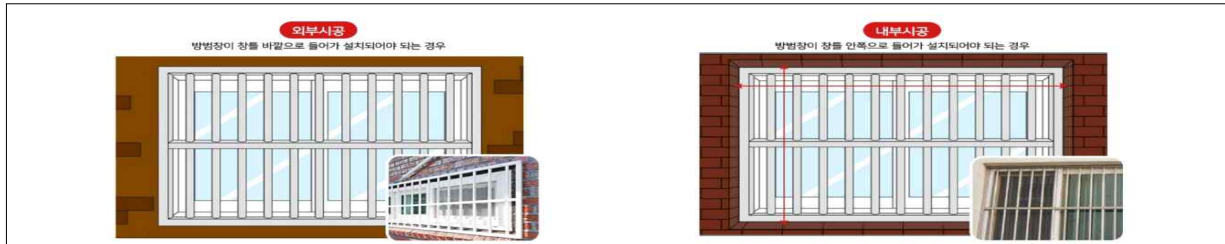
NO	성명	소속 / 학년	E-MAIL
1	전다윗	코너스톤 국제학교 / 10학년	
2	전다희	코너스톤 국제학교 / 10학년	

설계 요약문

참가분야	공모주제 (o) / 자유주제
참가팀명	다다안전
설계제목	안전과 재난을 대응한 자동 방범창의 설계
대표자명	전다희
요약문	방범창의 주목적은 외부의 침입자를 차단하고 주거 내의 물품 도난 및 개인의 신변을 보호하기 위한 안전설비로 다양한 형태의 방범창이 존재한다. 그러나 외부로 연결된 출입구가 폐쇄된 경우 창으로 탈출이 어려울 수 있어 인명피해가 발생하기도 한다. 본 설계는 이러한 문제를 해결하기 위해 건물 내의 센서가 화재나 홍수를 감지하면 방범창 내부의 원격시스템이 자동으로 방범창을 자동으로 매우 짧은 시간 안에 개방할 수 있는 방범창을 설계한다. 화재 등 재난 시 상하부 방범창이 자동으로 개폐되는 다양한 방안을 설계하고 비교하여 본 최종보고서에는 특징적인 3가지 방안에 관해서 설명하고, 특히 최종 설계에 대한 장점 및 특징 등을 살펴보면, 랙&피니언을 이용하여 방범창의 위쪽 창틀을 상승시켜 창살이 움직일 수 있도록 개방되고 동시에 아래쪽 창틀이 회전하도록 설계하여 화재 및 폭우 등에 인명피해를 줄일 수 있도록 설계한다. 다수가 신속히 탈출해야 하는 다중시설에서는 자동 전면 개폐로 탈출시 이동 공간을 확보할 필요가 있고 스마트홈 시스템과의 연계로 재난을 미리 감지하고 탈출구를 개방한다면 신속하고 안전한 대피가 가능한 구조로 설계한다. 본 방범창의 설계는 기존의 프레임 부분 변경에 간단한 시스템만 적용하면 되므로 파급효과가 크고, 구조가 간단하여 제작 및 설치가 쉽고 저비용으로 자동화를 가능하게 하여 경제적 상용화 가능성이 크다. 비상 상황을 감안하여 평상시에는 충전, 비상시에만 모터 구동가능한 충전식 배터리를 적용하여 전원이 없는 상황에서도 작동가능하며 앱 연동으로 외부에 있는 가족도 방범창을 개방할 수 있다. 본 설계의 방범창은 빠르고 간단하게 개방할 수 있고 모든 창살들이 틈에서 빠질 수 있는 디자인이므로 창문을 통한 집의 이동시에도 유용하며 사용 후 방범창 기능을 다시 수행할 수 있도록 손쉽게 개방 및 개폐를 할 수 있는 특징을 갖고 있다. 

1. 설계의 필요성 및 목적

일반 주택의 지하 거주시설이나 상가건물, 복도식 아파트의 창문 등에서 흔히 방범을 목적으로 하는 방범창을 보게 된다. 방범창의 주목적은 외부의 침입자를 차단하고 주거 내의 물품 도난 및 개인의 신변을 스스로 보호하기 위한 최소한의 안전설비로 다양한 형태의 방범창이 존재한다. 이 가운데 현재 이용되는 대부분 경우는 강철로 이루어진 구조물을 실내가 아닌 실외에 추가적으로 설치하여 사용하며, 방범창이 창틀 안으로 들어가 설치되는 경우와 창틀 바깥으로 들어가 설치하는 경우가 있다.



[위치에 따른 방범창 설치방법]

그러나 이러한 단순 폐쇄형 방범창의 경우 창가에 강력하게 고정하는 방식을 사용하고 있기 때문에 외부의 침입은 방지할 수 있는 반면에 내부의 화재나 침수와 같은 위급상황 발생시 거주자의 방범창 개방의 조작이 불가능하거나 특수도구를 사용해야 하는 등 많은 시간이 소요된다. 그러므로 외부로 연결된 출입구가 폐쇄된 경우 창을 탈출 경로로 사용할 수 없어 인명 피해가 발생하기도 한다. 본 설계는 이러한 같은 문제를 해결하기 위한 것으로 건물 내의 센서가 화재에 대한 감지신호를 방범창 내부의 원격스위치로 전달하게 되고 방범창은 자동으로 모든 창살들을 매우 짧은 시간 안에 개방할 수 있는 형태로 변환하도록 구조를 설계한다. 이때 방범창 내부에 설치된 개폐 모듈을 작동시키는 전원은 방범창 자체에서 만들 수 있는 태양열 전지를 고려했지만 외부에 노출이 되어 도리어 방범에 문제를 일으킬 수 있어 일반 전원으로 변경한다.

			
수해 상황시 문제	외부 구조시 문제	화재 상황시 문제	훼손과 방범의 문제
연합뉴스, 2022-08-09, "여기 사람 있어요 한밤 폭우에 반지하 발달장애가족참변"	MBN, 2022-08-11, "반지하의 비극...창문 안 방범창에 가로막힌 구조 [MBN 뉴스]"	서울경제, 2022-10-13, "'반지하' 참변...화재나자 방범창에 막혀 청년 사망"	MBC, 2020-07-10, "택의 방범창은 안전하십니까?"

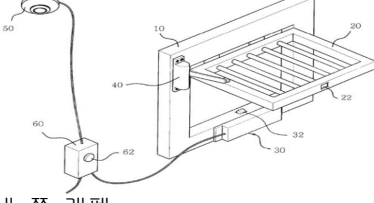
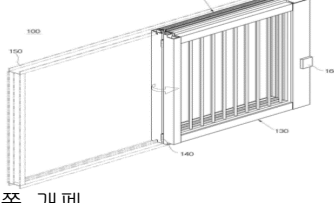
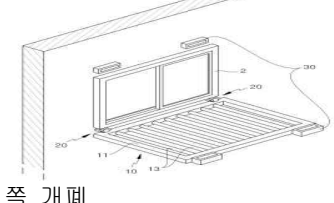
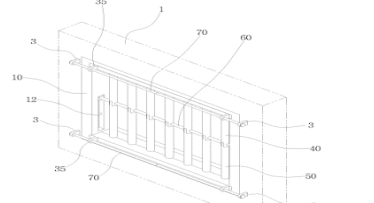
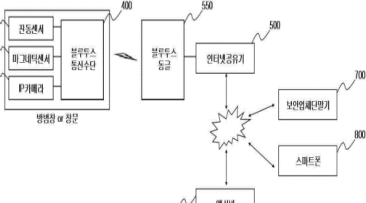
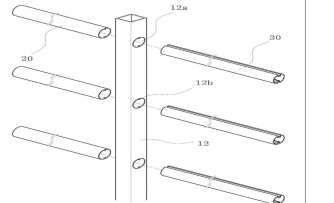
[언론매체를 통해 보도된 방범창 관련 재난발생 기사]

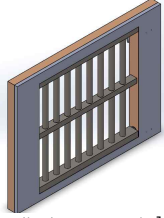
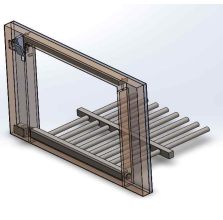
2. 설계의 핵심내용

(1) 설계문제의 정의

기존 개폐 가능한 형태의 방범창은 실내에 방범창을 설치해야 하고 개폐를 가능하게하기 위한 특수장치를 추가로 부착하는 형태를 갖는다. 그러나 이러한 형태는 실내공간을 협소하게 만들 뿐 아니라 미관상 좋지 않다는 단점이 있다. 또한 외부에 설치하는 경우(표에서 3번) 센서에 의하여 화재감지시 외부에 설치된 잠금장치의 접합부가 자동으로 일시 개폐되며 방범창이 수직으로 떨어지는 형태를

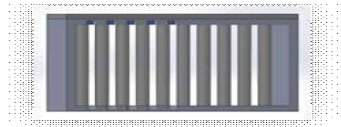
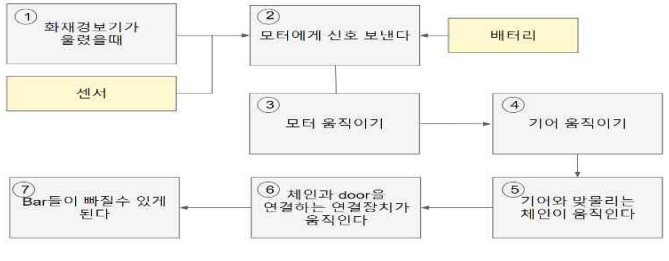
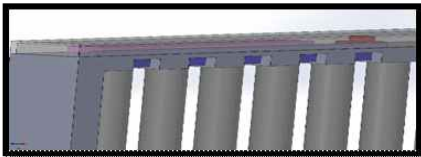
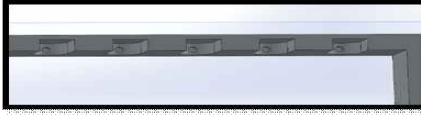
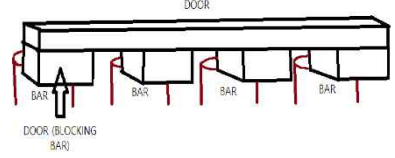
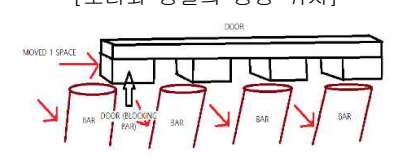
갖지만 이런 형태는 외부 보행자에게 위험요소가 될 뿐만 아니라 침입자에 의해 접합 부분이 쉽게 파기되어 열릴 수 있다는 단점을 갖는다. 이와 관련된 특허를 찾아 그림으로 나타내었고 장단점, 개선사항을 표로 정리하였다.

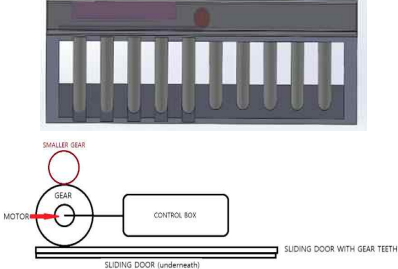
 실내 쪽 개폐	 실외 쪽 개폐	 실외 쪽 개폐
1. 출원번호 : 1020160137280	2. 출원번호 : 1020060060638	3. 출원번호 : 1020140036554
실내에서 개폐가 가능한 방법창	개폐식 방법창	화재시 개폐 가능한 방법창
- 슬라이딩 도어 방식으로 실내에서 개폐 가능 - 환기, 비상 탈출용 - 강화된 잠금장치 - 다양한 건축물에 부착 가능, 설치 용이	- 실내에서 개폐가능, 한쪽을 열기 위해 한지를 통해서 일반적인 문처럼 당길 수 있음 - 재질과 잠금장치가 강함 - 방풍, 풍습, 방음을 통해 환경개선 - 제작과 설치 용이	- 화재 상황 개폐가능 - 창이 90도로 자동 회전 - 창의 재질이 화재에 견고함 - 잠금장치와 철봉이 아주 강함 - 알람이 설치되어 있음
- 손으로 방법창을 열기 - 실내공간 차지	- 공간 차지 - 창문이 무거워 돌리기 어려움, - 자동이 아님 - 잠금장치 추가 요구	- 외부 훼손 가능성 높음 - 오작동시 행인에게 위험
방법창 창들 사이에 스프링이 있어서 움직이는 것 쉽지만 방법용은 어렵다, 강한 충격에 약하므로 보완요구	서보모터로 돌릴 수 있는 기능을 자동화 요구	내부 컨트롤 제어장치 요구됨.
 실내 조작장치 -접이식 창살		 실내 조작장치 -탈착식 창살
4. 출원번호 : 1020060112987	5. 출원번호 : 1020150028401	6. 출원번호 : 1020220179481
창살 접이식 방법창	지능형 방법창 방법 시스템	잠금장치를 갖는 길이가변형 방법창
- 다양한 공동주택에 설치 용이 - 자바라 형식으로(정상 자바라 높이)하부 창살을 탈부착 가능 - 자바라를 이용해(자바라 높이 가장 낮은 곳)최창살들을 회전 가능해 나갈 수 있는 공간 이 생김 - 창문 옆에 있는 공간을 이용해 자바라의 높이를 조절	- 스마트폰으로 현재 상황이 침입 발생인지를 실시간으로 알려 줌 - IoT사용을 제시하여 편리성을 추구	- 대피시 필요한 만큼 창살 제거 가능 - 손으로 직접 조작하여 창살 제거
- 방법창이 열렸을 때 나갈 공간이 좁아 탈출 어려움 - 자동화가 안 돼 있어서 각각 조절은 손사용 - 조작법 어렵고 시간 소요	- 사용자가 집에서 멀리 떨어져 있으면 도둑이 침입해도 방지하기 어렵다 - 구체적 실제적 적용의 한계	- 노약자 조작의 어려움 - 창살 제거시 시간소요
모터와 센서를 사용해 사용자가 간편하게 탈출할 수 있도록 요구. 접이식 창살 대신 창살의 견고함을 보완, 최창살을 컨트롤해 전체 창살에 탈 부착할 수 있는 구조 고안.	센서가 잘못 감지했을 가능성에 대한 보완 요구	시간을 단축하고 누구나 쉽게 탈출하도록 고안

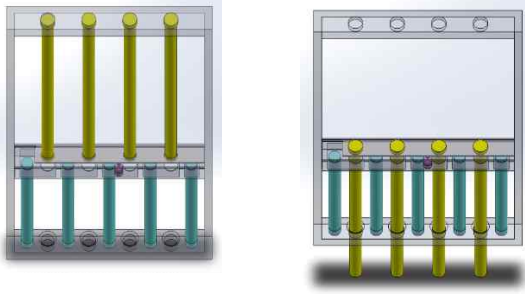
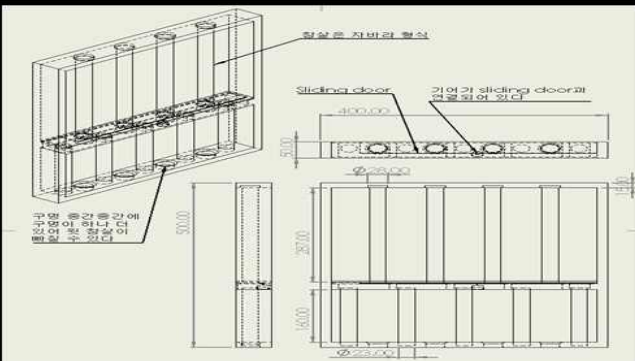
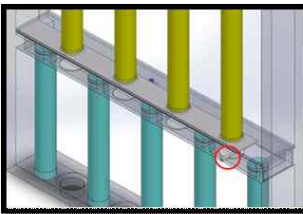
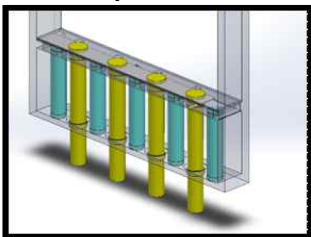
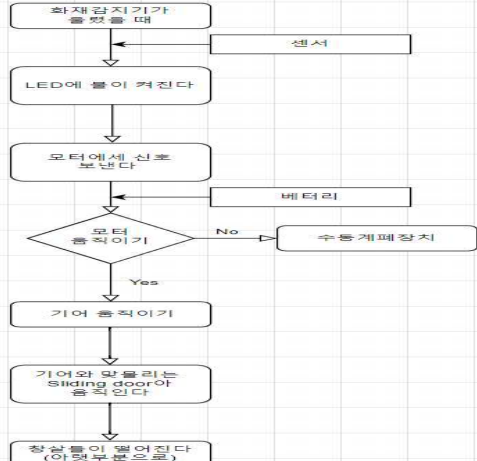
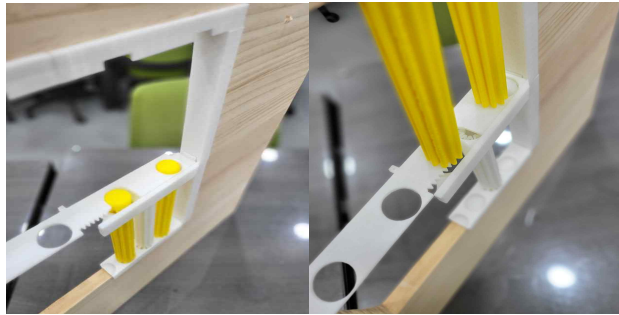
 [외부에서 본 모습]  [실내쪽에서 보는 모습]	- 자동화 기능과 스마트 홈 시스템 연결 - 재난 상황 시 이용자의 정서상태 고려한 설계 - 탈출이 용이: 개방후 창틀에서 서로 연결된 창살을 한번에 분리할 수 있다. 창문 이동이 안전해 짐 - 전력공급 차단 시 상황을 고려 - 설치가 간편, 제작단가 저렴 - 외형이 기존 방법창과 동일하여 침입 호기심 감소 - 수압센서, 화재 감지센서 등과 연결하여 자동개폐 - 비상 수동 개폐장치 추가
 	- 수동개폐장치에 대한 사전 인지와 사용법을 숙지해야 함 - 이용자가 외부에서 컨트롤하고 싶다면 앱을 설치해야 함
다다안전이 설계한 ‘안전과 재난 대응 자동 방법창’	충전 가능, 고효율한 배터리 사용 고려(전력수급과 연결문제) 태양열전지 이용의 방법을 부피나 공간의 차지를 최소화하는 방안 모색. 오작동의 위험을 최소화 하기위해 시스템 작동 조건을 “and” 로 연결하여 명령어 만들어 줄 것

(2) 설계의 특징과 독창성 및 접근방법

1)설계의 방법 및 배경 : 3차에 걸쳐 제약을 개선하고 문제점을 해결하여 설계완성

1차 설계	TEETH모형 구조의 자동화를 통한 창살 탈착식 방법창
 	 <pre> graph TD A[① 화재경보기가 울렸을때] --> B[② 모터에게 신호 보낸다] C[배터리] --> B B --> D[③ 모터 움직이기] D --> E[④ 기어 움직이기] E --> F[⑤ 기어와 맞물리는 체인이 움직인다] F --> G[⑥ 체인과 door를 연결하는 연결장치가 움직인다] G --> H[⑦ Bar들이 빠질수 있게 된다] </pre>
 	[창살이 빠졌을 때의 틀] * 화재 발생시 자동으로 슬라이딩 도어로 개폐하거나 닫을 수 있는 형태로 구성한다. 창 밖에서 개폐여부를 알 수 없는 구조. 자동화 장치로 각 창살을 분리하기 쉬운 구조로 만들기 위해 최소한의 이동을 구현하고자 이빨형태의 구조 이용 * 정상인 상태일 때는 움직이는 도어의 이빨 모양(teeth-like structure) 구조로 창살들이 나오지 못하지만 화재나 흡수가 일어날 때 모터를 끝까지 움직이지 않고도 창살이 떨어질 수 있다. 몇 인치(1칸)만 움직여도 도어의 이빨들 사이에 있는 공간을 통해서 창살들이 떨어진다. 뿐만 아니라 창살을 빼기 위해 힘을 사용하지 않도록 스프링 장치를 틀의 작은 구멍에 달 수 있도록 제한했다.
 [모터와 창살의 정상 위치]  [대피 상황의 창살위치]	문의 창살을 앞으로 당겨서 빠져 나올 수 있는 방법창 구조 - 고정된 창살 아닌 비상시 자동 열리고 손으로 창살 안쪽 당겨 분리 구조 - 기존 방법창과 동일한 외부 형상. 내부는 특수장치로 창살 덮는 구조 창살을 상황에 따라 조절하는 방법창 구조 - 평상시에는 창살고정 비상시 자동으로 움직이는 형태 - 침입방지 위해 창살 재질이나 구조를 기존보다 더욱 견고하게 만들 방안 방법창 일부 열거나 막기 위한 모터 및 체인 구조, 배터리 이용한 전원 - 기존의 전기나 배터리만이 아니라, 태양광을 이용해서 보조적으로 어떤 순간에도 전원이 끊기지 않게 만드는 전원 시스템, 모터를 효율적으로 구동하기 위한 체인 및 구동 시스템 구성 원격스위치를 이용한 체인과 모터의 연결 및 방안 - 화재 발생시 자동으로 열림 형태 구조, 긴급한 상황에서 안쪽에서만 원격 스위치로 개폐

	설계의 문제점과 개선방안
 [모터를 사용한 구동방안]	- 노약자들은 힘으로 창살을 잡아 빼기 어렵다. → 신속하며 쉬운 조작 개폐구조 - 상부 창살은 자동 분리, 하부창살 이탈은 직접 빼는 구조로 시간소요 → 개방되는데 소요되는 시간 단축 - 탈착 자동화 부분이 특이하게 도드라져 호기심을 자극하여 범죄를 유발 가능 → 기존 방법창과 외관상 특이점 보이지 않을 것 - 톱니 개폐장치와 창살고정을 위한 마찰을 고려, 탈착 용이를 위한 스프링이 오히려 개폐에 방해요인이 될 수 있다. → 자동화의 효율성 상승 방안 고려할 것

2차 설계	창살 하강 구조의 자동화를 통한 방법창
 → [재난상황 열린 구조]	 [슬라이딩 도어 아이디어 2D 도면]
 [수동 개폐장치]  [수동모드 작동 모습]	 [시스템 블록도]
 [창살끼울 고무 안전장치]  [장치 내부에 배터리]	 [3D 프린팅 제작품]

1. 자동 개폐 장치는 모터, 기어, 배터리를 이용해 3초 안에 창살이 분리: 화재나 홍수가 감지되면, 모터가 최대 속도로 기어를 돌려, 막혀있는 면 위에 있던 철창은 슬라이딩 도어의 구멍이랑 일치하게 된다. 그 후, 중력으로 인해 창살은 떨어지게 되는 구조
2. 모터나 기어 오작동 시, 레버 옆에 LED가 표시되어 사용자가 손으로 수동 개폐장치인 레버로 방법창을 열어 탈출 가능: 창문 프레임에서 밀 수 있는 레버나 손잡이가 창문 프레임과 수직하게 튀어 올라와 사람이 밀 수 있도록 배치. 사용자가 수동개폐 장치를 밀었을 때 창살이 하부로 낙하
3. CONTROL BOX에는 전기량을 담고 여는 릴레이, 전기 공급을 할 수 있는 배터리, 전기를 받는 모터, 릴레이의 전자 신호를 조절할 수 있는 아두이노가 삽입: 배터리의 전력량이 모터와 직접 연결하면 모터의 고장이 잘 일어날 수 있으므로 릴레이를 사용한다. 모터 고장 시 연결된 LED를 켜서 사람이 수동개폐장치를 이용해 탈출. 모터가 정상으로 작동한다면, LED는 꺼져있는 상태. 모터가 배터리의 전기를 계속 사용하는 것을 멈춰 오직 필요 시만 작동 처음에 아두이노가 5V 신호를 보내 릴레이의 회로가 닫혀 있을 수 있도록 하면, 배터리에서 나오는 파워를 Normal Open에서 COM으로 전달할 수 있다. COM에서 나오는 전력은 곧 모터에 사용할 수 있다. 반대로, 아두이노가 "OFF" 신호를 보낸다면, 릴레이의 회로가 끊어지므로 전력 공급을 차단한다 하지만, 아두이노가 보내는 전력(5V, GND)과 배터리가 내보내는 전력은 Isolation이 되어 INPUT 회로와 OUTPUT 회로를 분리해 회로들이 원치 않게 접하는 것을 막아 줌
4. 아두이노에서 보내는 전력은 10T(센서와 모터)와 LED 연결이 가능할 수 있는 구조
5. 모터에 전원을 공급하기 가정용 전기와 비상용 배터리를 사용
6. 화재를 감지하기 위해 화염 감지기, 열 감지기, 연기 감지기 센서 사용: 화재와 유사한 여러 가지 시나리오가 있으므로 확인 단계는 세 가지. 열 감지기는 실내 온도의 변화를 감지하고 섭씨 57도 정도가 되면 다음 단계로 이동한다. 그리고 연기 감지기가 대기 중의 이산화탄소의 양을 감지할 것이다. 이동 당 피트가 약 0.5%일 때 화염 감지기가 마지막으로 실행되며 다중 스펙트럼 불꽃 감지기는 화재의 파장에 대한 정보를 수신한다. 센서가 불꽃 위에 다양한 파장을 쏘기 때문에, 잘못된 경보를 피하는 데 더 유용하다.
7. 홍수를 감지하기 위한 장치는 플로트 센서와 전도성 센서를 모두 사용: 전도성 센서는 전기 전도성의 변화를 측정함으로써 물의 존재를 감지하고 물이 있으면 회로가 완성되고 경고가 울린다. 그런 다음 물이 있으면 플로트 센서가 활성화된다. 플로트 센서는 수위의 변화를 감지하여 물이 특정 수위에 도달하면 경고를 울리게 하는 방식으로 작동한다. 예를 들어, 지면에서 최소 1L 이상에 도달하면 기계에 알람을 발생시켜 모터를 켜다.
8. 철창의 모양이 뾰족하게 되어있어 강한 힘으로 뚫거나 뚫이지 않는다. 별 모양처럼 생겨있어 각 뾰족한 vertex의 개수에 따라 힘이 더 잘 분산될 수 있다

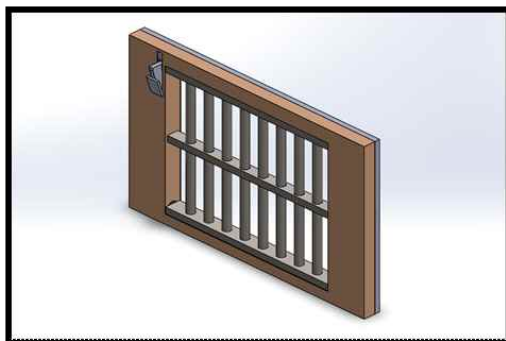
설계 문제점 과 개선방안

1. 자동 개폐장치로 방법창 개폐가 신속하지만 탈출 통로가 좁음
→ 안전하게 탈출 할 수 있는 공간 확보 요구
2. 수동개폐장치의 안정성, 편리성이 결여
→ 견고하며 효율적인 수동장치 설계 요구
3. 창문이 지면과 인접한 지하, 반지하 구조물에 사용하기 어려움
→ 주요 이용계층을 고려한 설계 요구
4. 재난 시 이용자의 심리나 정서상태 파악한 설계 요구
→ 재난 체험관 방문, 직접 경험해 보고 실질적인 설계, 실용성
5. 별 모양 창살은 일반 창살보다 더 많은 재료가 필요하며, 만들기도 매우 어렵고 비쌌
→ 기본 방법창의 창살과 외관상 특징을 최소화

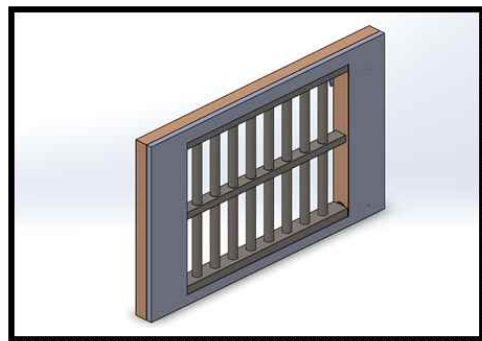
3차 최종 설계

재난시 상하부 자동화 장치로 개폐되는 방법창

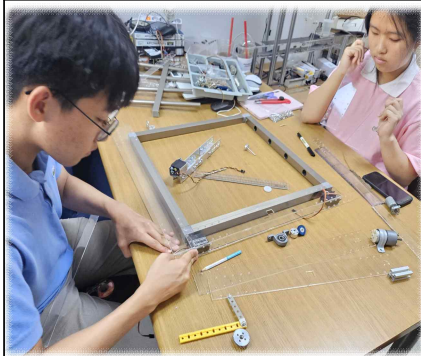
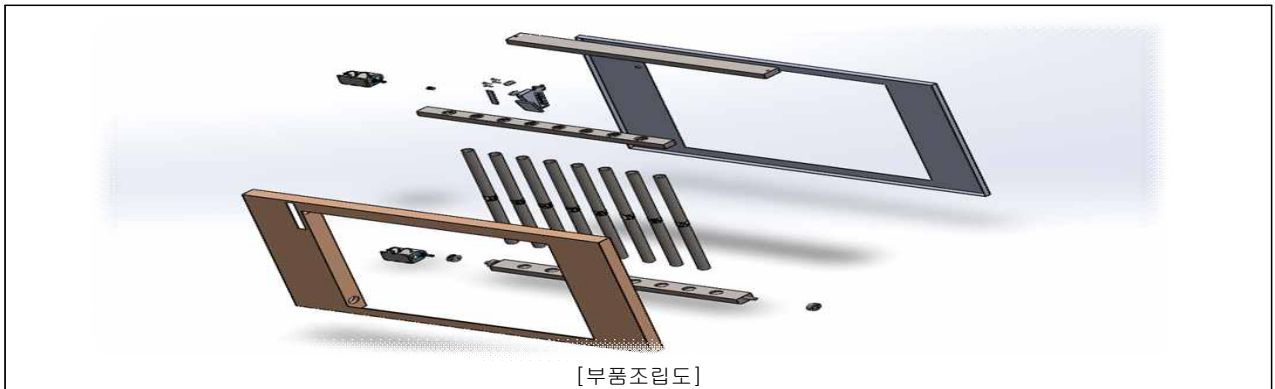
1. 최종 설계의 외형



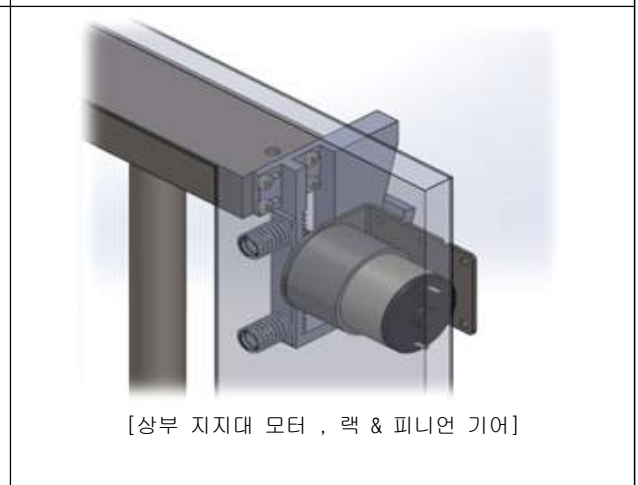
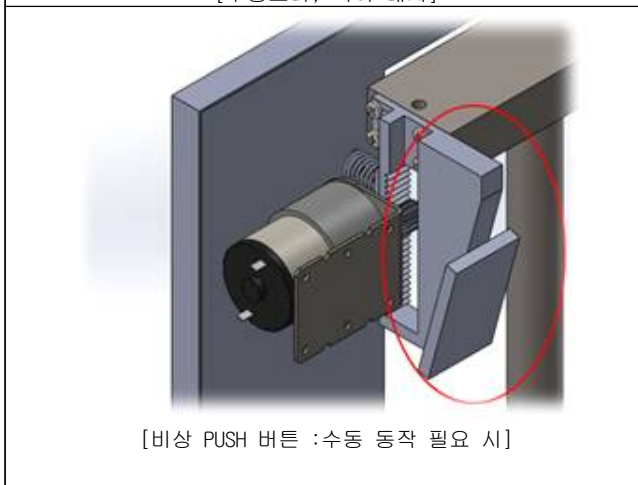
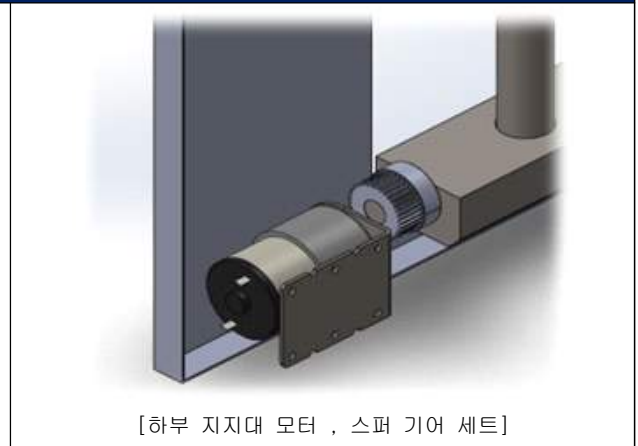
[등각도 -정면: 집 내부 측]



[등각도 -후면: 집 외부 측]



1. 내부 작동 구조

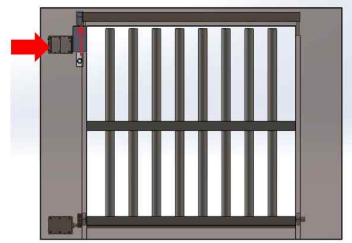


2. 작동원리

- 작동 원리



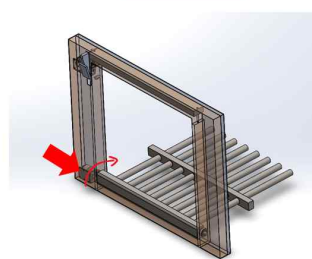
평상시 상하부 고정대 고정



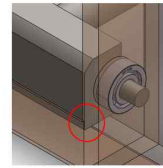
① 비상상황 발생시 상부구조물 상부로 이동
(모터 작동-> 랙앤피니언 구동-> 창살과 상부구조물 분리)



② 하부 고정대 회전 -> 창살 이탈 시작

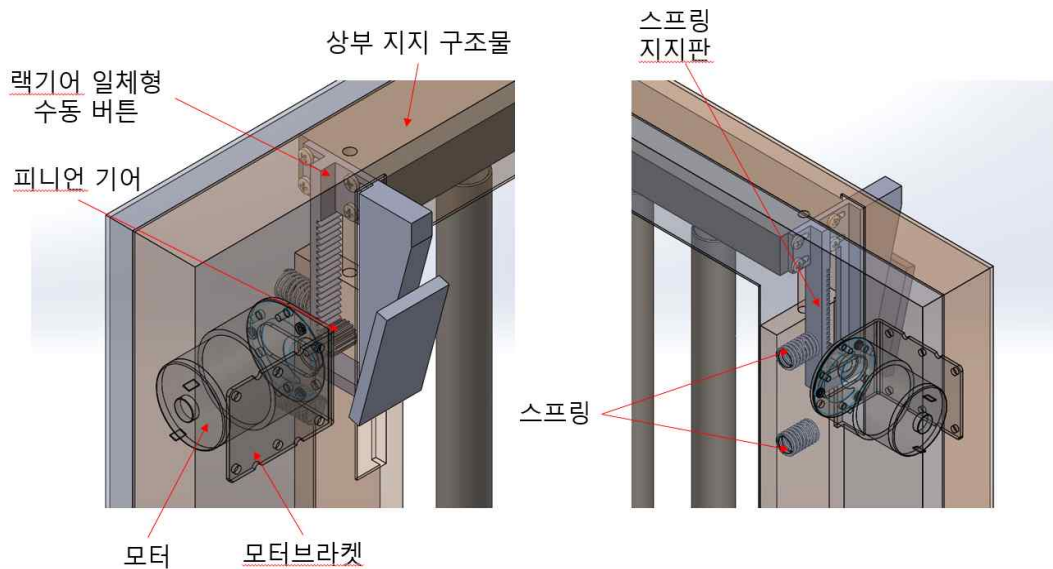


③ 창살 이탈 완료 (90도 회전)



※ 하부구조물 회전 제한
: 외부 프레임과 접촉으로
회전 각도 제한 (90도 ↓)

3. 설계의 특수성 - 1) 상부 지지대 설계 : 구조 및 작동 순서



작동순서

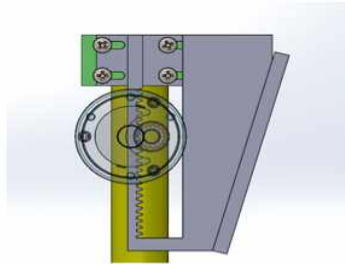
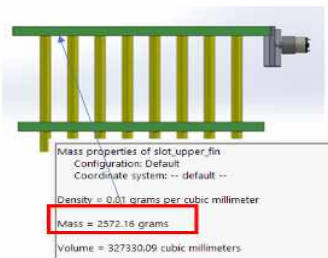
모터 구동->피니언기어 구동-> 랙기어 일체형 수동버튼 상향 이동 -> 상부 지지 구조물 함께 이동

- 모터 필요 토크 계산 및 모터 선정

상부 지지 구조물의 중량을 피니언 기어 하나로 지지해주는 구조로 아래와 같이 모터 필요 토크 계산과정 수행함

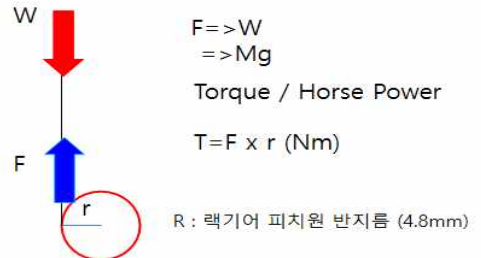
- 1) 상부 지지 구조물 중량 확인
: 형상이 복잡하므로 3D 툴에서 재질 입력 (steel) 후 계산함
- 2) 질량->무게 (힘) 으로 변경
: 무게 (W) = 질량 (m) x 중력가속도 (g, 9.81m/s²)
- 3) 피니언 기어에 걸리는 토크계산
: 피니언 기어 피치원 지름의 반 (반지름) 에 힘 (F)을 곱하여 계산
-> $T = F \times r$ 이므로, $F = T/r$
- 4) 2),3)에서 구한 힘을 같다고 가정하면,

$$Mg = T/r, T = Mgr = 0.12 \text{ (Nm)}$$



$$W = Mg \text{ (g: 중력가속도, } 9.81\text{m/s}^2\text{)} \\ = 2572.16/1000 \times 9.81 = 25.23289 \text{ (N)}$$

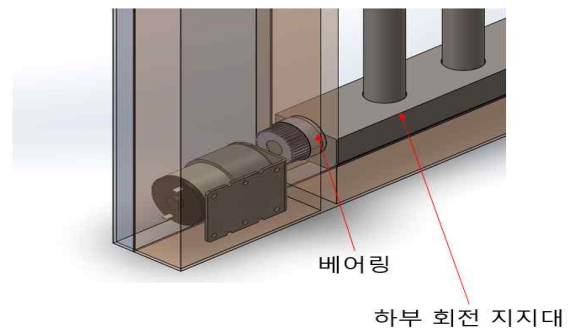
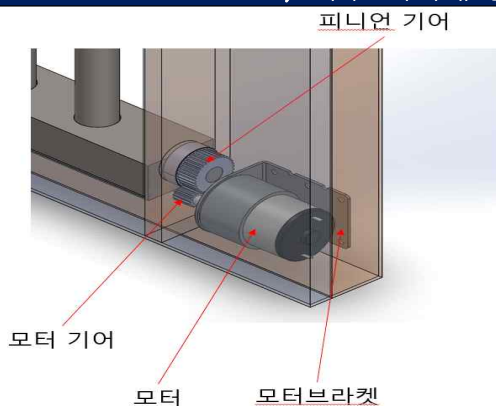
FBD (Free Body Diagram)



$$Mg = T/r \\ T = Mgr = 25.23289 \times 4.8/1000 = 0.12 \text{ (Nm)}$$

최소한 0.12Nm의 토크를 갖는 모터를 찾으시면 된다.

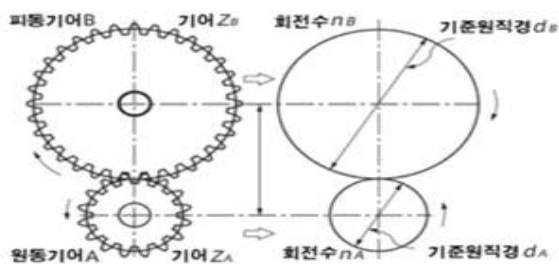
2) 하부 지지대 설계 : 구조 및 작동 순서



작동순서

모터 구동 -> 모터 기어 -> 피니언 기어 -> 하부 회전 지지대 회전 (0도 -> 90도)

기어비, 토크, 회전수(RPM) 상관관계

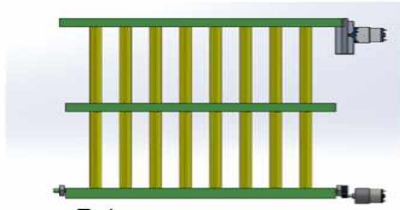


$$\begin{aligned} \text{기어비} &= \text{종동기어 회전수} / \text{구동기어 회전수} = n_b / n_a \\ &= \text{종동기어 지름} / \text{구동기어 지름} = d_b / d_a \\ &= \text{종동기어 전달토크} / \text{구동기어 전달토크} = T_b / T_a \end{aligned}$$

기어비가 1보다 크면 힘은 커지고 속도는 느려짐, 1보다 작으면 힘은 작아지고 속도는 빨라짐 => 모터 측에 작은 기어, 회전구조물측에 큰 기어를 배치하는 구조가 힘을 증대시키는 데 도움을 줄 것으로 판

단됨. 반대로, 모터의 큰 기어, 회전구조물측에 작은 기어를 달면, 속도는 빠르지만, 힘이 약하다.

- 모터 필요 토크 계산 및 모터 선정
(창살은 계산과정에서 고려안함)



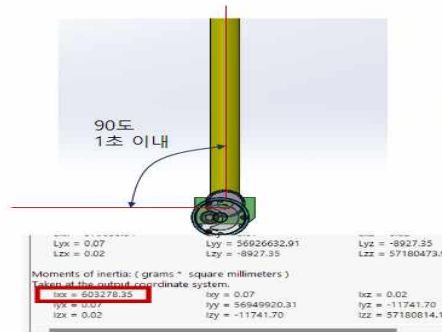
$$T = I \times \alpha$$

(I : 질량관성모멘트, g.mm²
α : 각가속도, rad/s²)

재질 : Steel 로 선정

$$I \times \alpha = G/R \times T_{in}$$

$$T_{in} = (I \times \alpha) / G/R$$



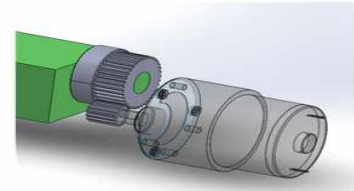
$$I = 603278.35 \text{ (g.mm}^2\text{)}$$

$$\alpha = \pi/2 = 3.14/2 = 1.57 \text{ rad/s}^2 \text{ (1초당 90도 회전)}$$

$$G/R = Z_{out}/Z_{in} = 36/12 = 3$$

(Z out : 베어링측 기어 잇수
Z in : 모터측 기어 잇수)

$$T_{in} = (I \times \alpha) / G/R = 0.00308 \text{ (Nm)}$$



$$T_{out} = G/R \times T_{in}$$

(G/R : 기어비, Gear Ratio
T_{in} : 모터 토크
T_{out} : 회전구조물 구동 필요 토크)



다음 단위에서:

0.00308

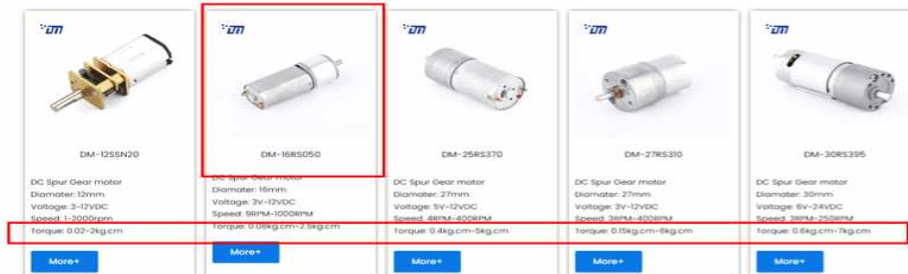
다음 단위로:

0.031407259

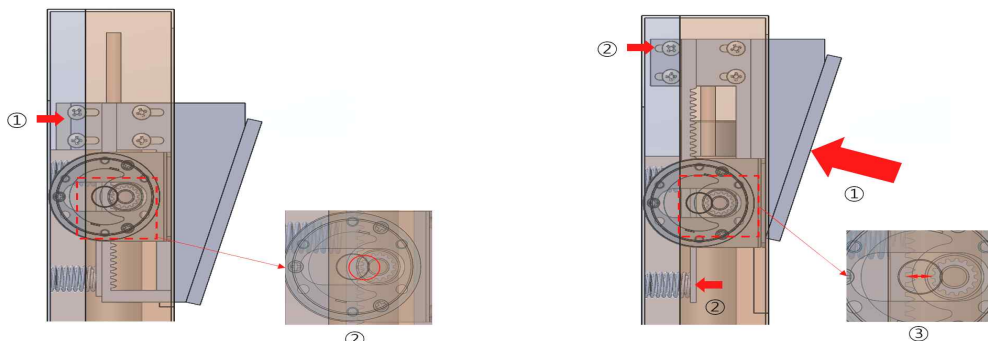
뉴턴미터[N*m]
뉴턴센티미터[N*cm]
뉴턴밀리미터[N*mm]
킬로뉴턴미터[kN*m]
다인미터[dyn*m]
다인센티미터[dyn*cm]
다인밀리미터[dyn*mm]
킬로그램힘 미터[kgf*m]
그램힘 미터[gf*m]

킬로뉴턴미터[kN*m]
다인미터[dyn*m]
다인센티미터[dyn*cm]
다인밀리미터[dyn*mm]
킬로그램힘 미터[kgf*m]
그램힘 미터[gf*m]

토크 0.00308Nm (0.0314 kgf.cm)를 만족하는 모터 토크를 찾아보면 아래와 같고, 제한된 공간 (지름 기준 약 40mm 이내) 내 들어가는 모터 중 가장 작은 모터를 선정시 상부 구조물 모터와 같은 모터 (DM12SSN20)가 가장 적합할것으로 보이나, 계산과정에 창살을 뺐으므로, 마진을 고려했을 때 최소 DM-16RS050 이상으로 선정하는게 타당할것으로 판단된다.



3) 수동개폐장치 설계 (자동장치 오류 시 사용)



모터 정상작동시 (자동 모드)

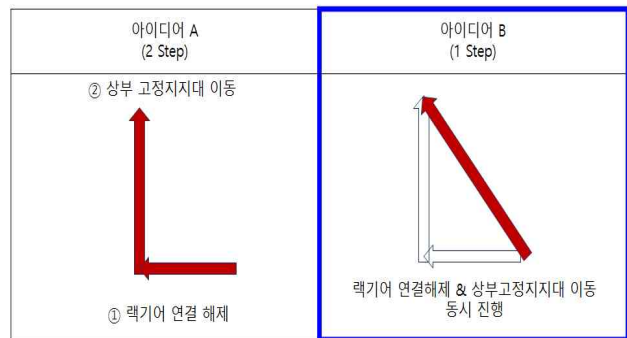
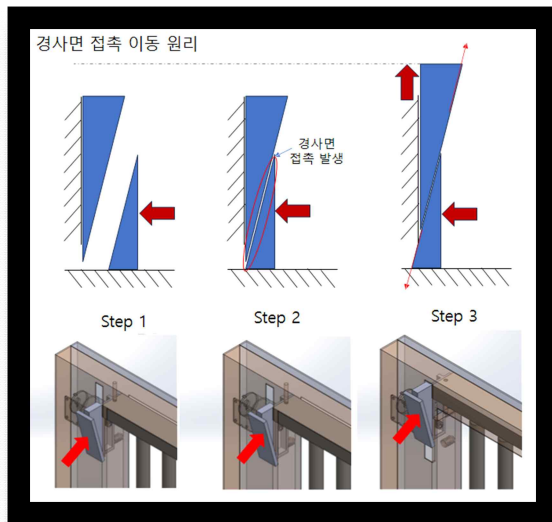
- ① 스프링 미압착 & 슬롯 위치 왼쪽 방향
- ② 랙피니언기어 연결 O
- ③ 랙 피니언에 의해 상부 고정지대 상방 이동

비상상황시 (수동 모드)

- ① 비상 Push 버튼 밀어올림
- ② 스프링 압착 & 슬롯 이동 (오른쪽)
- ③ 랙피니언기어 연결 해제
- ④ 상부 고정 지대 상방 이동

스프링 사용 : 비상시 수동 개폐장치를 손바닥으로 밀고 난후 상부의 고정장치가 상승하고 창살들은 분리된다. 또한 이 작동 후에도 장치가 상부에서 고정되어 떨어지지 않는 이유는 스프링의 탄성력을 이용한 것으로 비상장치를 밀었던 손을 떼게 되었을 때 장치가 원래의 자리로 돌아와 렉& 피니언이 맞물리게 되는 효과를 얻는 것이다.

비상시 상부 고정장치 연결해제 고안 원리: 수동으로 창살을 이탈 할 수 있는 방안을 경사면 힘의 이동 원리를 이용하여 설계에 반영(수평/수직 힘)



아이디어 B 선택의 이유: 비상 상황을 고려할 때 조작 수가 적을수록 비상탈출이 빨라지고 간편해짐

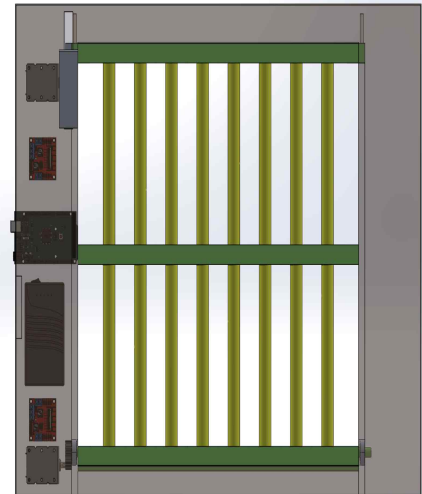
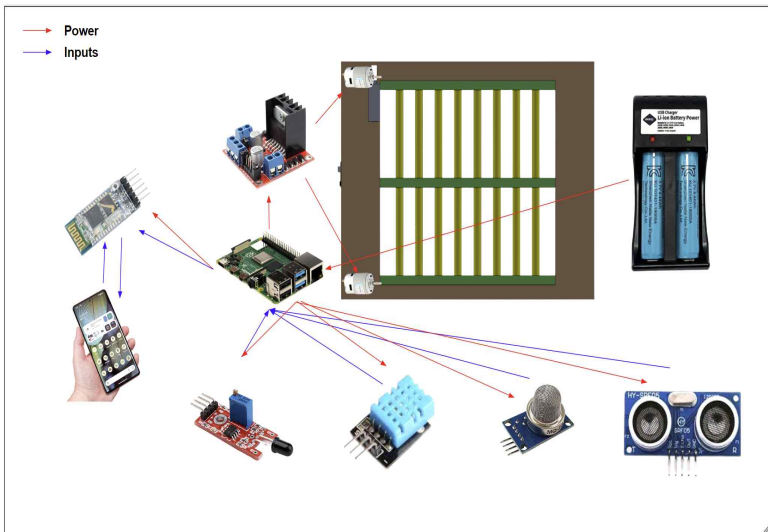
5. 스마트 홈 시스템과 연결된 IoT 기능

(1) IoT를 활용한 방법창 개폐

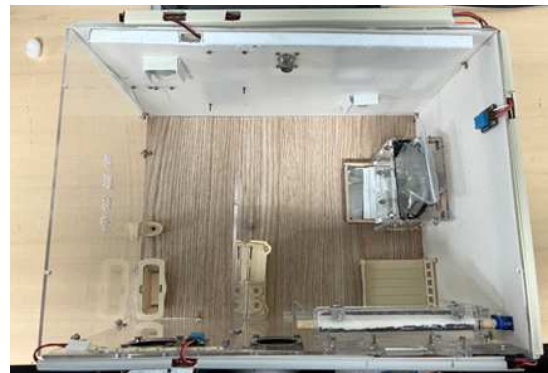
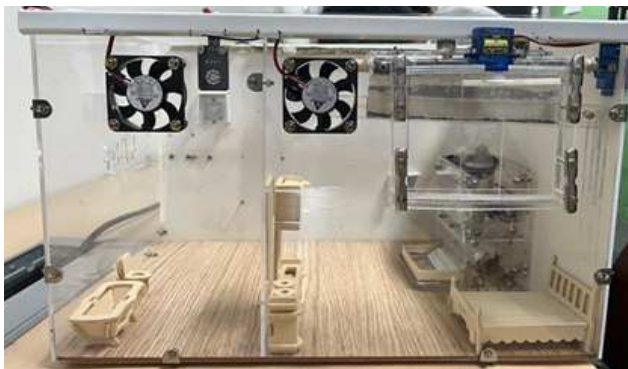
긴급한 상황인 화재나 갑작스런 홍수와 같은 위험에서 어떻게 신속하고 안전하게 대피해야 하는가?를 안전 제품이나 비상탈출제품에서는 가장 우선으로 목표를 삼아야 한다. 이 설계 또한 신속성과 안전성을 반영하며 제작하였고 이를 위해 자동개폐방식을 선택했지만 오작동의 가능성을 염두하여 수동장치도 추가로 첨부하였다. 수동 작동 방식(안에 있는 사람이 주변을 확인하고 창문을 작동하기 위해 버튼을 누름)과 자동 작동 방식(센서가 환경을 감지하고 창문을 자동으로 작동)이 함께 포함된 설계의 특징을 갖는다. 실용성이 높고 실제적인 설계물을 만들기 위하여 자연재해에 처하게 되었을 때 사람들의 심리와 반응, 행동을 알아야 한다. 실제 체험을 통해 위험상황을 경험하게 되었을 때 비록 그것이 가상의 상황이었으나 이성적인 판단이나 복잡한 조작을 할 수 없었다. 단지 밖으로 나가야겠다는 판단과 밀거나 발로차는 행동 말고는 침착하게 손으로 무엇인가를 조작하여 시간이 소요되는 작동을 단계별로 해나가기 어렵다. 그러므로 조작의 단순화 신속함이 매우 중요한 요소이다. 기존 탈출방법창들이 아이디어는 좋았으나 조작이 복잡하고 손으로 섬세하게 스텝을 따라 탈출의 단계를 만들어 가야 하는 것이라면 이것은 실제 상황에 무용지물이기 쉽다.

그러므로 방법창의 자동화 장치는 필수적 요소이며 앞으로 상용될 이유가 된다. 센서 및 MIT App Inventor를 사용하여 화재 또는 홍수를 감지하고 창문을 전원 공급하며 자동으로 탈출로를 마련해 주고 사용자가 없을 때나 집안에 있는 사람이 도움이 필요할 때에도 창문을 원격으로 제어할 수 있는 IoT 스마트홈 및 방법창은

- 13 -



앱에 값들을 표시할 수 있다. 위와 같이, 배터리를 이용해, 블루투스 통신 장치에게 전력을 준다. 앱의 UI는 이미지를 활용하여 사용자가 각 기능을 직관적으로 이해하고 제어할 수 있도록 디자인하고, 시작 화면에는 센서가 읽는 데이터 값 등의 상태를 실시간으로 표시하여 사용자가 모니터링 가능하다. 외부에서도 원격 모니터링 및 제어를 지원하며, 집 안과 밖에서 기기를 켜거나 끌 수 있는 유연성을 제공한다. 앱은 센서 데이터 모니터링을 지원하며, DHT-11 온도 센서 데이터가 ThingSpeak로 전송되어 그래프를 자동으로 생성하고, 사용자 친화적인 기능을 활용하여 스마트 홈 기기를 제어하고 센서 데이터를 모니터링하는 포괄적인 도구이다.



2) 설계의 독창성과 의의



장점 및 독창성

- 1) 작동하는 부품 최소화를 통한 간단한 구조로 **자동화**, 상 하부 구조물 탈거 용이.
- 2) 비상상황을 가정하여 **수동 작동 장치** 추가되었고 조작이 간단하다.
- 3) **간체임**, 제작비용 저렴.
- 4) **Smart home (IoT)** 시스템과 연동하여 실시간 실내 혹은 야외에서 앱으로 제어 가능
- 5) 가정 내 화재 혹은 폭우 상황에 출입문 사용 제한시 창문 탈출 수단으로 **신속성**.
- 6) 완전한 개방과 함께 서로 묶인 창살을 틀에서 한번에 제거할 수 있어 탈출 시 2차부상을 막고 **인형적인 재피가 가능**하다.
- 7) 방법창이 개방된 후 서로 연결된 창살들을 틀에서 한번에 제거가 가능하므로 **탈출시 2차 부상없이** 안정적 창문 탈출이 가능하다.
- 8) 실제 재난상황을 체험한 후 **시문자의 청서상태와 행동패턴을 반영한 설계**
- 9) 외부에서 보여지는 방법창의 **외형은 시문되는 기존 방법창과 동일한 모습**. 외부인의 호기심을 자극하지 않음.
- 10) **다음서설(여권매집)에는 더욱 필요한 방법창 구조** 임.
- 11) **창문을 통한 미시 시 유출**. 방법창을 뜯어낼 필요가 없고 다시 **원상태로 쉽게 복원가능**.



특히, 방법창의 창살과 아래의 돌림판에 경사가 있어, 작은 각도로 돌려도 아주 쉽게 창살들 전체가 분리될 수 있게 구조를 설계하였다. 뿐만 아니라, 창살들을 하나의 자바라로 묶어서 각 창살이 위험하게 하나씩 빠지는 것이 아닌 일체형 창살들이 떨어질 수 있도록 제작.

3) 설계의 제약조건 및 문제 해결방법

- ① 방법과 탈출이라는 딜레마를 설계로 해결하는 과정에서 1,2,3차에 걸친 개선으로 진보된 형태의 설계를 고안해냄.
- ② 방법창에 관한 많은 논문과 특허들을 검색해 보며 왜 이런 특허들이 실제 방법창으로 상용될 수 없는가를 고민 --> **실용성을 증대** 시킬 방안과 방법창의 두가지 주요 현안인 방법과 탈출의 두 요소를 충족시키며 재난상황시 이용하게 된다는 것을 기본으로 **신속성을 증대하는 방안을 모색 --> 자동화, 수동 장치의 단순화**
- ③ 현재 서울의 구청에서 취약계층을 위해 보급중인 특수방법창의 형태를 관찰하여 문제점을 발견해봄. --> 복잡한 조작형태, 미달이 슬라이딩 창 형식으로 제작되었으나 잠금장치로 자물쇠와 열쇠 사용, 특수한 외관형태로 침수주택이라는 낙인효과로 설치 거부사례 증대 --> **단순한 형태**, 동시에 외부형태에서 주는 낙인을 주지않는 **외형 고려 --> 기존 방법창과 동일한 외형과 설치**



[서울시 강동구에서 보급중인 특수 방법창의 보도 내용과 한계]

- ④ 실재 재난상황의 이용자들이 어떤 심리와 정서상태로 방법창을 조작하게 되는지 제작자로서 **경험한 후 설계에 반영** --> 창살을 손으로 뽐거나 단계가 복잡한 형태는 긴급한 상황에서 효과적으로 사용 불가, **즉각 탈출할 수 있는 구조** 요구됨. 한번에 모든 창살이 즉각 동시에 열려 이용자에게 탈출할 수 있음을 바로 인식하게 할 필요성--> **모든 창살이 즉각 동시에 열리는 구조, 스마트 홈 시스템과 연결** (센서와 앱 연결)



[재난 안전체험관 체험과 교육이수]

- ⑤ 지면과 창이 인접한 지하 반지하 창에도 사용할 수 있는 구조가 필요. 탈출시 2차 부상을 입지 않도록 안정적인 공간과 구조 확보, 창살들로 인해 행인이거나 타인이 다치지 않아야 함 --> **90도 창살 낙하 구조, 개방후 서로 연결된 창살들을 창틀에서 손쉽게 제거 가능**

3. 설계의 수행일정

설계 진행 내용	4월	5월	6월	7월	8월	9월
아이디어 탐색	■	■				
아이디어와 3D 설계 구체화, 중간 보고서 작성		■	■			
1차 3D Printing 및 조립			■			
아두이노 코딩, 실험, 오류점 찾기			■	■	■	■
2차 3D Printing 및 조립, 보완점 찾기				■	■	
3차 3D Printing 조립, 실험, 최종보고서 시작					■	■
최종보고서 작성, PPT, 발표 준비						■

4. 활용방안 및 기대효과

- 1) 방법창에 본 설계를 적용하여 화재 및 폭우의 사각지대에 놓여있는 취약계층에 보급하여 인명피해를 줄일 수 있음. 특별히 아파트에서 운영되는 어린이 집은 1층에 위치하는 경우가 많고 안전을 위해 방법창이 설치된 곳이 많다. 다수가 신속히 탈출해야 하는 다중시설에서는 자동 전면 개폐로 탈출시 이동 공간을 확보할 필요가 있고 스마트 홈 시스템과의 연계로 재난을 미리 감지하고 탈출구를 개방한다면 신속하고 안전한 대피가 가능하다.
- 2) 본 설계안은 기존의 방법창의 프레임 부분 변경에 간단한 시스템만 적용하면 되므로 파급효과가 크고, 구조가 간단하여 제작 및 설치가 쉽고 저비용으로 자동화를 가능하게 하여 경제적이므로 상용화 가능성이 크다.
- 3) 비상상황을 감안하여 평상시에는 충전, 비상시에만 모터 구동가능한 배터리를 적용하여 전원이 없는 상황에서도 작동 가능하며 앱 연동으로 외부에 있는 가족도 방법창을 열 수 있다. 또한, 안에 있는 사람도 탈출 가능케 하는 수동개폐장치 주변에 LED를 달아, 위급한 상황에도 어떤 행동을 할지 명확하게 나타나게 해준다. 과거 구조대원이 방법창을 신속하게 제거하지 못하여 구조가 지연되고 사망한 사건이 보도되었는데 외부에서도 필요시 방법창을 열 수 있다는 것은 재난구조의 측면에서도 의미가 있다.
- 4) 이사 시에 창문을 통하여 짐을 이동하게 된다. 창문의 완전개방과 짐의 이동공간 확보를 위하여 고정식 방법창의 경우 많은 피스로 벽과 부착되었기 때문에 제거하기 위한 시간이 많이 소요된다. 그러나 본 설계의 방법창은 빠르고 간단하게 개방할 수 있고 창살들이 틀에서 빠질 수 있는 디자인이므로 창문을 통한 짐의 이동시에도 유용하며 사용 후 방법창 기능을 다시 수행할 수 있도록 손쉽게 개방 및 개폐할 수 있는 특징을 갖고 있다.

< 참고문헌 >

1. 성준호, "실내에서 개폐가 가능한 방법창 구조," 등록번호 1017335510000, 2017.04.28.
2. 권미경, "개폐식 방법창," 출원번호 1020060060638, 2006.06.30.
3. 홍성규, "화재시 개폐가능한 방법창," 등록번호 1015528290000, 2015.09.08.
4. (주)행림종합건축사사무소, "공동주택의 개폐가능한 방법창", 등록번호 1006568540000, 2006.12.06.
5. (주)에스지텍, "지능형 방법창 방법시스템," 등록번호 1017244200000, 2017.04.03.
6. 동아대학교 산학협력단, "살 착탈식 비상탈출용 방법창 및 그 설치 방법," 출원번호 1020210136207, 2021.10.14.
7. 연합뉴스, 2022-08-09, "'여기 사람 있어요,' 한밤 폭우에 반지하 발달장애 가족 침범"
8. 서울경제, 2022-10-13, "또 '반지하' 침범...화재나자 방법창에 막혀 청년 사망"
9. MBC, 2020-07-10, "댁의 방법창은 안녕하십니까? 생방송 오늘아침 "
10. 박경수, 김건준, 최예준, 유호선, 변황우, "화재 감지 스마트 방법창," 대한전기학회, 2019 대한전기학회 학술대회 논문집, Vol.2019 No.11.