

대한기계학회 주최

제12회 전국학생설계경진대회(2022년)

설계 최종 보고서

참가부	고등부 (<input checked="" type="radio"/>)				
참가분야	공모주제 (<input type="checkbox"/>) / 자유주제 (<input checked="" type="checkbox"/>)				
참가팀명	거위의 꿈				
설계제목	폐기 서틀콕의 깃털, 코르크 재활용을 위한 서틀콕 분리 및 수거 장치				
지도교수/교사	(소속)인천과학예술영재학교 (성명) 김형섭				
대표자 (신청인)	성명	소속	연락처 (휴대폰)	E-mail	주소
	김현수	인천과학예술영재학교			

참가팀원 인적사항

NO	성명	소속 / 학년	E-MAIL
1	김현수	인천과학예술영재학교/1학년	
2	곽명준	인천과학예술영재학교/1학년	
3	박시언	인천과학예술영재학교/1학년	
4	김정우	인천과학예술영재학교/1학년	
5			
6			

설계 요약문

참가분야	공모주제 () / 자유주제 (o)
참가팀명	거위의 꿈
설계제목	폐기 셔틀콕의 깃털, 코르크 재활용을 위한 셔틀콕 분리 및 수거 장치
대표자명	김현수
요약문	<p> ■ 설계 필요성 및 목적 셔틀콕 제작을 위한 거위 깃털 채취 과정에서 동물 학대에 관련한 윤리적 문제가 있고, 배드민턴 동호회실이나 체육시설 등에서 셔틀콕 깃털이 부분적으로 훼손되더라도 쉽게 버려지고 있으며, 그 버려지는 양이 상당히 많다는 점 등을 해결하기 위해 버려진 셔틀콕에서 재활용 가능한 깃털을 회수할 수 있는 장치 제작의 필요성이 있다고 판단하였다. </p> <p> ■ 설계 내용 본 팀은 폐기 셔틀콕의 깃털을 재활용 가능 여부에 따라 분류하고자 하여 본 설계를 하였다. < 장치의 3가지 공정 > 1. 셔틀콕 빼내기 (로봇팔 1) 조도 센서를 이용해 셔틀콕이 특정 위치에 존재하는지 판별하면 고정실 제거 작업이 개시 2. 고정실 제거 (레이저와 조도 센서, 아두이노, 로봇팔 1, electric scissors) 셔틀콕의 조도 센서를 이용해 깃털이 모두 잘 뽑혔는지 판별하면 3. 깃털 뽑기 후 분류 (로봇팔 1, 로봇팔 2, 웹캠, 기계 학습된 AI 모델, 컨베이어 벨트) </p> <p> ■ 설계 결과 조도 센서를 이용해 셔틀콕이 특정 위치에 존재하는지 판별하면 고정실 제거 작업이 개시 셔틀콕의 깃털이 모두 잘 뽑혔는지 판별했고, 아두이노를 이용해 다음 공정의 개시 신호를 보냈다. 이미지 인식 기술과 기계학습으로 학습된 인공지능 모델로는 ssd mobilenet를 제작했다. </p> <p> ■ 기대효과 이렇게 설계된 기계를 통해 재활용 여부에 따라 깃털을 분류할 수 있고, 그 결과 무분별하게 버려지는 수많은 셔틀콕의 재활용이 가능해진다. </p>
설계프로젝트의 입상 이력	해당 사항 없음

1. 설계의 필요성 및 목적

본 연구팀은 쓰레기 문제의 심각성을 토대로 이를 해결하기 위한 방법을 탐구하게 되었다. 그러던 중 무분별하게 버려지는 배드민턴 셔틀콕의 재활용 문제에 대해 알게 되었고 조금의 손상에도 쉽게 버려진다는 셔틀콕의 단점을 보완하기 위해 본 설계를 진행하게 되었다. 배드민턴을 치다 보면 셔틀콕이 훼손되는 일을 매우 쉽게 관찰할 수 있다. 그 이유는 배드민턴 셔틀콕의 특성상 깃털 하나만 훼손되었다 해도 셔틀콕이 비행하는데 큰 장애를 일으키며 이로 인해 경기 진행이 불가능해지기 때문이다. 이렇게 무분별하게 버려진 셔틀콕의 대부분은 생활 특수 폐기물로 분류된 후 재활용 과정 없이 곧바로 폐기 및 소각되는 절차를 밟게 된다. 또한 셔틀콕에 사용되는 깃털들의 대부분은 거위의 깃털을 사용한다. 하지만 이러한 거위의 깃털을 채취하는 과정에서 살아있는 거위의 날개 속 털을 강제로 잡아 뜯어내는 과정으로 깃털이 채취된다. 이렇게 깃털이 뜯어져 나간 거위들은 살점도 떨어져 나가기도 하며 그 자리에서 바로 붕합 수술을 받기도 한다. 이는 뜯긴 살점을 껌매어 다시 또 깃털을 채취하기 위해서이다. 이러한 채취 방식에 대하여 논란이 생겨 유럽 연합은 살아있는 상태에서 거위의 깃털을 채취하지 말 것을 권고했지만, 이는 권고사항일 뿐 시행하지 않아도 무방하여, 위와 같은 문제는 현재도 전혀 개선되지 않고 있다. 이러한 비윤리적인 채취 방법에 있어 현재 동물학대 여부에 대한 논란이 계속되어 지고 있다. 본 연구팀은 이에 따라 버려지는 셔틀콕의 재활용의 필요성을 판단하였고, 조사를 통해 버려진 셔틀콕 깃털의 상당수와 코르크 부분의 재활용 가능성이 충분함을 탐구할 수 있었다. 이러한 재활용 가능성을 셔틀콕 분리 및 분류장치 설계를 통해 이루고자 하게 되어 본 설계를 시작하게 되었다.



살아있는 채로 털이 뜯긴 거위
(출처 : Friedrich Mülln)



손상된 셔틀콕 (출처: shutterstock)

2. 설계 핵심 내용

(1) 설계 문제의 정의

배드민턴 경기 특성상 경기 도중 셔틀콕 깃털의 손상이 쉽게 발생하는데, 셔틀콕의 깃털이 손상되면 셔틀콕이 비행하는데 큰 장애를 일으켜 바로 폐기 및 소각되는 경우가 대부분이다. 이는 환경 오염에 기여하는 하나의 원인이 될 수 있다. 또한 셔틀콕에 사용되는 깃털의 대부분은 거위의 깃털을 사용하는데, 거위의 털은 거위를 산 채로 잡아 놓고 털을 강제로 뜯어내어 털을 채취한다. 이렇게 비윤리적인 방법으로 우리의 털을 채취하는 문제는 전혀 개선이 이루어지지 않고 있다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해 셔틀콕의 깃털이 재활용 가능성을 탐구하게 되었으며, 재활용의 가능성이 충분하다고 판단하여 아래와 같은 설계를 진행하게 되었다.

(2) 설계의 독창성 및 접근 방법

1) 설계 방법 및 배경

셔틀콕으로부터 깃털을 뽑아내려면 깃털들을 묶고 있는 고정실 2개를 제거한 후 뺨치로 깃털을 하나하나 뽑아내야 한다. 본 설계는 셔틀콕 적재함, 로봇팔1(그리퍼), 로봇팔2(뺨치), electric scissors, 조도센서, 아두이노, 컴퓨터, 웹캠, 컨베이어 벨트, 수거함 2개(재활용 가능, 손상)로 구성된다. 셔틀콕의 깃털을 로봇팔1, 2와 electric scissors로 모두 제거한다. 제거한 깃털을 웹캠으로 촬영해 이미지 인식 기술과 기계학습으로 학습된 인공지능 모델을 이용하여 재활용 가능한 깃털과 손상된 깃털을 구분하여 분리하도록 설계하였다.

총 공정은 4가지 공정이 있으며, 1. 셔틀콕 빼내기, 2. 고정실 제거, 3. 깃털 뽑기 후 분류가 바로 그것이다. 각 공정은 아두이노 보드의 신호에 의해 개시된다. 이미지 인식기술과 기계학습으로 학습된 인공지능 모델로는 ssd mobilenet를 제작했다. 조도센서를 이용해 셔틀콕이 특정 위치에 존재하는지 (셔틀콕의 깃털이 모두 잘 뽑혔는지. 이걸 조도센서 민감도에 따라..) 판별했고, 아두이노를 이용해 다음 공정의 개시 신호를 보냈다. 이렇게 설계된 기계를 통해 재활용 여부에 따라 깃털을 분류할 수 있고, 그 결과 무분별하게 버려지는 수많은 셔틀콕의 재활용이 가능해진다.

2) 설계의 독창성

- <1. 국립중앙과학관 홈페이지 검색>

(<http://www.science.go.kr/>)

※ 검색어 : 셔틀콕 분리, 셔틀콕 재활용

※ 관련검색결과 : ① 셔틀콕의 변신(1)

The screenshot shows the search results for '셔틀콕 분리' on the National Science Museum website. The search bar contains '셔틀콕 분리' and the results show 2 items. The first result is '셔틀콕의 변신' (Transformation of Shuttlecock) with a thumbnail image. The second result is '강도의 원리를 이용한 쉽게 꺼내는 분리형 셔틀콕 통' (Separable Shuttlecock Container Using the Principle of Strength for Easy Removal) with a thumbnail image. The search results are displayed in a grid format with a search bar at the top and a list of results below.

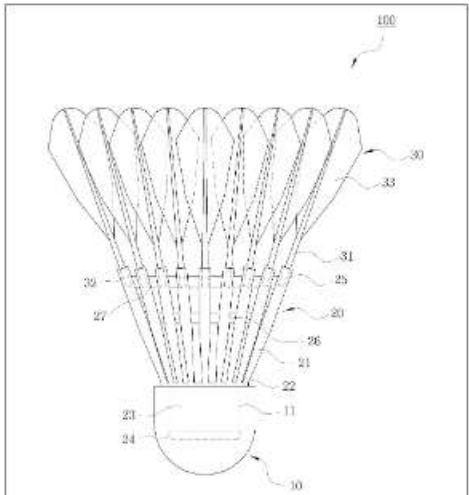
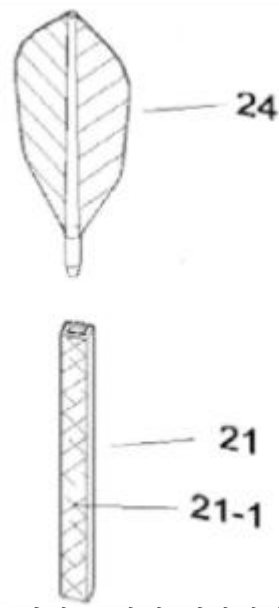
검색 결과, 셔틀콕 분리 후 재활용 관련된 선행 연구가 있었으나, 활용 방식에 있어 매우 큰 차이가 있어 본 연구와는 차별성이 존재한다.

- <2.. 유사특허 검색 (Kipris 검색)>

※ 검색어 : 셔틀콕 분리, 셔틀콕 재활용

※ 관련검색결과 :

- (1). 분리체결식 배드민턴 셔틀콕(Divisible and combinable badminton shuttlecock)
- (2). 배드민턴용 셔틀콕용 깃털 및 이를 이용한 배드민턴용 셔틀콕(Feather for shuttlecock, shuttle for badminton)

IPC코드 : A63B	IPC코드 : A63B
▶ 출원번호: 1020080047386	▶ 출원번호 : 1020190065748
▶ 발명의 명칭 : 분리체결식 배드민턴 셔틀콕(Divisible and combinable badminton shuttlecock)(1)	▶ 발명의 명칭 : 배드민턴용 셔틀콕 깃털 및 이를 이용한 배드민턴용 셔틀콕(Feather forshuttlecock, shuttle for badminton)(2)
 <p>☞일반 셔틀콕과는 달리, 깃털 부분과 깃털대 부분을 분리할 수 있는 구조로 재활용하기 쉬운 형식으로 변환시킨 셔틀콕</p>	 <p>☞깃털대의 길이를 짧게 변화시키고, 추가적인 대와 연결하는 형식으로 견고하며 가격이 저하되는 장점을 유도한 셔틀콕</p>

※차별성 : 두 특허 모두 깃털과 깃털대를 분리하기 쉬운 형식으로 변환시켰다. 본 연구와 비교하여 배드민턴 셔틀콕을 분리하여 재활용한다는 생각은 동일하나, 새로운 셔틀콕을 제작하는 것이 아닌, 평소 사용하고 있는 셔틀콕을 재활용한다는 점에서 극명한 차이점을 보인다. 본 연구는 실생활에서 방대하게 버려지는 셔틀콕을 재활용한다는 연구 목적을 가지고 있기 때문에 위의 유사 연구작들과는 차별점을 갖는다. 또한 깃털을 하나하나 손수 분리해야 하는 위의 특허품들과는 달리, 사용된 셔틀콕에서 깃털을 분리하고 분류하여 수집하는 과정을 기계화했고, 이미지 인식기술과 기계학습으로 학습된 인공지능을 이용하여 재활용이 가능한 깃털과 그렇지 않은 깃털을 구분했다는 점에서 큰 차별성이 있다.

3) 설계의 제약조건 및 문제 해결 방법

셔틀록에서 깃털들을 분리해낸 후 채취된 깃털들이 재사용이 가능한 깃털인지 아닌지 구분하는 공정의 어려움이 있었다. 이러한 구분을 수작업으로 진행하기에는 비용적인 문제와 효율성 문제 등 많은 문제점이 있다. 따라서 이러한 과정을 해결하기 위해 이미지 인식기술과 기계학습으로 재사용 가능한 깃털과 재사용이 불가능한 깃털을 구별 가능하게 하는 인공지능 모델을 제작하였다. 이를 이용하여 분리해낸 깃털을 재사용이 가능한 깃털과 불가능한 깃털을 분리하도록 하여 문제를 해결하였다.

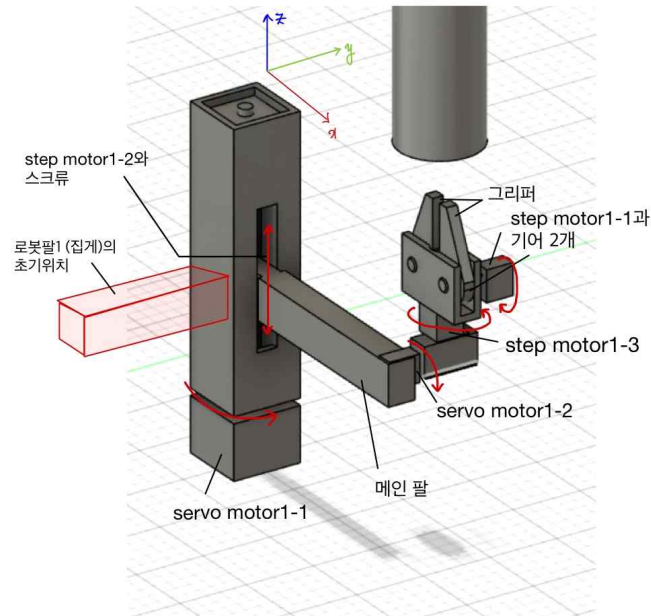
(3) 설계 내용

- 설계 도면에서 방향은 ‘오른나사 규칙’을 기준으로 표기하였다.
- 2가지 motor(step motor, servo motor)를 사용한다. step motor는 360도로 미세한 회전각 조절이 가능하고, servo motor는 최대 180도까지만 회전이 가능하며 회전각 조절이 step motor에 비해서는 둔감하다.

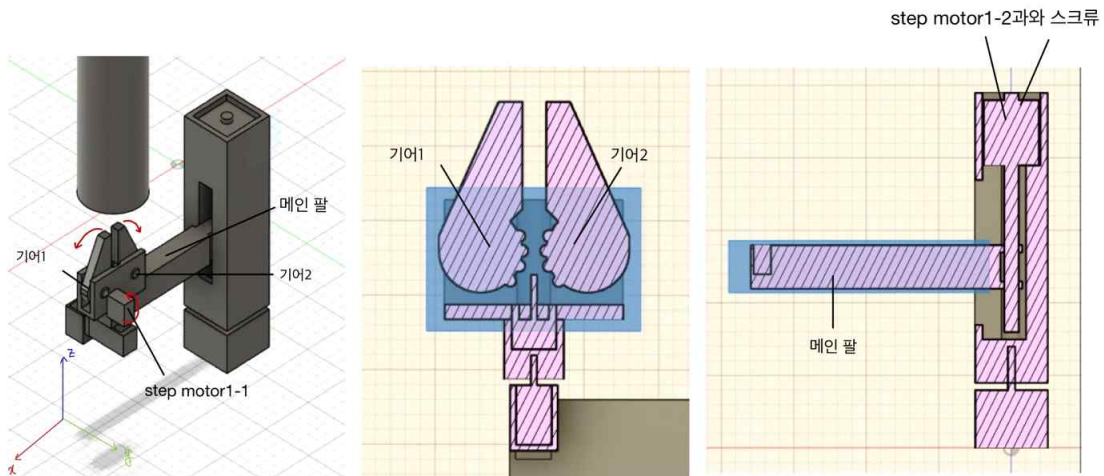
㉠ 초기 단계

- 수집된 셔틀록들이 수직적인 분포로 셔틀록 적재함 안에 정렬되어 있음
- 셔틀록 적재함과 테이블에 고정되어 있음

① 셔틀록 빼내기 : 로봇팔 1의 작용(모터 5개)



- ㉠ 셔틀록 적재함 가장 아래에 위치한 셔틀록의 코르크 부분 잡기 (step motor1-1, 기어 2개)
- ㉡ 잡은 셔틀록 뽑아 내림 (step motor1-2, 스크류)
- ㉢ 셔틀록을 잡은 상태로 로봇팔 1이 +z축으로 90도 회전 (servo motor1-1)
- ㉣ 이때 셔틀록이 바로 아래 위치한 조도 센서를 가림. 조도 센서 값이 특정 값보다 작아지면 electric scissors가 작동을 시작함 (조도센서는 빛의 세기가 밝을수록 큰 값을 출력한다). 그리고 동시에 팔 전체가 +y축으로 90도 회전하여 셔틀록의 깃털들이 +x축을 바라보게 함 (servo motor1-2)

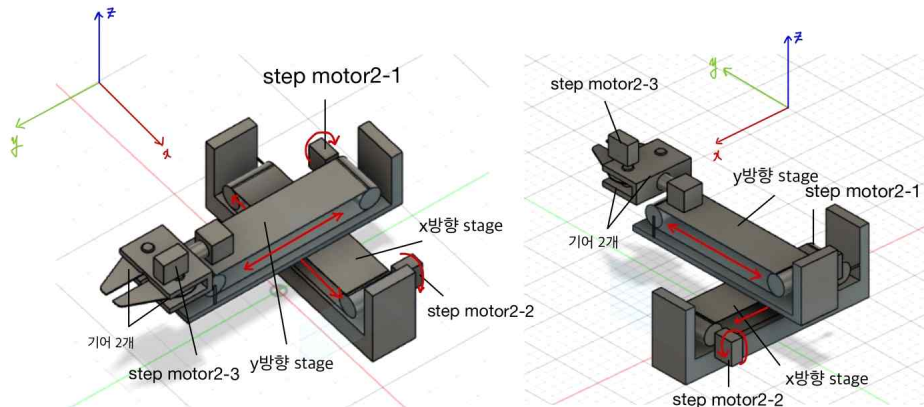


<Fig. 2> 로봇팔 1과 그 단면

<Fig. 2>를 보면 로봇팔 1의 집계의 작동원리와 z축 방향 움직임 원리를 알 수 있다. 우선 집계의 작동원리는 다음과 같다. step motor1-1는 2개의 기어 중 기어1에만 달려있다. step motor1-1가 +y축 방향으로 회전하면 그에 따라 모터에 연결된 기어1도 +y축으로 회전하고 그에 따라 기어2는 맞물려서 -y축으로 회전한다. 그렇게 집계는 벌어지고 모아짐을 반복한다.

그리고 로봇팔 1의 z축 방향 움직임은 step motor1-2과 스크류에 의해 이루어진다. step motor1-2이 돌아가면 스크류가 회전하며 그에 따라 메인 팔이 +z축 또는 -z축으로 병진 운동을 한다. 이는 볼트와 너트의 원리와 유사하다.

② 고정실 제거 : electric scissors의 작용(스텝모터 3개, 벨트, 기어 2개)

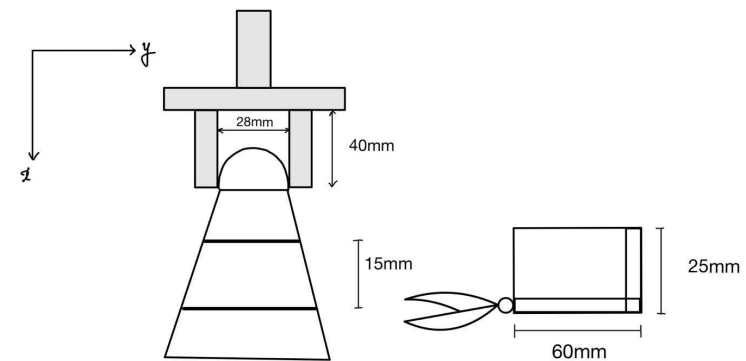
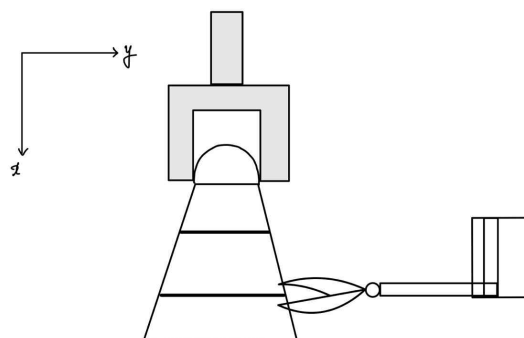
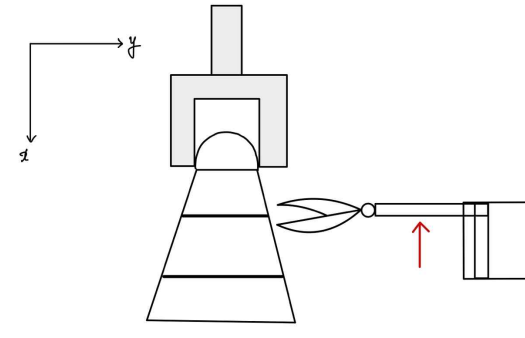
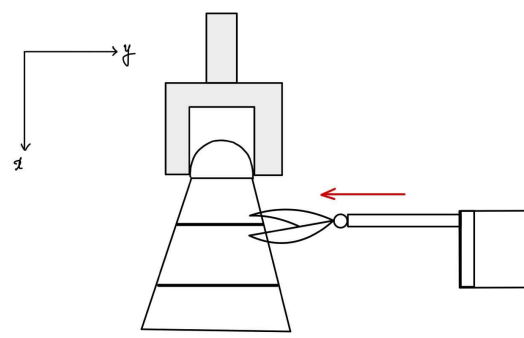
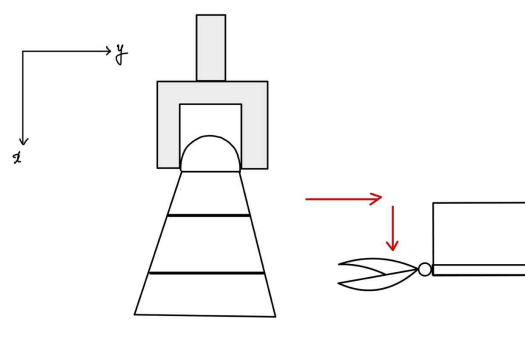
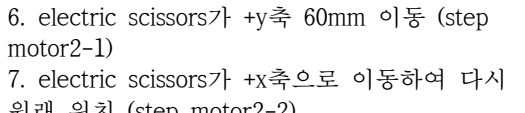


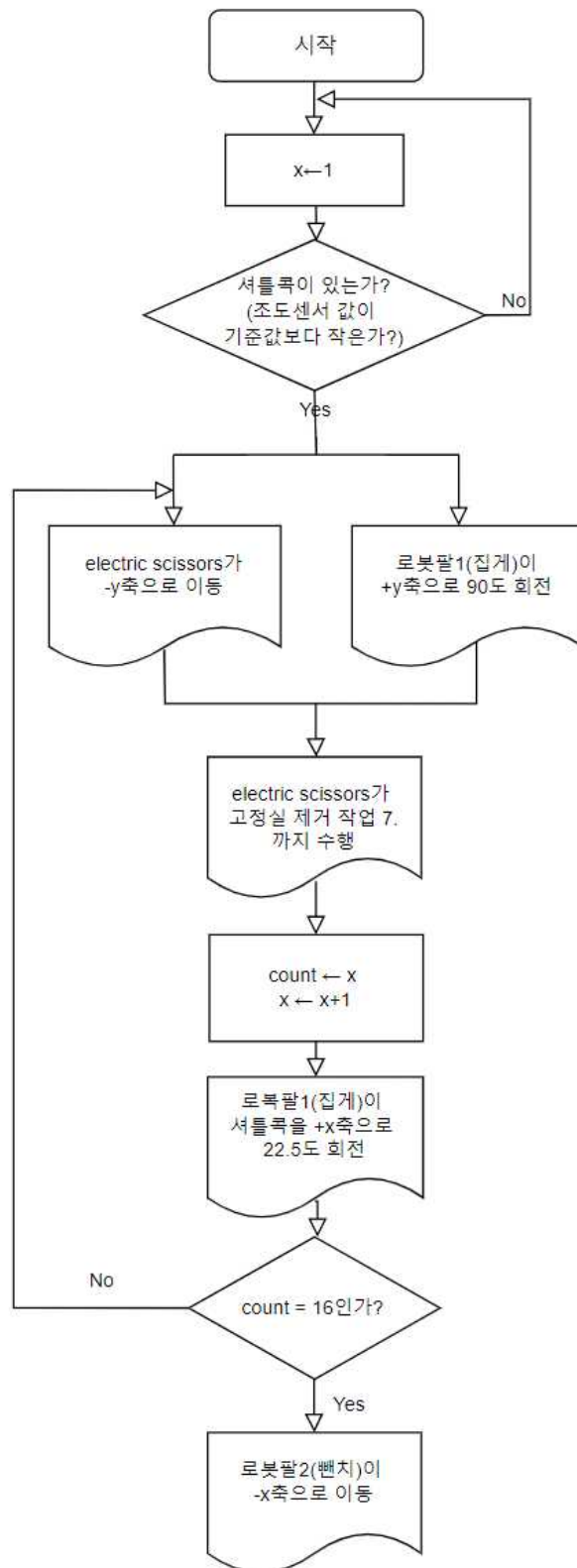
<Fig. 3> electric scissors

- Ⓐ electric scissors가 -y축으로 이동 (step motor2-1)
- Ⓑ electric scissors가 바깥쪽 실 끊기 (step motor2-3, 기어 2개)
- Ⓒ electric scissors가 -x축 이동 (step motor2-2)
- Ⓓ electric scissors가 -y축 이동 (step motor2-1)
- Ⓔ electric scissors가 안쪽 실 끊기 (step motor2-3, 기어 2개)
- Ⓕ electric scissors가 +y축 60mm 이동 (step motor2-1)
- Ⓖ electric scissors가 +x축으로 이동하여 다시 원래 위치 (step motor2-2)
- Ⓗ electric scissors가 7.까지 마치면 로봇팔 1은 셔틀록을 +x축으로 $360/16 = 22.5$ 도 회전한다. (step motor1-3)

electric scissors는 x-y 평면에서 작동한다. x-y stage는 2개의 step motor와 2개의 벨트로 구성된다. step motor의 회전 방향에 따라 벨트의 이동 방향이 정해지고, 벨트 위에 올려진 electric scissors가 움직이는 방식이다. 예를 들어, step motor2-1이 -x축 방향으로 회전하면 y 방향 stage가 -y축 방향으로 움직인다. 가위 칼날의 작동원리는 위에서 기술했던 로봇팔 1의 집게 작동원리와 동일하다.

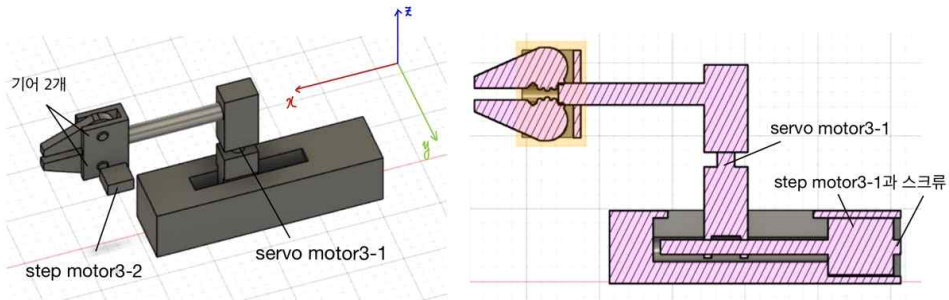
<table 1> electric scissors의 고정실 제거 작업 1~7.

	
	
<p>1. electric scissors가 -y축으로 50mm 이동 (step motor2-1) 2. electric scissors가 바깥쪽 실 끊기 (step motor2-3, 톱니바퀴 2개)</p>	<p>3. electric scissors가 -x축으로 15mm 이동 (step motor2-2)</p>
	
<p>4. electric scissors가 -y축으로 10mm 이동 (step motor2-1) 5. electric scissors가 니퍼로 안쪽 실 끊기 (step motor2-3, 톱니바퀴 2개)</p>	
	<p>6. electric scissors가 +y축 60mm 이동 (step motor2-1) 7. electric scissors가 +x축으로 이동하여 다시 원래 위치 (step motor2-2)</p>

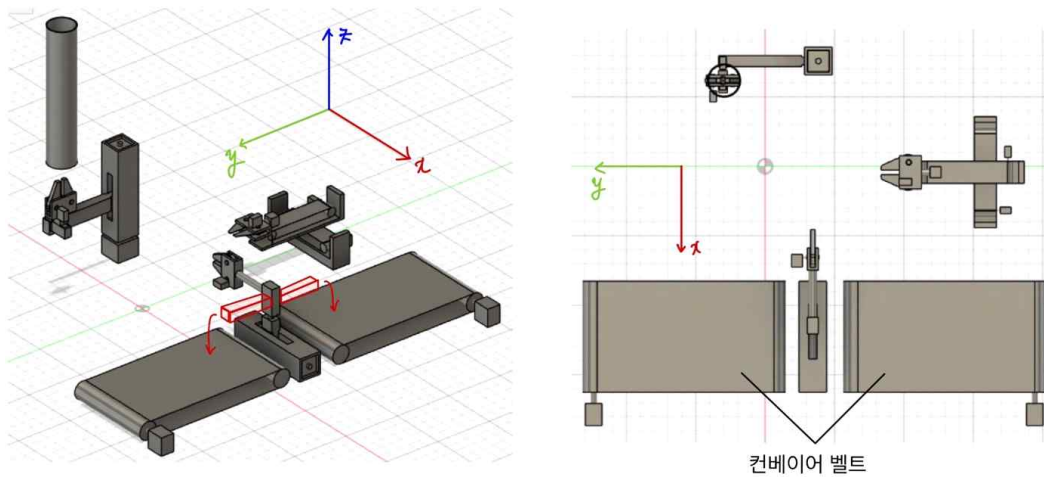


<Fig. 4> 고정실 뽑기 작업의 개시~종료 순서도

③ 깃털 뽑기 후 분류 : 로봇팔 2의 작용 (스텝모터 1개, 서보모터 1개, 톱니바퀴 2개)



<Fig. 5> 로봇팔 2와 그 단면



<Fig. 6> 깃털의 분류

- ㉔ 로봇팔 2가 $-x$ 축으로 이동(step motor3-1과 스크류)
- ㉕ 로봇팔 2가 뺨치를 모아 깃털 잡기(step motor3-2와 기어 2개)
- ㉖ 다시 $+x$ 축으로 이동하여 깃털 하나를 뽑음
- ㉗ 이제 로봇팔 2와 깃털은 CAM 아래 위치하게 되며, CAM은 기계학습을 통해 사용 가능 여부를 판단하고 아두이노로 0 또는 1의 신호를 보냄
- ㉘ 신호가 0(재활용 가능)이면 $+z$ 축으로 90도 회전 / 신호가 1(손상)이면 $-z$ 축으로 90도 회전
- ㉙ 뺨치를 벌려 깃털을 떨어뜨린다. 떨어진 깃털들은 각각의 컨테이너 벨트를 타고 이동하여 수집함에 수집된다.
- ㉚ 조도센서로 더 이상 남은 깃털이 없음을 감지하면, 코르크를 붙잡고 있는 로봇팔 1은 코르크를 떨어뜨린다.

로봇팔 2의 뺨치의 작동원리 또한 위에서 기술했던 로봇팔 1의 집게, electric scissors의 가위 칼날의 작동원리와 동일하다. x 축 방향 움직임의 작동원리 역시 위에서 기술했던 병진 움직임 작동원리와 동일하다.

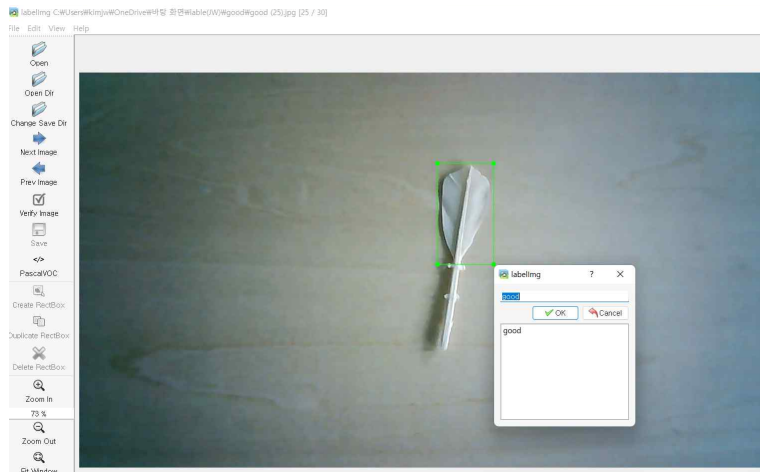
로봇팔 2의 분류 단계의 판단을 제시하는 이미지 인식기술과 기계학습으로 학습된 인공지능 모델에 대한 설명은 아래와 같다. 우선 본 인공지능 모델의 총체적인 목표는 사용자가 제시한 셔플룩 깃털이 재사용 가능 여부에 따라 실시간으로 분류함에 있다. 또한 제작한 본 모델은 기본적으로 tensorflow 환경에서 제작을 진행하였으며 ssd mobnet의 모델을 사용하였으며 추가로 사용한 tensorflow version에 해당하는 CUDA와 cuDNN을 사용하였다.

<Table 2> 사용한 Traing Model 정보

Modelname	Speed(m/s)	COCOmAP	Outputs
SSD MobileNet V2 FPNLite 320x320	22	22.2	Boxes

CUDA	cuDNN
cuda_11.6.2_windows	cuDNN v.8.5.0[August 8th,2022]

해당 모델의 분류기준을 제시(학습) 시키는 과정에 있어 자료는 직접 수집한 이미지 자료를 사용했으며 image detection의 Output으로 제시될 Box는 각각의 이미지 자료의 탐색영역을 설정하기 위해 labeling을 진행하여 학습자료로 사용하였다.

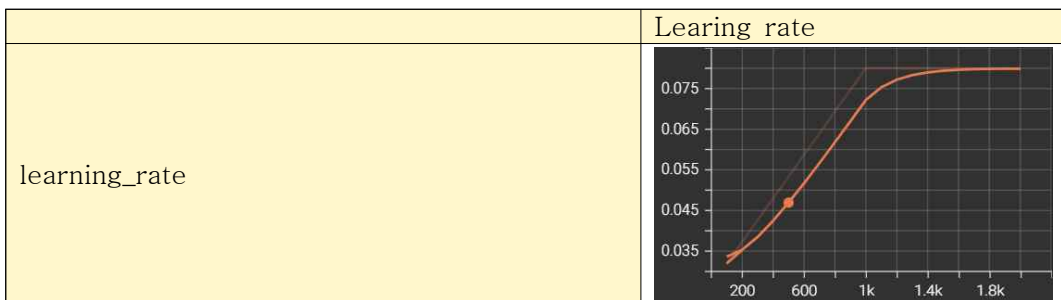


<Fig. 7> 수집한 이미지 자료의 labeling 작업

해당 사진에서 볼 수 있듯, 셔플룩의 깃털 부분을 탐색영역으로 설정하였으며 설정한 이미지 분류기준(재활용 가능 : good, 재활용 불가능 : bad)에 대해 각각 100개의 자료를 사용하여 training을 진행하였다.

이와 같이 수집한 데이터를 사용한 training은 위에서 언급한 ssd mobnet을 기반으로 하여 진행하였으며 training을 모두 완료한 뒤 얻은 모델에 대한 정보(Learing rate(학습률), Loss fuction(손실함수))는 <Table 3>, <Table 4>와 같다.

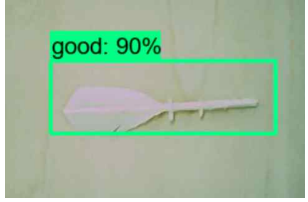

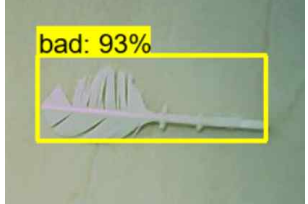
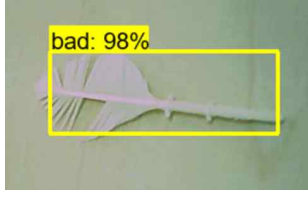
<Table 3>



<Table 4>

	Loss Diagram
Loss/classification_loss	
Loss/localization_loss	
Loss/regularization_loss	
Loss/total_loss	

<Table 5>

	Detected Images
재활용 가능한 셔틀콕 깃털 (1)	
재활용 불가능한 셔틀콕 깃털 (2)	
재활용 불가능한 셔틀콕 깃털 (2)	
재활용 불가능한 셔틀콕 깃털 (3)	

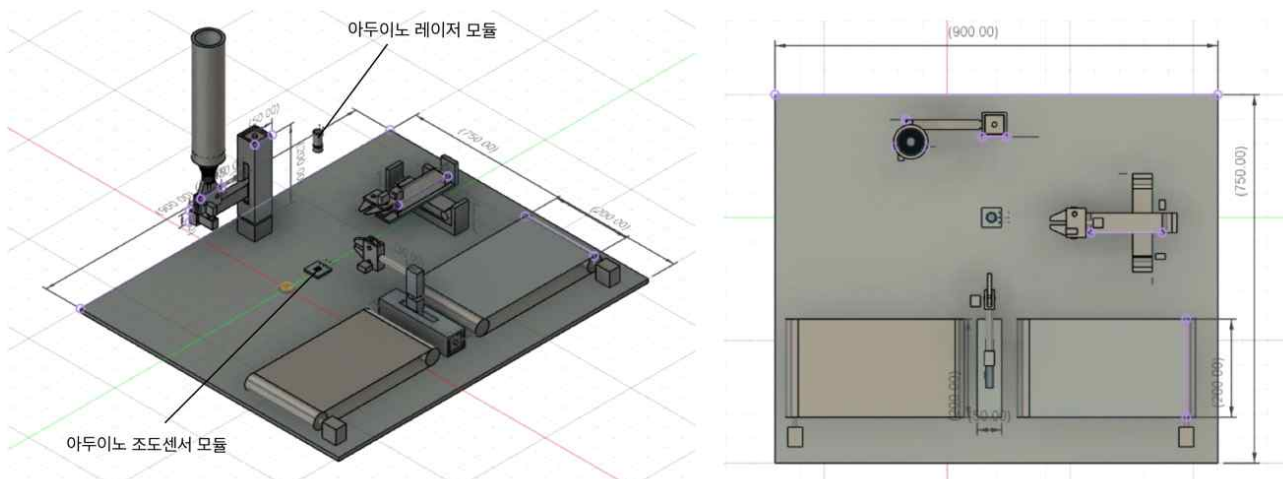
그 결과, <Table 5>와 같이 유의미한 분류를 시행한다고 판단할 수 있었다.

3. 설계 수행 일정

설계 진행 내용	4월	5월	6월	7월	8월	9월
설계 아이디어 선정	■					
2차원 도면을 통한 아이디어 구체화	■					
fusion 360을 이용한 3d모델링		■	■			
3d 모델링의 문제점 파악 및 구체화			■	■		
실현 가능성 파악 및 3d 모델링 수정				■	■	■
장치에 필요한 코드 학습 및 작성					■	■

4. 설계 결과물

(1) 최종 결과물 형상 및 작동원리



<Fig. 7> 최종 결과물

설계한 기계의 전체적인 모습은 <Fig. 7>과 같다. 4가지 공정(1. 셔플록 빼내기, 2. 고정실 제거, 3. 깃털 뽑기 후 분류)이 차례로 진행된다.

(2) 최종설계 결과물의 장단점 및 의의

본 설계는 셔틀콕의 깃털을 뽑아낸 후 재사용이 가능한 깃털과 그렇지 않은 깃털을 분류하는 과정에 있어서, 모든 과정이 자동화가 되어 셔틀콕만 지속해서 제공한다면 계속해서 재사용이 가능한 깃털들을 얻어낼 수 있다는 장점이 있다. 셔틀콕의 깃털을 탈부착할 수 있게 한 선행 연구가 있었으나, 본 기계는 버려질 셔틀콕을 이용하여 재활용이 가능한 깃털을 분류하였다는 점과 모든 과정이 완벽하게 자동화되어 있다는 점 또한 선행연구와는 차별성을 지닌다. 더불어 버려질 셔틀콕을 이용하여 특수생활폐기물로 구분되어 버려지는 셔틀콕들을 재활용할 수 있게 만들어 환경 오염을 조금이나마 줄일 수 있다는 점에서 의의가 있다. 또 한 셔틀콕을 제작하는 과정에서 발생하는 원가의 대부분은 깃털을 구매하고 제작하는데 발생한다. 따라서 셔틀콕의 깃털을 재사용이 가능하게 만들 수 있다면 셔틀콕을 제작하는 과정에서 발생하는 원가를 충분히 절감할 수 있어 세부화가 조금 더 이루어진다면 충분히 상용화 가능성이 있다고 판단된다.

하지만 본 기계를 완벽하게 작동시키는 과정에 있어서 기계를 작동시킬 세부적인 소프트웨어를 추후 연구를 통해 개발이 이루어져야 한다. 또한 이미지 인식 기술을 이용한 딥 러닝 기술의 정확성을 더 명확한 분류기준을 제시하여 더 높이는 과정이 추후 연구되어야 한다고 생각된다.

5. 활용방안 및 기대효과

본 팀이 설계한 기계는 설계 제목 그대로 배드민턴 셔틀콕의 깃털을 재활용할 수 있도록 한다. 셔틀콕이 많이 버려지는 체육관 등에 셔틀콕 수거함을 만들어 셔틀콕을 모은 후 본 팀이 설계한 기계로 셔틀콕 깃털을 재활용할 수 있다. 그 깃털을 활용하여 털을 이용한 다른 분야에 쓰이거나 다시 새로운 배드민턴 셔틀콕에서 사용할 수 있다. 이를 통해 현재는 재활용되지 않고 버려지지만 하는 다시 재활용 할 수 있게 만들 수 있다. 이로 인해 환경 오염을 줄이고, 현재 비윤리적으로 털이 착취되고 있는 거위 (또는 오리)의 피해를 줄일 수 있다. 더 나아가 분류한 셔틀콕 코르크 또한 도로포장과 같은 건축자재 외에도 여러 가지 방안으로 재활용하여 쓰레기 문제를 해결할 수 있을 것이라 판단된다. 따라서 총괄적으로 버려지는 셔틀콕의 대부분을 재활용할 수 있다고 판단할 수 있으며 이에 따라 재활용하는데 큰 의의를 가지고 있다고 판단할 수 있다.

<참고문헌>

- 셔틀콕 이야기(셔틀콕 재활용 소개) <https://blog.naver.com/eledrill/220212111179>
- 셔틀콕을 재생하다 https://youtu.be/rrS7R2_vGEw
- the shuttlecock recycler <https://youtu.be/INMWSlJoAns>
- 셔틀콕이 이렇게나 과학적이었다니? <https://youtu.be/vSHeVUfBYQs>
- 배드민턴 셔틀콕은 어떻게 만들까? <https://youtu.be/5kZ2iFxdteo>
- ‘거위 학대’ 논란 배드민턴 셔틀콕, 내년부터 인조 깃털 허용 <https://tv.naver.com/v/12012303>
- AI 기술과 로봇을 이용한 재활용폐기물 선별장 <https://youtu.be/n1TdDBkiA8>