

# 대한기계학회 주최

## 제12회 전국학생설계경진대회(2022년)

# 설계 최종 보고서

참가부	고등부 ( ● )				
참가분야	공모주제 ( ● )				
참가팀명	레알챔스우승기원				
설계제목	풍력을 원동력으로 하는 친환경 먼지 전기적 집진 장치의 설계 (수정: 태양광 -> 풍력)				
지도교수/교사	(소속)세종과학예술영재학교 (성명)박재형				
대표자 (신청인)	성명	소속	연락처 (휴대폰)	E-mail	주소
	장진수	세종과학예술영재학교			

## 참가팀원 인적사항

NO	성명	소속 / 학년	E-MAIL
1	구휘서	세종과학예술영재학교/2학년	
2	장진수	세종과학예술영재학교/2학년	
3	박하준	세종과학예술영재학교/1학년	
4	조신우	세종과학예술영재학교/1학년	
5			
6			

# 설계 요약문

<b>참가분야</b>	<b>공모주제 ( 0 )</b>
<b>참가팀명</b>	레알챔스우승기원
<b>설계제목</b>	풍력을 원동력으로 하는 친환경 먼지 전기적 집진 장치의 설계 (수정: 태양광 -> 풍력)
<b>대표자명</b>	장진수
<b>요약문</b>	<p>           현재 대기오염은 사회의 주된 문제 중 하나로 꼽히고 있다. 호흡기를 통해 유입되는 먼지는 물론 인체에 유해한 중금속 등의 물질은 천천히 폐에 누적되어 결국 천식, 폐쇄성 폐 질환, 폐암 등 인체에 치명적인 질환들을 유발한다. 년 2백만 명 이상의 인구가 공기 오염에 의한 호흡기 질환으로 인해 사망하며 공기청정기는 어느덧 현대인의 필수 가전으로 자리 잡았다. 이러한 상황 속에서 창틀에 설치하여 실내로 유입되는 공기를 정화시키는 일의 중요성은 더욱 부각된다.         </p> <p>           우선 친환경적이고, 전력을 필요로 하지 않는다는 점에서 기존 공기청정 가전과의 차별화를 보이고, 정전기를 이용해 먼지를 집진함으로써 일반 필터보다 뛰어난 성능을 갖출 수 있다. 또한 일반 필터의 경우, 먼지가 필터에 쌓여있음과 동시에 필터가 수용하는 먼지보다 양이 많아지면 오히려 필터로부터 먼지가 떨어져 나온다는 악효과를 낼 수 있다. 본 설계는 이러한 문제를 '정전기를 활용한 집진'을 통해 일반적인 필터의 단점을 보완 가능하다. 본 설계는 창문에 탈부착이 가능하며 밴더그래프 발전기의 원리를 사용하여 방충망을 대전시켜 미세먼지 등의 유해물질들을 집진 시키는 방충망 필터를 제공하는데 그 핵심 설계 문제가 있다.         </p> <p>           창문에 금속 선들로 이루어진 미세먼지 금속 필터를 설치한다. 금속 미세먼지 필터를 대전시키기 위해서 필터 아래에 금속 브러쉬를 설치하고 이 브러쉬와 마찰하여 대전될 수 있도록 대전열이 작은 재질로 벨트를 설치한다. 벨트의 아래에는 지속적으로 대전시키는 것이 가능하도록 접지부와 연결한다. 벨트를 회전시키기 위해 회전축과 팬을 연결한다. 즉 밴더그래프의 원리와 공기청정을 융합한 설계이다.         </p>

## 1. 설계의 필요성 및 목적

- 현재 대기오염은 사회의 주된 문제 중 하나로 꼽히고 있다. 호흡기를 통해 유입되는 먼지는 물론 인체에 유해한 중금속 등의 물질은 천천히 폐에 누적되어 결국 천식, 폐쇄성 폐 질환, 폐암 등 인체에 치명적인 질환들을 유발한다[1]. 년 2백만 명 이상의 인구가 공기 오염에 의한 호흡기 질환으로 인해 사망하며[1] 공기청정기는 어느덧 현대인의 필수 가전으로 자리 잡았다. 이러한 상황 속에서 창틀에 설치하여 실내로 유입되는 공기를 정화시키는 일의 중요성은 더욱 부각된다.

- 반면 공기청정기 등의 전자제품은 일종의 패러독스를 유발하기도 한다. 한때 에어컨 또한 비슷한 이야기로 도마 위에 올려진 바 있는데, 그것은 바로 가전제품의 가동이 환경을 오염시키는 것이다. 전기를 생산하는 데에는 많은 자원을 필요로 하고, 그 과정 속에서 환경 오염이 일어나는 것 또한 흔한 일이다. 요즘은 친환경 에너지로 인해 전력 생산으로 인한 환경 오염이 줄고 있기는 하나 한국에너지공단에 의하면 2020년, 아직도 신재생 에너지는 전체 발전량의 7.4%만을 차지하는 것으로 나타났다. 이러한 상황 속에서 온전히 자연을 훼손시키지 않으면서, 실내공기를 청결히 유지할 수 있는 이러한 제품은 더욱 돋보인다고 생각한다.

-- 더불어 COVID 19으로 인한 전염 문제로 인해 그 필요성이 더욱 대두되고 있다. 하지만 공기청정기의 설치 위치에 따라 청정 정도가 확연히 차이나며 오히려 오염물질을 더 확산시킬 수 있다. 공기청정기의 원리인 희석환기는 독성이 낮고 발생량이 적은 가스물질에 효과적이라 입자성이며 위험도가 높은 코로나 바이러스에는 적합하지 않다. 더불어, 공기청정기의 필터를 주기적으로 교체해주지 않으면 필터에 걸러진 유해물질들과 미세 입자들이 밖으로 유출될 수 있다. 이런 교체문제의 해결을 위하여 유해물질이 고정되지 않는 공기청정 시스템을 설계하려 한다.

- 여러 곳에 심각한 피해를 받고 있는 미세먼지를 실내에서 조금이나마 더 줄일 수 있는 것에 의의를 지닌다. 미세먼지가 극심한 날에도 오히려 실내에 분포하는 먼지의 양에 더 많을 수 있기에 주기적으로 환기를 해야 하지만 이는 오히려 역효과를 낼 수 있다. 방충망으로 걸러지기 어려운 여러 중금속과 독성물질이 포함된 초미세먼지의 경우에는 인체에 치명적일 수 있다. 그래서 이 기기를 이용하여 미세먼지가 심하거나 안 심한 날 관계없이, 걱정을 덜고 환기를 할 수 있다. 추후 이 기기가 상용화된다면 가정에서는 물론 사람들이 밀집해있는 열린 공간에서도 공기 정화를 위해 효율적으로 사용 가능해질 것이다. 이로 인해 자연적으로 미세먼지로 인해 사람들이 인체에 겪는 피해의 규모 및 심각성의 정도 또한 감소할 것으로 예상된다.

## 2. 설계 핵심 내용

### (1) 설계 문제의 정의

우선 친환경적이고, 전력을 필요로 하지 않는다는 점에서 기존 공기청정 가전과의 차별화를 보이고, 정전기를 이용해 먼지를 집진함으로써 일반 필터보다 뛰어난 성능을 갖출 수 있다. 또한 일반 필터의 경우, 먼지가 필터에 쌓여있음과 동시에 필터가 수용하는 먼지보다 양이 많아지면 오히려 필터로부터 먼지가 떨어져 나온다는 악효과를 낼 수 있다. 본 설계는 이러한 문제를 '정전기를 활용한 집진'을 통해 일반적인 필터의 단점을 보완 가능하다. 본 설계는 창문에 탈부착이 가능하며 밴더그래프 발전기의 원리를 사용하여 방충망을 대전시켜 미세먼지 등의 유해물질들을 집진 시키는 방충망 필터를 제공하는데 그 핵심 설계 문제가 있다.

### (2) 설계의 독창성 및 접근 방법

#### 1) 설계 방법 및 배경

우선 본 설계물의 근본적 기반인 밴더그래프 발전기는 유연한 절연체로 만들어진 벨트가 다른 종류의 금속 롤러에 걸쳐 있는 모양이다. 롤러는 세로로 세워져 있으며 각각 양쪽 끝에 핀 모양의 금속이 놓여있다. 아래쪽 전극은 접지되어 있으며 위쪽 전극은 덮개와 연결되어있다. 양단의 롤러의 금속성분의 전자 친화도가 달라 롤러가 돌아가며 발생된 정전기 전하는 음전하와 양전하로 나뉘어 쏠린다. 위쪽 롤러의 전하는 다시 근처의 전극을 통해 덮개에 축적된다. 덮개는 주로 구형인데

전하가 꼭짓점으로 모이려는 성질 때문에 균일한 대전력을 위해 곡면을 사용한다. 이 발전기는 전기장의 크기와 덮개의 지름을 곱한 값만큼의 최대 전위차를 가진다. 그러나 일정 전압을 초과할 경우 덮개가 대기와 코로나 방전을 일으켜 그 이상 증가할 수 없다. 표준 온도 압력에서 그 값은 약 30 kV/cm이다.[2]

## 2) 설계의 독창성

선행문헌1: 대한민국 등록특허 제10-1191593호 [3] --> 위 방충망은 2개의 방충망을 설치한 뒤 한 방충망의 진동으로 인한 제 1 방충망과 마찰에 의해 정전기가 발생되어 먼지를 집진하는 특징을 가진다. 하지만, 진동을 이용하기 때문에 습기가 있을 때 사용하지 못하고, 방충망이 최소 2개가 필요하다는 단점이 존재한다.

선행문헌2: KR20160119626A [4] --> 위 방충망은 전류가 흐르는 전도체를 설정하고 이에 미세전류를 흘려 발생시킨 정전기를 이용해 미세먼지를 집진시킨다는 점에서 본 연구와 유사하다. 하지만, 결정적으로 상기 선행문헌은 모든 창문들에 미세먼지를 공급해야 한다는 전력의 소비성과 모든 창문에 전선을 설치하고 연결해야 하는 단점이 존재한다. 이에 따라 정정 기능이 불필요할 시 전원을 껐다 켜야 하는 불편함과 센서 등 청정 기능에 불필요한 부품들로 인한 방충망의 크기와 무게 증감 이어진다. 본 연구는 바람이 불 시, 즉 창문 개방 시 불가피한 환기 상황에서만 청정 기능이 작동하도록 설계하였다.

## 3) 설계의 제약조건 및 문제 해결 방법

우선 정의된 설계문제를 해결하기 위해서는 가장 첫 번째로 밴더그래프의 동력원이 필요하다. 확연한 효과를 기대하기 위해서는 정전기의 역할이 중요하고, 이를 위해서는 밴더그래프를 활용한 정전기 생성이 필연적이다. 그러나 우리는 친환경적인 장치를 목표로하였고, 그것이 더욱 가치 있다고 생각하였다. 따라서 밴더그래프의 톨러를 회전시키는 동력원이 필요하였다. 이를 풍력을 이용하여 해결하고자 하였다.

또한 정전기의 효과 극대화와 효율적인 풍력 활용을 위해 톨러 6개를 설치하였고, 그를 아우르는 큰 틀을 설계하였다. 초반에는 필터와 밴더그래프 형상을 직접적으로 연결하여 반영구적 필터를 제작하려 하였는데, 이후 필터를 교체해 주는 것이 더 효과적일 것이라는 생각이 들어 필터는 교체 가능하게, 그러나 정전기의 효과 또한 누릴 수 있도록 밴더그래프는 금속 틀과 맞닿아 있고, 그 금속 틀에 필터를 끼우는 형식으로 틀을 수정하였다.

제안된 설계기술을 구현하기 위해서는 밴더그래프에 사용되는 금속과 절연체, 벨트, 톨러 부품 및 틀과 필터(금속 방충망과 같은 필터를 얘기하는 것임)를 필요로 한다. 밴더그래프의 경우, 그 규모에 따라 가격이 천차만별이었는데, 40w짜리 반데그래프 B형 sha1484의 경우 약 56만원임을 확인할 수 있었다(다나와 사이트). 그러나 알루미늄 포일 재질을 이용하여 간단하게 제작하는 밴더그래프의 경우 2만원대를 넘지 않는 제품들을 다수 볼 수 있었고, 이러한 제품들도 머리카락을 세우는 등 꽤나 괜찮은 성능을 가졌음을 확인할 수 있었다. 그리고 풍력발전을 위한 프로펠러, 창틀 방충망과 유사한 느낌의 필터 또한 크기와 재질에 따라 가격이 많이 달라졌으나 감당하지 못할 금액이 아님을 확인할 수 있었다. 선풍기 날개의 경우, 16인치짜리를 5000원대에 판매하고 있었고, 방충망의 가격 또한 5만원 이하의 가격대를 쉬이 볼 수 있었다. 따라서 엄청나게 좋은 성능은 아닐지더라도 가정에서 사용하여 일반적인 필터보다 뛰어난 제품을 만들기 위해서는 넉넉히 잡아도 10만원대 이하의 가격대로 구성할 수 있었다.

### (3) 설계 내용

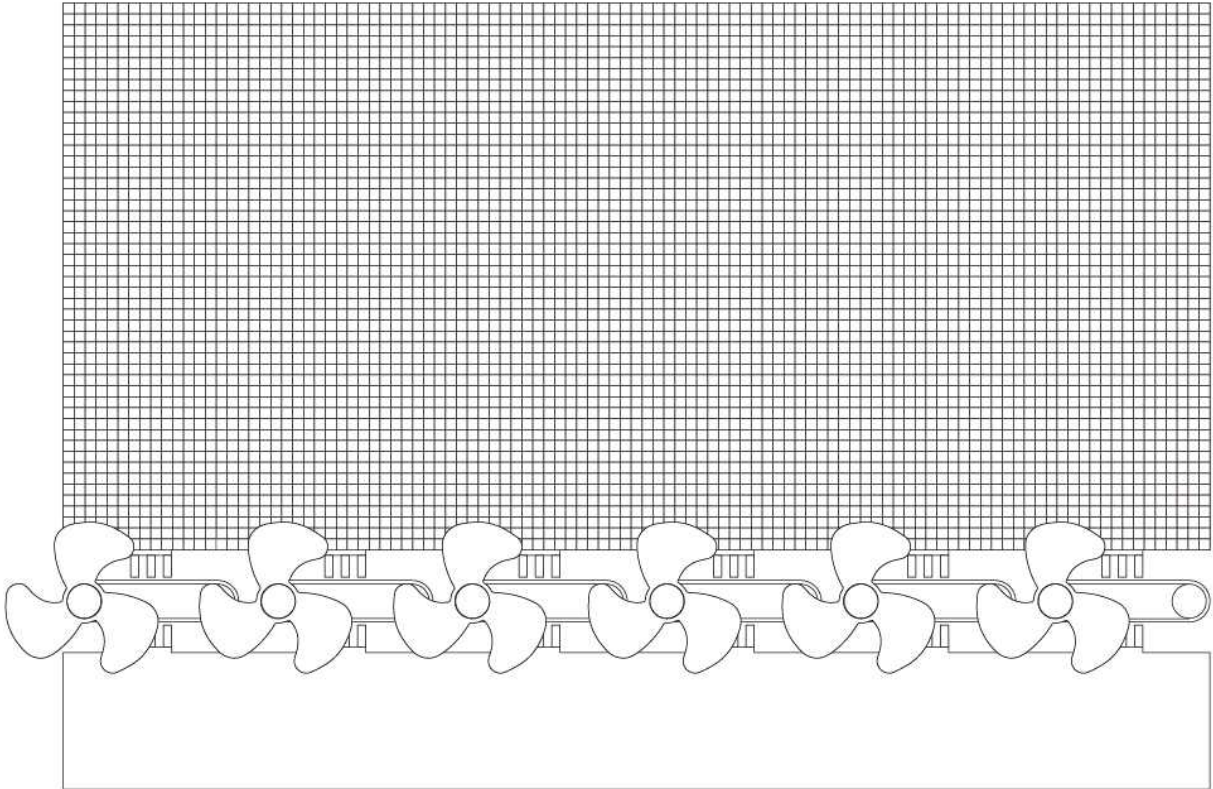


그림 2 전체 2D 설계도

창문에 금속 선들로 이루어진 미세먼지 금속 필터를 설치한다. 금속 미세먼지 필터를 대전시키기 위해서 필터 아래에 금속 브러쉬를 설치하고 이 브러쉬와 마찰하여 대전될 수 있도록 대전열이 작은 재질로 벨트를 설치한다. 벨트의 아래에는 지속적으로 대전시키는 것이 가능하도록 접지 부위와 연결한다. 벨트를 회전시키기 위해 회전축과 팬을 연결한다. 이에 대해 각 부품에 따라 자세하게 설명하겠다.

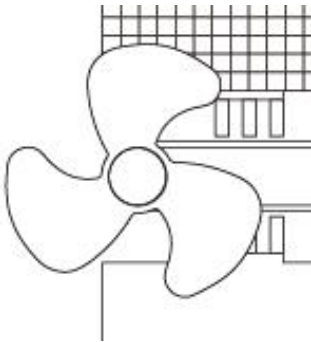


그림 3 풍력 에너지를 포집하는 날개

먼저 날개를 통해 외부에서의 풍력 에너지를 포집한다.

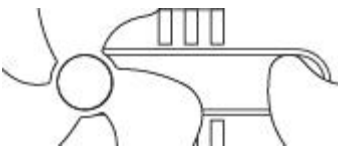


그림 4 날개의 축과 연결된 벨트



벨트를 날개의 축과 연결하여 바람에 의해 날개가 회전하면 벨트가 같이 회전하게 된다.

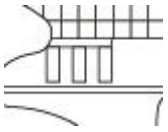


그림 5 벨트와 마찰이 일어나는 금속 브러쉬

벨트가 회전하며내서 금속 브러쉬가 마찰이 일어나고 대전열에 따라 금속 브러쉬가 대전 된다.

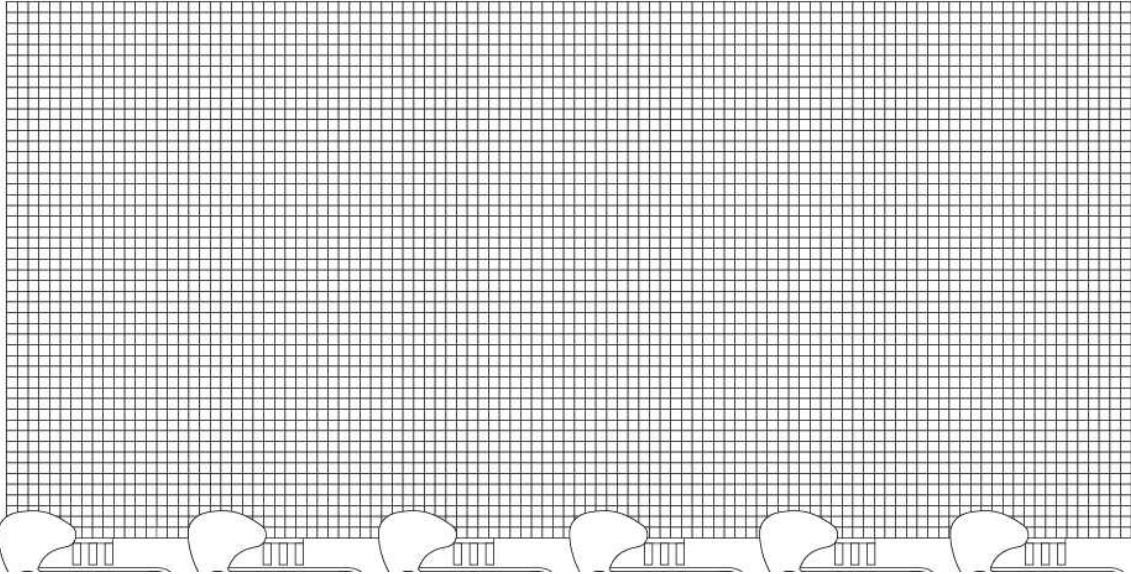


그림 6 다수의 브러쉬와 연결된 금속 필터  
각 금속 브러쉬가 대전되면 금속 필터 전체가 대전된다.

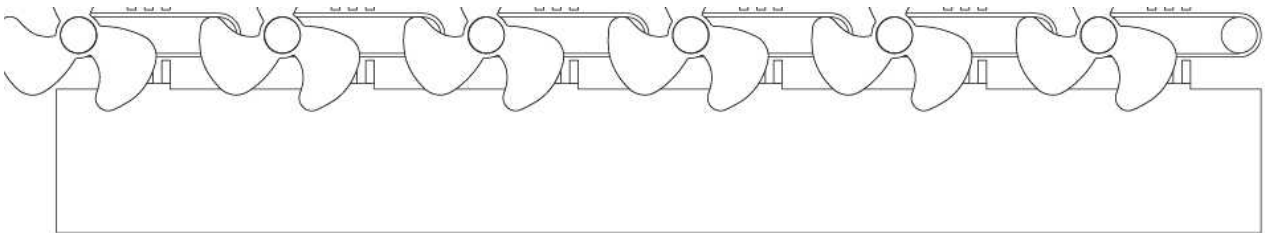


그림 7 전하를 지속해서 공급해 주기 위한 접지 장치

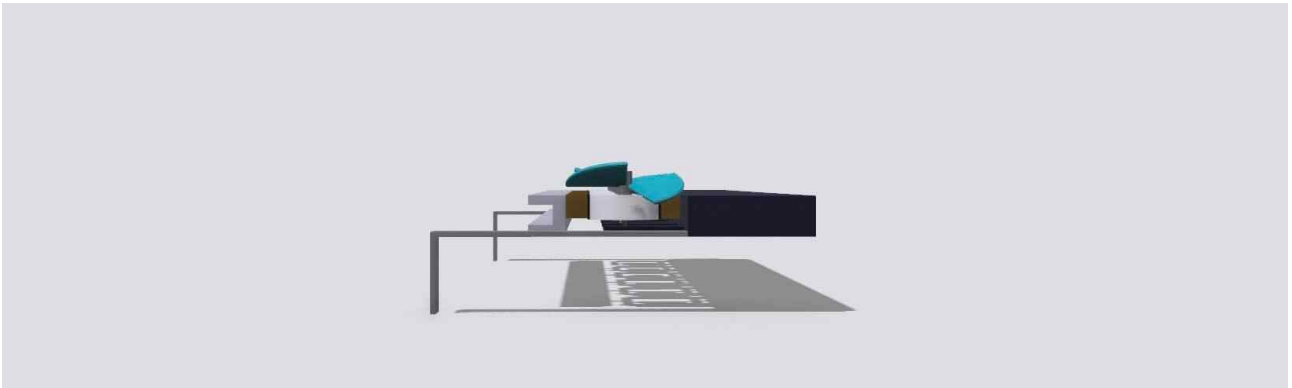
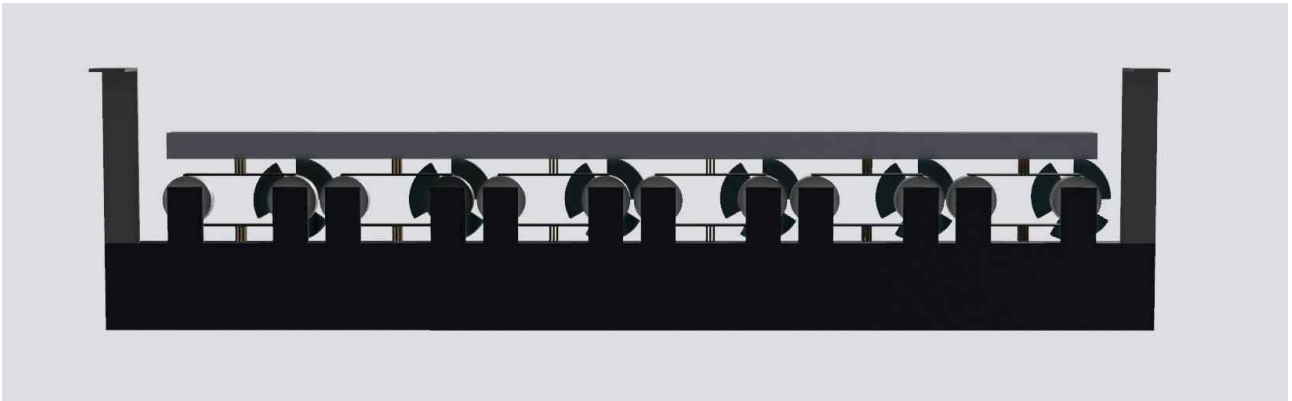
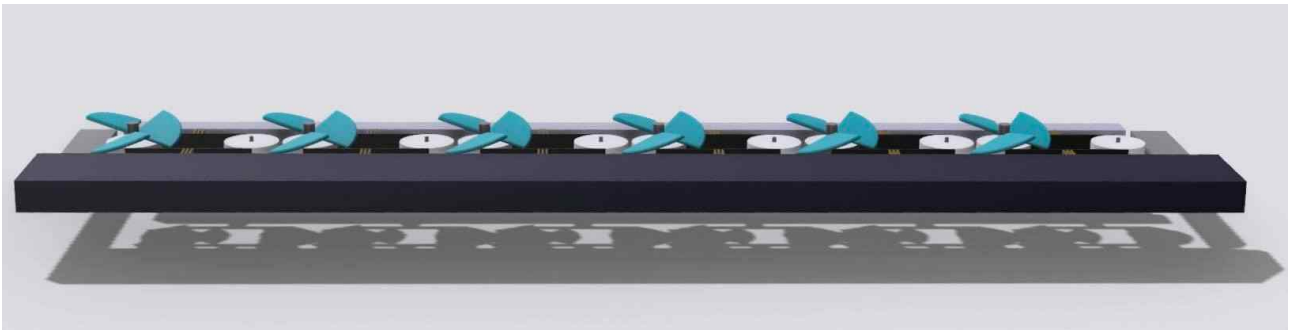
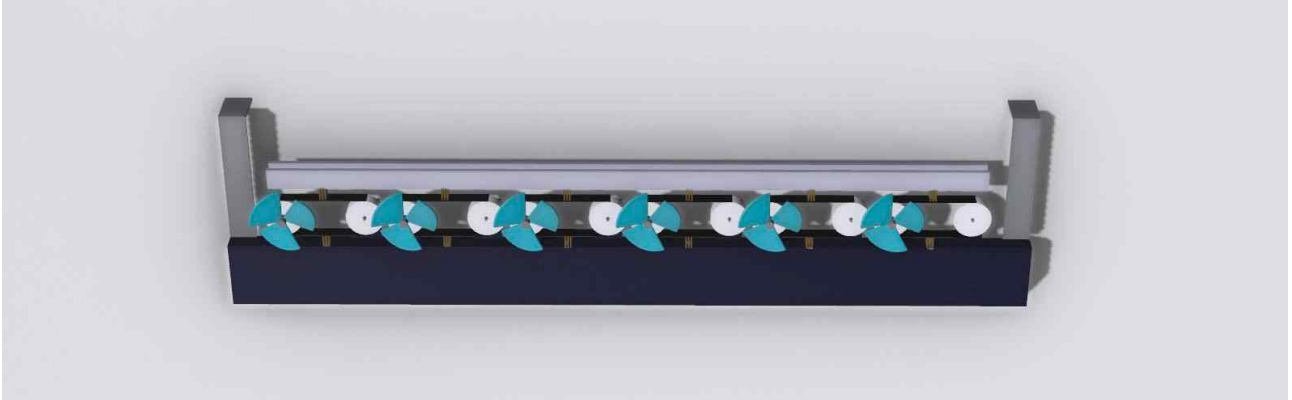
발전 장치에서 전하를 지속해서 공급해 주기 위해서는 벨트를 접지시켜주는 장치가 필요하다. 따라서 벨트에 필터와 연결된 금속 브러쉬 같이 아래에 금속 브러쉬와 접지 장치를 연결 시켜주어 접지할 수 있도록 한다.

### 3. 설계 수행 일정

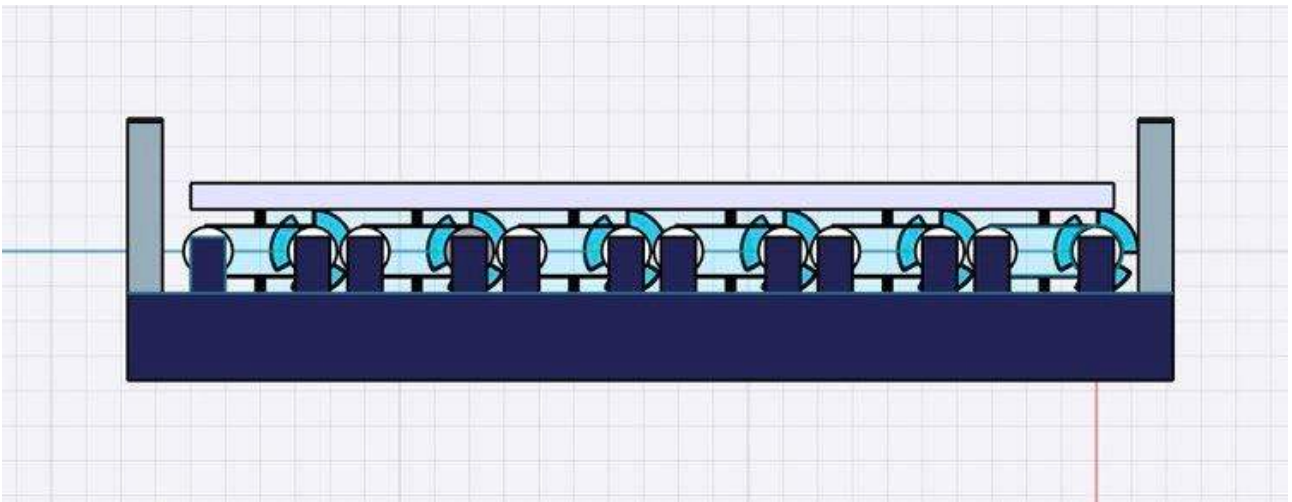
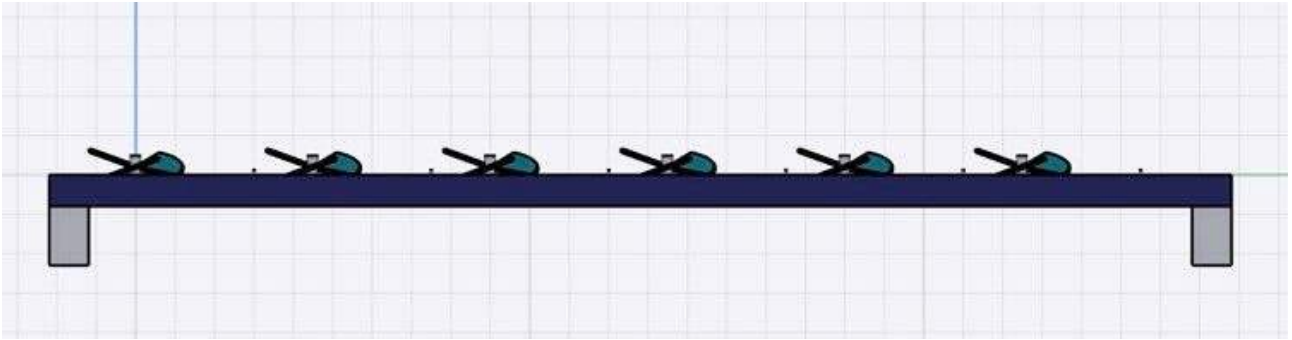
설계 진행 내용	4월	5월	6월	7월	8월	9월
주제 구체화 및 목표 설정						
배경이론 및 기본원리 학습						
기능 및 대략적인 설계 고안						
2D 도면 작성						
문제점 파악&피드백						
3D 모델링						

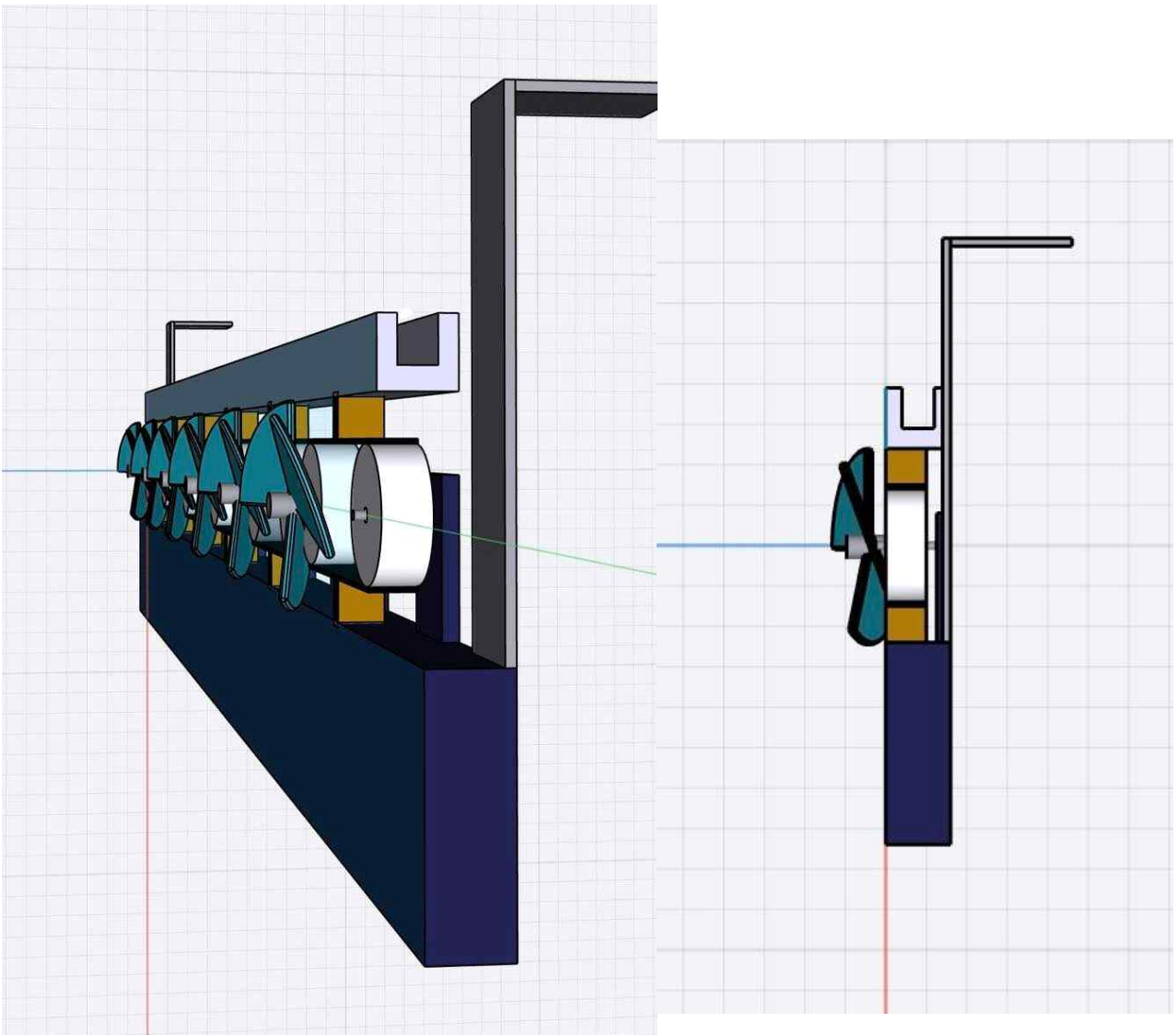
#### 4. 설계 결과물

##### (1) 최종 결과물 형상 및 작동원리









- 상단의 대칭된 'ㄱ'자 모양의 걸이를 통해 창틀에 본 기기를 창틀에 걸어 탈부착 가능하다(기존 2D와의 차별화된 점)
- 흰색 틀과 밴더그래프 부가 연결되어 정전기를 전달한다
- 흰색 틀에 교체 가능한 필터를 끼워 교체 가능하다
- 6개의 프로펠러를 통해 풍력으로 롤러를 회전시킨다
- 밴더그래프 부에는 벨트를 통해 정전기를 발생시킨다

## (2) 최종설계 결과물의 장단점 및 의의

장점:

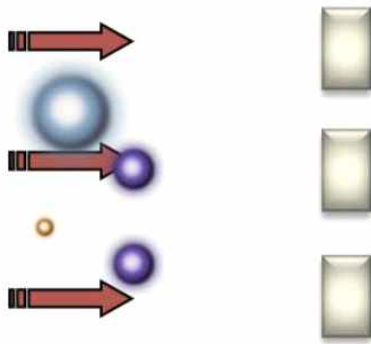


그림 16 직접 여과 효과에 의한 일반적인 필터

일반적인 미세먼지 필터의 경우 먼지 입자의 크기가 필터 재질이 구성하고 있는 기공의 크기보다 커 통과하지 못하고 걸리는 직접 여과 효과를 이용한 필터이다. 따라서 대부분의 먼지 입자가 크기 차이를 통해 걸리므로 크기가 작은 먼지 입자 즉 미세먼지와 초미세 먼지를 제거하기 어렵다. 이 장치의 경우 필터를 지속해서 대전시켜서 직접 여과 효과뿐만 아니라 정전기적 여과 효과를 적용하였다. 이를 통하여 입자의 크기가 작은 미세먼지와 초미세 먼지 또한 제거할 수 있어 집진 효율을 높일 수 있다. 또한, 대전시키는 발전기에서 모터와 같이 전기 에너지를 공급해야 작동하는 장치를 사용하지 않고 풍력 에너지를 이용해서 벨트를 회전시키도록 설계하였기 때문에 에너지 면에서도 훌륭하다.

단점:

필터가 항상 대전해 있는 상태를 유지하기 때문에 인체와 접촉하면 전류가 흐를 수 있다. 따라서 필터 바깥쪽에 인체와 접촉하였을 때 전류가 흐르지 못하도록 부도체층을 설치해야 하는 번거로움이 있다. 또, 풍력 에너지를 기반으로 하는 장치이기 때문에 날씨의 영향을 많이 받는다. 바람이 잘 불지 않거나 비가 와서 필터에 물방울과 같은 불순물이 붙는 경우 집진 효율이 떨어질 수 있다.

의의:

미세먼지 필터의 효율을 높이기 위해 정전기적 인력이라는 새로운 방식의 접근을 한 부분과 금속을 대전시키는 장치인 밴더 그래프 발전기의 원리를 미세먼지 집진 필터에 적용하였다는 점에서 의의가 있다. 또한 일반적인 필터, 그리고 공기청정기의 장점을 혼합하여 친환경적인 고성능의 대기 여과 장치를 고안해내었다는 데에 차별화가 있다.

## 5. 활용방안 및 기대효과

앞서 말한 바와 같이 미세먼지 필터를 창문에 설치하여 외부 공기의 미세먼지를 제거하여 정화하는 효과가 있다. 이외에도 유해 먼지 입자가 발생하는 산업 현장이나 공장의 기계에서 사용할 수 있다. 이때의 경우 유해 먼지 입자가 포함된 공기가 흐르는 쪽으로 팬의 위치를 이동시키면 전기 에너지를 사용하지 않고 집진 효과를 얻을 수 있다.

### <참고문헌>

- [1] 최종규, et al. "미세먼지의 질병에 미치는해성." 생명과학회지 30.2 (2020): 191-201.
- [2] 진수영. 고등학교 전자기 단원 수업과 연계한 온라인 질의응답 활동에서 지식의 공동 구성 분석. Diss. 서울대학교 대학원, 2019.
- [3] 대한민국 등록특허 제10-1191593호
- [4] KR20160119626A