대한기계학회 주최

제10회 전국학생설계경진대회(2020년)

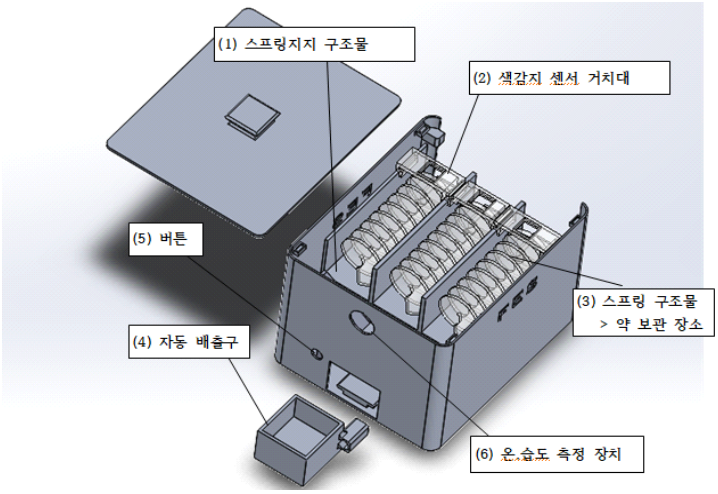
설계 최종 보고서

참가부	고등부 ( ) / 대학부 (o)				
참가분야	공모주제 (o) / 자유주제 ( )				
참가팀명	페스 (For Every Silver)				
설계제목	Alarm Pill Case				
지도교수/교사	(소속) 건국대학교 글로컬캠퍼스 (성명) 강현규 (이메일) hyunkyoo@gmail.com				
대표자 (신청인)	성명	소속	연락처 (휴대폰)	E-mail	주소
	황규석	건국대학교 기계전자공학과			

참가팀원 인적사항

NO	성명	소속 / 학년	E-MAIL
1	황규석	건국대학교 글로컬캠퍼스 나노전자기계공학과 / 4학년	ghkdrbtjr135@naver.com
2	김동준	건국대학교 글로컬캠퍼스 나노전자기계공학과 / 4학년	ehdwns2609@naver.com
3	한장호	건국대학교 글로컬캠퍼스 나노전자기계공학과 / 4학년	hjh2241@naver.com
4	장상건	건국대학교 글로컬캠퍼스 나노전자기계공학과 / 3학년	000rocket000@naver.com
5	최재명	건국대학교 글로컬캠퍼스 컴퓨터공학과 / 4학년	aldls4832@naver.com
6	김동현	건국대학교 글로컬캠퍼스 컴퓨터공학과 / 4학년	smilekbear@naver.com

설계 요약문

참가분야	공모주제 (o) / 자유주제 ( )
참가팀명	페스 (For Every Silver)
설계제목	Alarm Pill Case
대표자명	황규석
요약문	설계 배경 ▸ 'Alarm Pill Case'란 '알람+알약' 즉, 사용자가 지정한 시간에 알람과 함께 약이 배출되는 기계라는 의미에서 지어진 이름으로써,'젊은 우리도 복용 시간을 지키기 어려운데 노인세대의 고충은 얼마나 심할까?'라는 생각으로부터 설계 되었다. 실제로 노년층에서 약 복용 시간을 잊고 넘어가는 경우가 흔한데, 알람기능을 통해 이러한 문제를 개선할 뿐만 아니라, 많은 수의 약을 시간 맞춰, 종류별로 복용하는 것을 설계의 주된 목적으로 두었다.  설계 ▸ 스프링구조물(3)에 부착된 모터를 아두이노와 블루투스 모듈을 이용해 어플과 연결해 정확한 1rev(360°)회전을 수행한다. 또한 자동 배출구(4)는 모터와 볼나사를 이용해 배출을 제어하며, 버튼(5)는 삽입을 제어한다. 문제점 ▸ 교내 구비 3D 프린터기의 출력 크기제한으로 인해 축소버전을 제작했다. 또한 약포지를 뜯을 필요가 없기에 위생에 큰 문제는 없지만, 약품 위생관리를 보다 철저히 하기 위하여 조립/분해가 간단하도록 제작했다. 그리고 스텝모터를 사용하더라도 시간이 지남에 따라 회전의 오차가 누적될 수 있기에, 이를 색감지 센서를 통해 회전량을 되먹임 제어하여 물리적 회전에 대한 오차를 줄인다.

알람기능이 내장된 약 자동배출 장치 설계

황규석* · 김동준* · 장상건* · 한장호* · 김동현** · 최재명** · 강현규*†
*건국대학교 글로컬캠퍼스 나노전자기계공학과 ·**건국대학교 글로컬캠퍼스 컴퓨터공학과

Design of Automatic medicine dispensing device with built-in alarm

Kyuseok Hwang*, DongjunKim*, SanggeonJang*, JanghoHan*, DonghyeonKim**
, Jaemyeong Choi** , Hyunkyoo Kang*†
* Nano Science & Mechatronics Engineering, Konkuk University Glocal Campus
** Computer Engineering, Konkuk University Glocal Campus

Key Words: Automation(자동화), Alarm(알람), Explicit Finite Element Method(외연적 유한요소법)

초록: 초고령화 사회에 접어 들어가고 있는 대한민국 사회의 현시점에서, 노인 관련 문제가 증가하고 그 중 약 섭취 관련 문제도 같이 증가하고 있다. 약 중복섭취, 미섭취 등의 문제는 노인들의 건강을 위협하고 있다. 그렇기에 약 복용 문제 해결을 위해 알람기능이 내장된 약 자동배출 장치를 개발하였다. 스마트폰의 어플과 연동되어 사용가능한 본 장치는 노인들의 약 중복섭취, 미섭취 등의 문제를 해결에 도움이 될 것으로 기대되며, 더 나아가 어플의 데이터베이스 기능을 통해 섭취하고 있는 약 종류를 분석하여 중복되는 약 성분을 방지할 수 있다. 또한 약 복용을 일정 시간동안 하지 않았을 경우 노인들의 보호자에게 연락이 가는 기능을 추가하여 독거노인들의 문제도 같이 해결할 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract: Korea is facing up to increasing problems of ultra-aging such as medicine consumption. We designed an automatic drug dispensing device with alarm function, to solve the problem of intake medicine. The proposed product, which can be used in conjunction with the application, is expected to solve problems of duplicated intake and non-intake of drugs by the elderly. Furthermore it analyzes the type of drug ingested through the database function of the application to prevent overlapping drug and, by adding a function to contact the elderly people's guardians if they do not take it for a certain period of time, can cause additional effect.

1. 서 론

보건복지부는 노인 중 5개 이상의 약을 만성적으로 복용하는 75세 이상의 환자 비율은 2017년 기준 68.1%로 통계를 제출한 7개국(평균 48.3%)중 가장 높고, 비슷한 사례로 국내 65세 이상 노인 한명이 매일 평균 5.3종의 약물을 복용하며, 매일 5가지 이상 약물을 복용하는 노인이 80%를 넘고 있다고 발표했다. 이 문제의 원인중 하나는 고령화로 인한 만성질환을 앓는 노인이 증가함에 따라, 여러 병원을 다니며 중복처방을 받아 불필요한 약을 복용하고 있기 때문이라고 한다.(Fig. 1) 중복처방 뿐만이 아니라 환자가 복용해야할 필요가 있는 약물을 복용하지 못하는 문제도 같이 발생하고 있는데, 이러한 약 섭취 관련 문제들은 현재 노인들의 건강을 위협하고 있다.

†Corresponding Author, hyunkyoo@kku.ac.kr
Ⓒ 2020 The Korean Society of Mechanical Engineers

(단위 : 명, %)

구분	처방약물 개수(개)	처방받은 자		부적절 처방	
		천명(A)	(%)	천명(B)	%(B/A)
계		3,007,620	(100.0)	879,802	(29.3)
대조군	1 ~ 4개	1,606,171	(53.4)	221,558	(13.8)
다제약물군	≥5개	1,401,449	(46.6)	658,244	(47.0)

Fig. 1 Ratio of Multipharmaceutical prescription & improper prescription

이러한 문제점을 해결하고자 'Alarm Pill Case'를 제안하였다. 'Alarm Pill Case'는 알람기능과 자동 약 배출 기능을 구현하여 노인들의 약물 복용 문제를 해결하기 위한 목적으로 개발되었다. 추가로, 스마트폰 어플과의 연동을 통해 많은 종류의 약 배출을 제어하고 더 나아가 데이터베이스 기능을 활용해 노인들의 약 품목을 관리, 약물의 중복섭취 및 오남용을 방지할 수 있을 것으로 기대된다.

2. 설계 및 분석

2.1 설계 문제 정의 및 해결방안

국민건강보험공단의 65세 이상 노인 약물 처방 실태 조사[1]에 따르면 5개 이상 약물을 섭취하는 노인의 비중은 매년 증가하고 (Fig. 2) 그에 따라 노인 약 섭취 관련 문제는 점점 증가하고 있다. 약 미복용, 중복복용, 중복처방, 잘못된 보관 등의 문제들이 있는데 이러한 문제들은 노인들의 건강을 위협하고 있다. 노인뿐만이 아니라 젊은 사람들도 약 섭취를 종종 잊고 넘어가거나 중복 섭취하는 경우가 있는데, 이 또한 건강상의 문제를 초래할 수 있다.

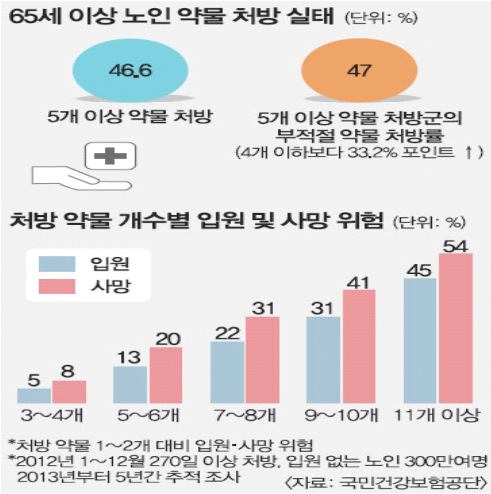


Fig. 2 Medicine prescription status for the elderly over 65

또한 장기요양시설에서의 약물 관리와 약사의 역할 논문[2]에 의하면 2018년 OECD 국가의 65세 이상 인구는 17.2%로 OECD 국가의 대부분이 고령사회에 접어들었다고 발표했다. 우리나라도 2019년 현재 14.9%로 이미 고령사회이며(통계청: 2019년 장래인구특별추계를 반영한 세계와 한국의 인구현황 및 전망, 장래 인구추계.2019), 2025년 20%로 초고령 사회에 진입할 것으로 예상된다.OECD 국가 중에서도 우리나라가 가장 빠르게 고령화가 진행되고 있는 것으로 보고하였다. 인구 고령화가 급속히 진행됨에 따라 의료 및 장기요양에 대한 수요가 증가하여 우리나라는 2008년부터 혼자서 일상생활을 수행하기 어려운 노인에게 장기요양급여를 제공하는 노인 장기요양보험 제도를 도입하여 운영하고 있다.

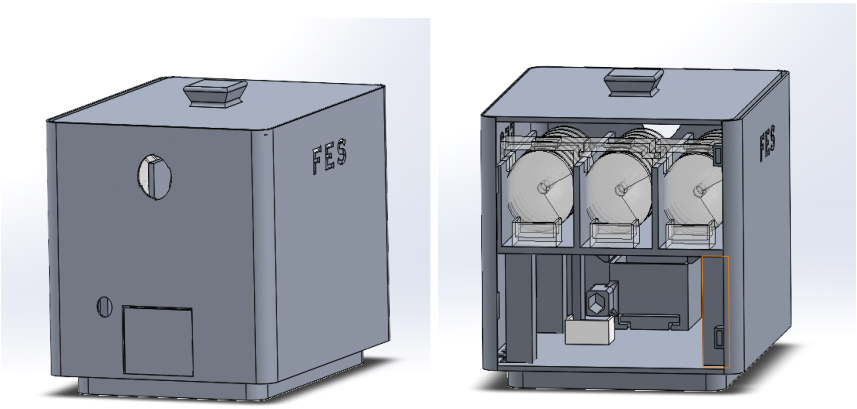
보건복지부에서 발행한 노인복지시설현황(2018)에 의하면 노인복지시설은 매년 증가하고 있으며 지난 2018년에는 77,382개소에 이르는 것으로 나타났다. 그 중에서도 장기요양보험에서시설급여를 받는 노인요양시설은 2013년 이후 지속적으로 그 수와 입소 정원이 증가하고 있다. 장기요양기관 입소 노인은 평균 연령 80.3~82세로, 고혈압, 치매, 뇌혈관질환, 당뇨 등 2~4가지 이상의 질병을 가지고 있는 것으로 알려져 있다. 장기요양기관 입소 노인이 복용하는 처방 약은 평균 6.1~7.5가지로, 5가지 이상의 약물을 복용하는 복용자가 70~73.61% 이상이었다. 다약제 병용은 약물 상호작용과 이에 따른 각종 약물 부작용의 증가를 유발할 수 있다. 특히 노인은 노화에 따른 생리적인 변화에 따라 약동학과 약력학, 신체 항상성의 장애가 있기 때문에 다약제 병용 시 부작용 발생에 많은 주의가 필요하다.

또한 노인에게 잠재적으로 부적절한 의약품 사용(Potentially Inappropriate Medication, PIM)에 대한 널리 알려진 Beer's Criteria 기준을 적용하여 한국 건강보험 청구 자료를 활용하여 의약품을 투약 받은 노인 중 PIM을 경험한 사람의 비중을 파악한 결과 2011년의 경우 70.3%에 달하는 것으로 나타났으며, 2016년에도 약 73%에 달하여 PIM이 개선되지 않고 있는 것으로 나타나, 노인을 대상으로 하는 약물 관리의 필요성을 확인할 수 있었다. 그러나 현재 장기요양시설 거주자를 대상으로 체계적인 약물 관리를 위한 제도적 장치는 매우 미비한 상태이다. 우선 장기요양시설 평가 항목 중 약물 관리와 관련된 항목은 전무하며, 일상적인 약물 관리가 이루어지지 않고 있음을 알 수 있다.

이를 방지하기 위해 'Alarm Pill Case'를 설계했으며, 이 제품은 어플로 맞춰놓은 약 섭취 시간이 되면 설정해 놓은 약만 배출되어 약 중복 섭취, 미섭취 등의 문제를 해결할 것이다. 또한 올바른 약 보관(Fig. 3)[2]을 위해 온도, 습도를 측정할 수 있는 장치를 내장시켜 보통 직사광선이 없고 바람이 잘 통하는 서늘한 실온에 보관해야 하는 특성을 갖는 약 보관에 적합하다.

Fig. 3 The right way to store medicine[2]

이러한 특성을 고려하여 설계한 'Alarm Pill Case'의 3D모델링은 Fig. 4과 같다.



(1) **(2)**

Fig. 4 3D Modeling (1) Front, (2) Back

2.2 상용품 분석 및 회피전략

2.2.1 상용품 조사

현재 판매되고 있는 제품에는 ‘스마트 약통’ **Fig. 5**와 같은 제품이 있다. 이 제품은 약품이 250mg 기준으로 총 20개 까지 들어갈 수 있는 제품이다. 약 섭취시간을 어플을 통해 예약하면 어플과 제품의 블루투스 신호를 통해 알람이 울려 약 섭취 시간을 알린다.

이 제품을 포함한 기존에 있는 ‘스마트 약통’ 들의 공통적인 단점은 약 보관에 중요한 온도, 습도를 체크해 주지 못하며, 많은 종류와 양(20개 이상)의 많은 약을 보관하는 것이 불가능하다. 또한 약을 자동으로 배출시켜주는 시스템이 아닌 알람이 울리면 직접 약의 종류와 복용량을 구분하는 시스템으로, 먹어야하는 약 종류를 혼동하여 섭취할 수 있는 문제점이 있다.

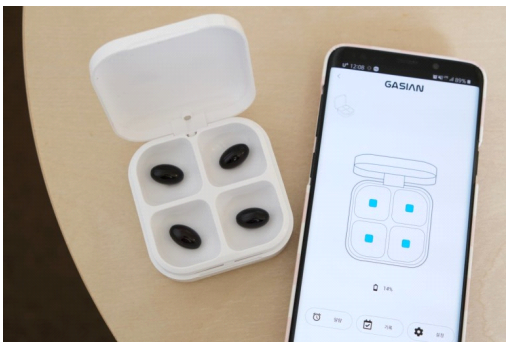


Fig. 5 Smart medicine container

2.2.2 차별성 및 회피전략

사전기술들의 제품들의 단점을 보완하고 차별성을 갖기 위해 다음과 같은 설계 방향을 결정했다.

① 온도 및 습도를 측정할 수 있는 장치를 내장하여 약품 보관을 용이하게 한다.

② 약국에서 조제해준 약포지를 제거하지 않고 그대로 넣을 수 있어 간편하고, 다양한 종류와 많은 양의 약을 보관할 수 있다.

③ 어플과 연동을 통해 처방전에 따른 약의 종류와 복용 시간을 간편하게 설정할 수 있고, 그로인해 제시간에 복용하여 약물 오남용을 줄일 수 있다.

④ 어플에서 설정한 시간이 되면 약품을 자동 배출시켜 사용자로 하여금 초기설정 이후로는 추가적인 과정이 필요하지 않아 보다 편리하게 복용할 수 있다.

⑤ 가정용을 넘어서 더 나아가 가장 중요한 실버노인복지 센터에서 실용화가 된다면, 적은 수의 인원(간호사)으로 많은 인원들의 약 복용시간을 챙길 수 있다. 이것은 곧 기계화하여 인건비 대폭 절감에 매우 큰 효율을 야기할 수 있다.

⑥ 실버노인복지 제어센터에서 컨트롤이 가능하여 미복용 인원의 현황파악 및 대처가 용이하다.

3. 설계 과정(Design process)

3.1 설계 방법

3.1.1 기계의 전체적 구조

‘Alarm Pill Case’ 의 전체적 구조는 (**Fig. 6)**와 같으며 (1) 스프링지지 구조물, (2) 색감지 센서 거치대, (3) 스프링 구조물, (4) 자동 배출구, (5) 버튼, (6) 온습도 측정 장치로 이루어져 있다.

(1) 스프링지지 구조물 : 회전 당(/rev) 한 칸의 약품이 배출 할 수 있는 특성을 활용해 약품을 보관한다.

(2) 색감지 센서 거치대 : 색감지 센서(TCS 3200)를 이용해 스프링 구조물의 1rev 회전을 제어한다.

(3) 스프링 구조물 : 층과 층사이의 간격에 약포지를 삽입하여 충전하는 형태로 회전하며 약포지를 배출한다.

(4) 자동 배출구 : 아두이노를 통해 스프링이 회전 후 약을 배출 시킨다.

(5) 버튼 : 약 자동 배출구를 다시 케이스로 복귀시킨다.
(6) 온습도 센서: 약 보관이 보다 용이하도록 온/습도를 확인할 수 있는 센서.

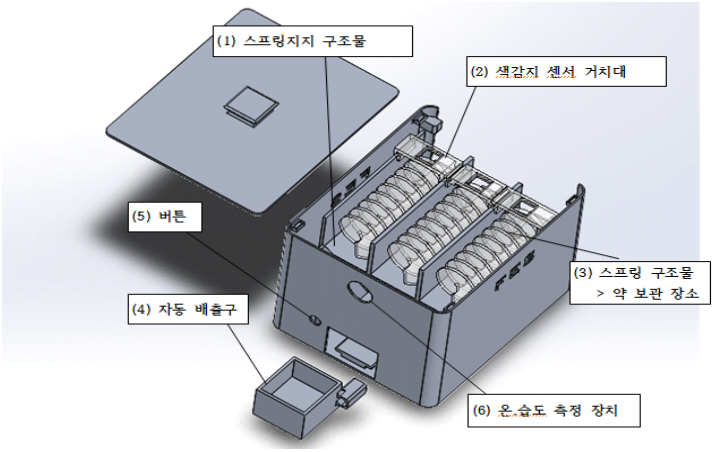


Fig. 6 Structure of machine

3.1.2 재질선정 및 비용 산출

실제로 외관을 Prototype 과정에서 출력크기 문제로 인하여 외주업체에 문의를 해보았으나 100만원이 초과되는 부담되는 금액이 산출되어 금전적으로 부담을 느끼게 되었다. 실제로 상용화가 되어 만든다고 가정 하에 재질 선정 과정에 있어 강도, 무게, 가공 방식을 고려했고, 알루미늄 합금번호별 특성 및 용도[4]를 참고해 알루미늄 합금(Al 6063-T5)과 아크릴로 선정했다.

순수 알루미늄은 가볍고 열전도성도 좋으며 가격 또한 저렴하다는 장점이 있지만 강도가 약하기 때문에 알루미늄 6000번대 합금 중 내식성과 강도가 우수하고 경제적 측면에서도 적합한 Al 6063-T5로 선정했다. 또한, 알루미늄 합금 번호별 특성 및 용도에 따르면 Al 6063번호의 특성은 압출성이우수, 복잡한 단면 모양의 형재가 얻어지고 내식성, 표면 처리성이 양호하다는 장점이 있다.

알루미늄 부품의 가공방법은 판금과 기계가공방식으로 압출하여 아노다이징(Anodizing) 후처리방식을 통해 내식성, 내절연성을 보완하고, 아크릴 부품은 아크릴 가공 후 조립하는 형태로 결정했다.

Table 1. 의 가격은 이러한 방식을 통해 1대만 제작했을 경우를 상정하여 산출한 비용이지만, 이 제품이 상용화되어 대량생산하게 된다면, 비용이 크게 절감 될 것으로 예상된다.

Table 1. Cost of part

part	material	mass	count	price
Case, Drawer, Spring support structure, Diaphragm, Pillar set	Al 6063 - T5	g	1	290,000 ₩
Spring, Motor supporter, Motor-spring connection	Acrylic	g	3	86000 ₩
Stepping motor	-	-	3	54,000 ₩
Motor driver module	-	-	3	6,000 ₩
Arduino Mega board	-	-	1	39,000 ₩
bread board	-	-	1	1,500 ₩
Cooling fan	-	-	2	6,760 ₩
Color detect sensor	-	-	3	25,500 ₩
RTC module	-	-	1	1,800 ₩
ball screw & nut	-	-	1	18,000 ₩
Arduino on and off SMPS adapter 9V 1A D61	-	-	1	6,100 ₩

Arduino LM386 digital module amplifier	-	-	1	4,200 ₩
jumper wire kit	-	-	1	2,000 ₩
LCD digital thermo-hygrometer	-	-	1	3,500 ₩
breadboard friendly switch 4p	-	-	1	55 ₩
bluetooth module	-	-	1	4,500 ₩
total cost				548,915 ₩

3.1.3 치수설계[5]

(a). 스프링지지 구조물(1)

구조물이 위 부품들의 하중을 견딜 수 있는지를 계산하기위해 재질은 알루미늄합금(Al 6063-T5)을 선택한다.

Table 2. Value of Al 6063-T5

modulus of elasticity E	69000 Mpa
shear modulus G	25800 Mpa
tensile strength σ	185 Mpa
Poisson's ratio ν	0.33
cross section A	1915.109 mm^2

$$\sigma_{\max} = E \cdot \epsilon \rightarrow \epsilon_{\max} = \frac{\sigma_{\max}}{E} = \frac{185\,MPa}{69000\,MPa} = 2.68 \times 10^{-3}$$

$$\epsilon = \frac{\gamma}{2} \rightarrow \gamma_{\max} = 2\epsilon_{\max} = 5.36 \times 10^{-3}$$

$$\tau_{\max} = G\gamma_{\max} = (25800\,MPa) \times (5.36 \times 10^{-3}) = 138.29\,MPa$$

$$\tau_{\max} = \frac{P_{\max}}{A} \qquad \therefore P_{\max} = \tau_{\max} \cdot A = 1911\,mm^2$$

따라서 스프링지지 구조물이 견딜 수 있는 최대하중 $P_{\max}$ = 264.27 KN이다.

Table 3. mass of part

part	mass(g)	material	count
Spring support structure	1289.93	Al 6063-T5	1
spring	277.05	acrylic	3
diaphragm	1296	Al 6063-T5	4
Motor supporter	29.81	acrylic	3
pillar	1069.2	Al 6063-T5	4
Motor-spring connection	49.42	acrylic	3
motor	200	-	3
Color sensor(Right and left) support structure	45.01	-	2
Color sensor(center) support structure	29.60	-	1

실제로 스프링지지 구조물(1)에 작용하는 P_{real} 하중 = mg = 110.37 N 이다.

따라서 P_{max} > P_{real} 이기 때문에 스프지지 구조물(1)은 하중을 버티기에 충분하다.

(b) 기둥이 스프링지지물(1)을 포함한 부품들을 지지하는 힘

스프링지지 구조물(1)과 부품들에 의해 작용하는 질량들의 중심을 구한다. 좌측하단 원점기준의 질량중심

C = $\sum_{n=1}^{19} \frac{x_n A_n}{S}$ (x = 좌표, A = 질량, S= 총 질량)

따라서 C = (136.5 , 116.74) 이다.

스프링지지 구조물(1)을 포함한 위 부품들을 지지하는 기둥의 최대 좌굴하중

P_B = $n\pi^2 EI / L^2$ 으로써 구한다.

양단고정의 경우 n = 4 , I = $bh^3/12$ = 110mm^4 이다.

P_B = 15.20 $\times 10^6$ N , 기둥이 4개이므로

$4 \times P_B$ = 60.8 $\times 10^6$N 의 최대 반력이 스프링지지 구조물(1)의 중앙점 C_m(136.5, 125)에 작용한다.

원점에서 C_m까지 거리를 d_m, 원점에서 C점 까지 거리를 d라고 한다.

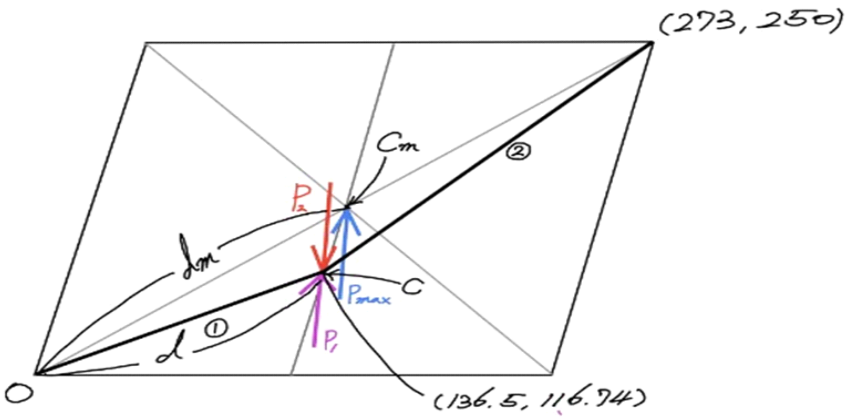


Fig. 7 Interpretation of Spring support structure

T_{max} = $d_m \times 4 \times P_B$ = 11.25 $\times 10^6$ N

T_{max}가 질량중심 C에서 작용하는 T_1 의 값을 알기위해 비례식으로써

d_m : T_{max} = d : T_1

T_1 = 1.09 $\times 10^6$ ·Nm 이 된다.

실제로 작용하는 하중에 의한 C 에서의 돌림힘

T_2 = $P_2 \times$ d = 14.14·Nm 이다.

$T_1 > T_2$ 이므로 기둥이 판 및 위 부품들을 지지하기에 충분하다.

(c) 스프링지지 구조물(1)과 부품들의 굽힘에 의한 전단응력

기둥은 스프링지지 구조물(1)의 전체 면적을 받치는 것이 아니기 때문에 굽힘에 대해 취약할 수 있다.

구조물은 사각형 단면이므로, 굽힘에 의한 최대 전단응력

$\tau_{b\,max}$ = $\frac{3}{2}\tau_{max}$ = 207.44 Mpa

굽힘에 의한 실제 전단응력

$\tau_{b\,real} = \frac{3}{2}\tau_{real}$ = 1727.03 Pa 이 된다.

따라서 $\tau_{b\,max} > \tau_{b\,real}$ 이기 때문에 판이 굽힘에 의한 전단응력에 버티기에 충분하다.

(d) 자동배출구(4)

자동배출구(4)를 모터로 밀어내고 당기기 위해 자동배출구(4)에 볼나사(KURODA 볼스크류 전조 1002)를 결합한다. 일반 볼트와 너트가 아닌 볼나사를 선택한 이유로는 볼나사의 효율이 통상적으로 90%를 넘고, 회전운동을 직선운동으로 바꾸기에 적합한 나사이기 때문이다.

일반 볼트와 너트로 설정한 효율 η_1과 볼나사로 설정한 효율η_2는

$\eta_1 = {}^{\tan\lambda}/_{\tan(\lambda + p)}$ ($\lambda =$ 리드각, $p =$ 피치) = 0.2531

볼나사의 리드각 $\beta = {}^{\tan^{-1}Ph}/_{\pi d_p}$ (Ph = 이송나사 리드, d_p = 볼중심경) = $3.54'$

$\eta_2 = {}^{(1-\mu\tan\beta)}/_{(1-{}^{\mu}/_{\tan\beta})}$ (β = 볼나사의 리드각) = 0.9248

이다.

볼나사의 추력을 얻기위한 구동 토크 T_{ball} 과 모터의 실제토크 T_{motor}는

$T_{ball} = {}^{Fa\,Ph}/_{2\pi\eta_2}$ (Fa = 반력) = 0.008167 8.167 $\times 10^{-3}$ ·Nm

T_{motor} = 0.274· Nm

$T_{motor} > T_{ball}$ 이기 때문에 모터로 서랍을 밀기에 충분한 토크가 나온다.

3.1.4 스프링 구조물 설계

스프링 구조물은 약 보관 장소이자, 약을 배출 시켜주는 장치이다. 스프링 구조물과 연결된 스텝 모터가 아두이노와 연결되어 스프링 구조물을 제어한다. 스프링 구조물은 **Fig. 8**와 같으며 '0' 로 표시된 장소에 색을 입혀 색감지센서를 통한 정확한 회전각도(1 rev) 제어를 수행한다.

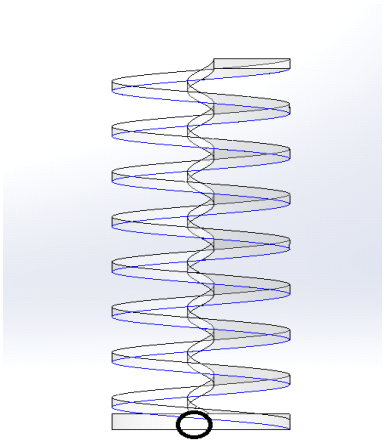


Fig. 8 Structure of spring

스프링 구조물(2)은 판 위에 있는 상태이기 때문에 처짐을 무시할 수 있고 또한 인장이나 압축력이 없기 때문에 스텝모터에 의한 비틀림 응력만 고찰하면 된다.
T_{motor} = 0.274N · m 이다. 스프링은 아크릴로 제작한다.

Table 3. value of acrylic

modulus of elasticity E	3000 Mpa
shear modulus G	890 Mpa
tensile strength σ	73 Mpa
Poisson's ratio ν	0.35
cross section A	175 mm^2

스프링지지 구조물(1) 의 계산과 동일하게

$$\epsilon_{max} = \frac{\sigma_{max}}{E} = 0.024$$
$$\gamma_{max} = 2\epsilon_{max} = 0.048$$
$$\tau_{max} = G\gamma_{max} = 42.72\,MPa$$

모터의 토크 T_{motor} = R · F 이다. $\therefore F = \frac{Tmotor}{R}$ = 15.50N 이다.

$$\tau_{real} = \frac{F}{A} = 88.57KPa$$

$\tau_{max} > \tau_{real}$ 이다. 따라서 스프링 구조물(2)이 모터의 토크에 의한 전단력을 버티기에 충분하다.

3.1.5 회로 설계

아두이노 보드는 일반 UNO보드로는 사용가능한 입출력 핀 단자가 부족하기 때문에 Arduino Megaboard 2560를 사용하였다. 양쪽 방향으로 임의의 각도(또는 스텝 수) 만큼 회전 제어 가능한 스텝모터[6]를 L298N 모터드라이버와 색감지 센서로 조절하고 RTC모듈을 사용해 현재 시간 값을 저장하고 알람시간은 Arduino Megaboard 2560에 저장한다.

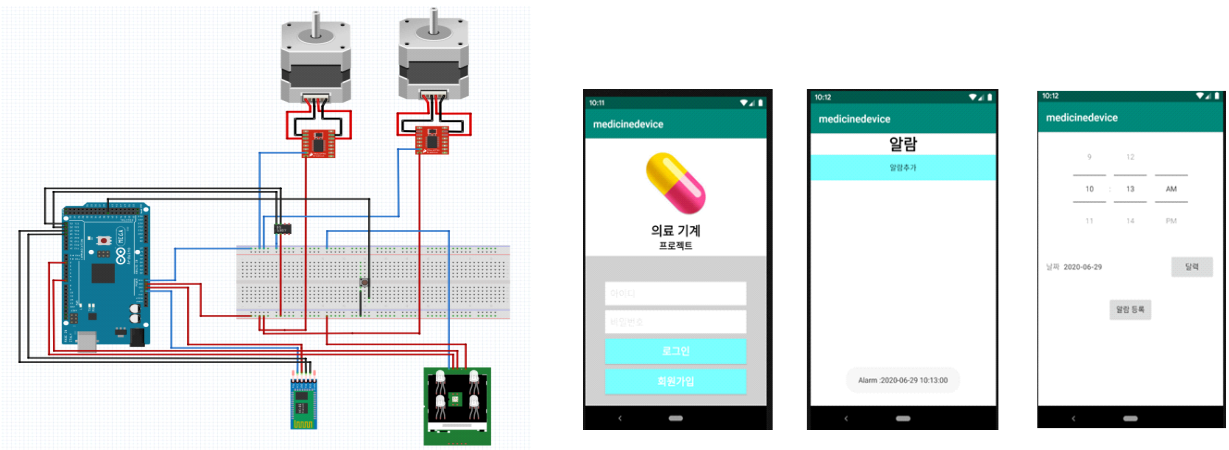


Fig. 9 Circuit diagram of A.P.C & Application

블루투스 모듈로 아두이노를 직접 제작한 어플과 연결해 원하는 알람시간을 아두이노로 전송하면, 지정시간에 모터와 색감지 센서가 동작해서 1번 모터의 1바퀴를 제어하며 스프링구조물(**Fig. 8**)이 한 바퀴 회전하게 된다. 5초 후 2번 모터가 45회전하도록(자동배출구(4)의 9cm 전진) 9000 pulse의 신호를 준다. 그 후 스위치(5)를 작동하면 2번 모터가 역방향으로 45회전을 하며 원래의 위치로 이동하게 된다.

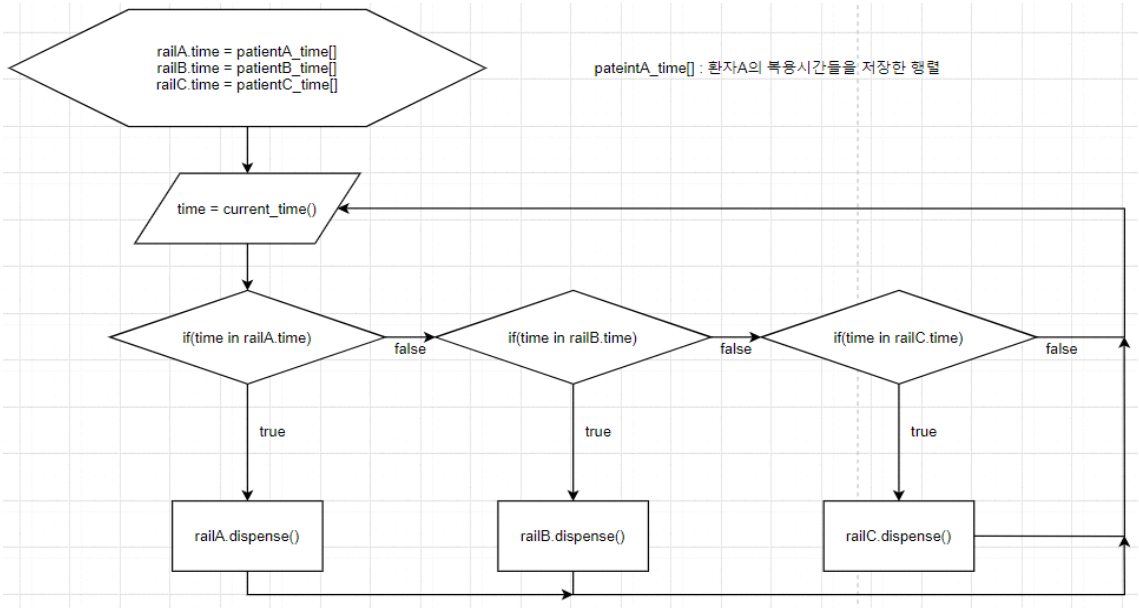


Fig. 10 Algorithm of A.P.C

3.1.6 제작과정

프로토타입 : 3D프린터를 사용하여 부품을 제작하여 **Fig. 9**의 회로도를 기반으로 한 회로를 스프링지지대 하단부에 부착한 후, 각 스프링별로 세밀한 회전각도 조절이 가능한 스텝모터를 부착했고, 아두이노의 블루투스 기능과 제작한 어플을 연동하여 지정된 시간에, 지정된 스프링이 필요한 회전수(rev)만큼 회전하는 것을 확인하여 기능구현을 검증 했다. 하지만 수 제작 아크릴 케이스인 만큼 품질과 완성도가 저하된다는 단점과, 외관케이스의 제작비용과 시간 등 차질이 크다고 판단하여 간단히 외관과 기능을 시연할 수 있는 축소버전을 제작하도록 했다.

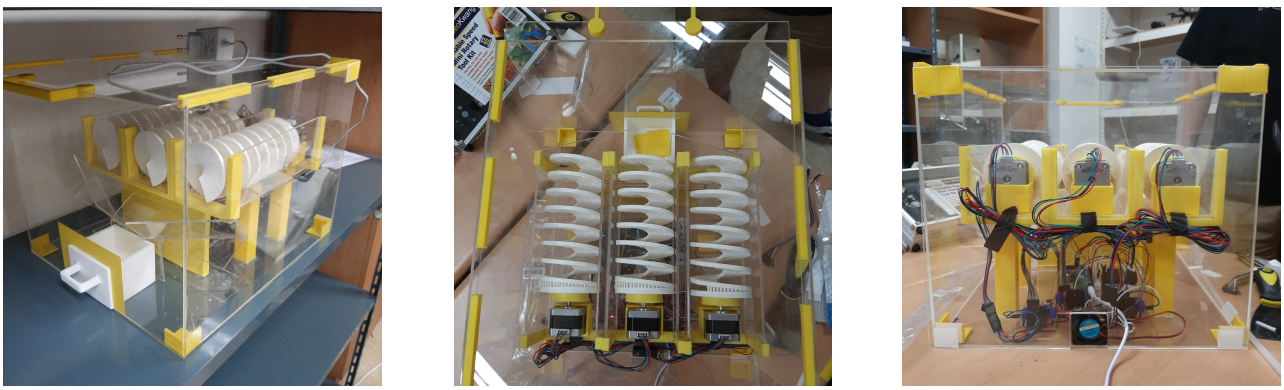


Fig. 11 Prototype of A.P.C

축소버전 : 프로토타입의 3스프링 구동방식에서 크기의 제약을 간소화하기 위하여 1스프링 구동방식으로 변경했고, 그 외의 아두이노 회로, 코딩, 기능 구현 등은 대부분 유지하여 시연에 무리가 없도록 제작했다. 추가적으로 서랍의 구동방식에서 모터의 회전력이 큰 손실 없이 그대로 전달되어 오차범위를 줄일 수 있도록 일반 볼트에서 효율 92%의 볼나사로 부품을 교체했다. 또한 케이스 내부에 버저를 설치하여 약이 배출되면 이용자에게 알리도록 했고, 쿨링팬을 1개를 추가하여 내부의 가열된 공기를 내보내고, 외부의 공기를 내부로 순환시키는 방식을 통해 아두이노 보드의 발열문제를 해결하고자 했다. 마지막으로 외관 케이스의 전면부에 온습도 센서를 설치하여 이용자로 하여금 약품 보관 상태를 확인하고,

이를 통해 보관환경이 보다 적합한 위치에 설치하도록 유도하여 약품의 보관에 문제가 없도록 했다.

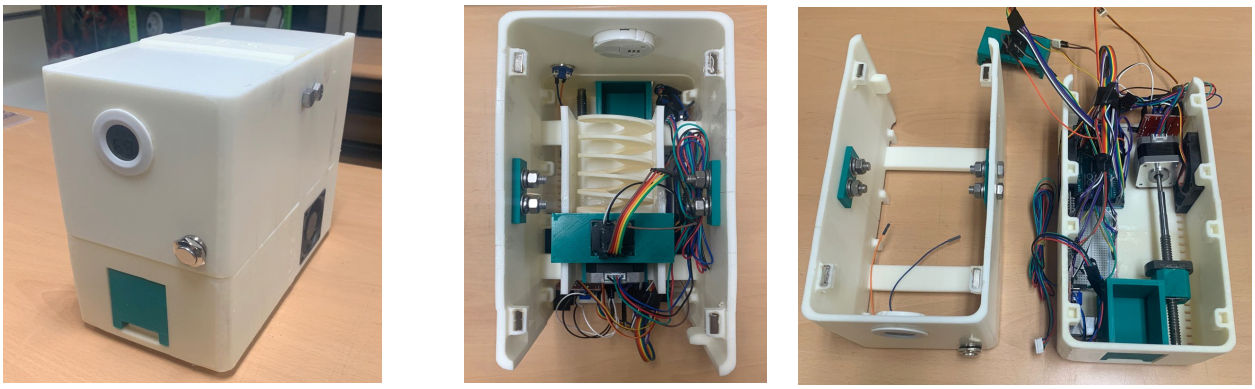
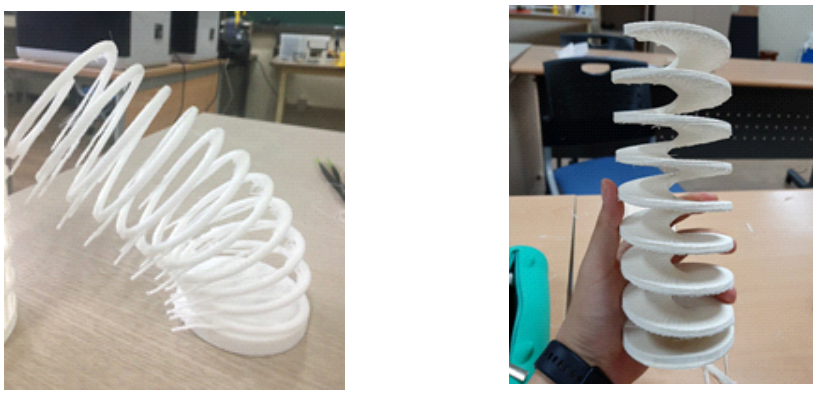


Fig. 12 Downsized A.P.C

3.2 문제 해결과정

1) 스프링 휘어짐 현상

▸ 기존 스프링설계의 회전단면이 원형이고 단면 또한 좁았기에 회전 단면을 사각형으로 수정 후, 단면의 넓이를 넓혀 스프링구조물의 강도를 높이는 방식을 통해 해결했다.



(1) **(2)**

Fig. 13 (1)Preexistence structure of spring (2)Modified structure of spring

2) 아두이노 보드 과열

▸ 과잉전압 공급이 원인임을 파악하여 저항 단자 연결 후, 케이스의 양 측면에 쿨링팬(외부공기 유입, 내부 과열된 공기 유출)을 설치하고, 밑면의 양측에 배열된 환풍 구멍을 설계(**Fig. 14-1)**하여 아두이노 보드의 발열을 해결했다.

3) 코딩오류

▸ 아두이노 코딩 중 RTC모듈의 시간을 비교하기 위한 Char타입에서 String타입으로의 형변환 과정에서 NULL값이 같이 출력되는 오류가 발생해 시간 설정에 문제가 발생했다. 따라서 기존의 방식에서 String 타입으로 변환 후 NULL값을 제거해주는 과정을 추가해 문자열을 하나씩 다른 String타입의 변수로 출력했다.

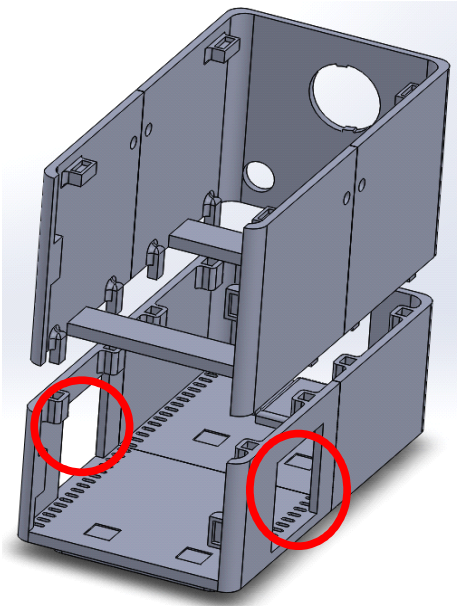
4) 3D프린터 출력문제

▸교내에 구비된 3D프린터의 출력 크기제한으로 인해 기존 외부 케이스 제작이 불가능 해졌다. 하지만 3

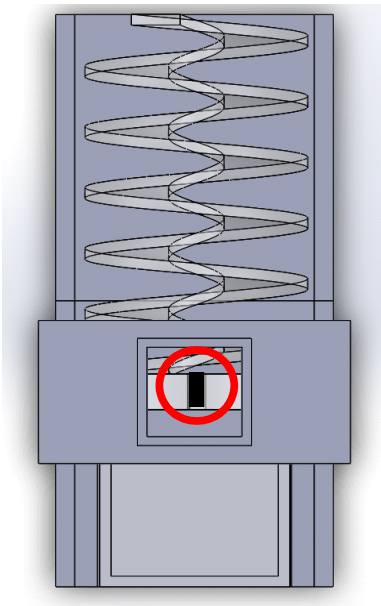
스프링 구동방식에서 1스프링 구동방식으로 수정하고, 기존의 기능구현에 문제가 없는 축소버전을 제작했다. 이 때 케이스를 4분할하여 조립하는 방식(**Fig. 14-1)**으로 설계하여 3D 프린터의 출력 크기 부담을 줄였다.

5) 스텝모터 노후화 문제

▸장치의 노후화에 따라 스텝모터의 정확한 회전각도 제어능력이 떨어질 것이므로 이러한 문제를 통해 발생할 회전각도 오차의 문제를 색감지 센서를 통해 예방했다. 스텝모터와 연결된 스프링 구조물의 일부분에 도색(**Fig. 14-2)**을 하여 회전 중 이 부분이 색감지센서에 감지되면 회전을 멈추는 방식을 통해 보다 정확한 회전각도(1 rev) 피드백 제어가 가능하도록 했다.



(1)



(2)

Fig. 14 (1)Structure of case (2)Color recognition sensor holder

4. 결과 및 토의

4.1 작동원리

어플로 설정한 시간이 되면 스텝모터가 스프링을 한 바퀴 회전시킨다. 이 때 색감지 센서는 스프링의 정확한 1바퀴를 제어(모터의 피드백 제어)를 하고 스프링 사이의 약이 약 자동 배출구로 출력된다. 그 후 약 자동 배출구의 볼나사에 연결된 스텝모터를 회전시키고, 볼나사가 회전하여 약 서랍이 배출된다. 약 서랍 배출 후 케이스 외부에 설치된 버튼을 누르면 볼나사에 연결된 스텝모터를 역방향으로 회전시키고, 약 서랍이 제자리로 돌아간다.

4.2 최종 설계 결과물의 장단점

4.2.1 장점

(1) 자신이 먹어야 할 약의 정량치가 자동으로 배출돼 약을 오용하지 않을 수 있다.
(2) 많은 약의 보관이 가능하여 약 충전 주기가 길어 불편함이 적다.
(3) 기존 스마트 약통과 달리 약포지를 제거하지 않고 보관이 가능해 보다 안전한 약 보관이 가능하다.
(4) 온습도계가 설치되어 올바른 약 보관에 용이하다.
(5) 대용량으로 제작하여 실버타운에서 사용 시 한명이 각각 한 사람의 약을 챙겨주는 1-1 대응이

아닌, 한명이 여러 사람들의 약을 관리 할 수 있어 인건비가 매우 절감되는 장점이 있다.
(6) 실버타운에서 사용 시 제어센터에서 약물 미 복용자의 현황을 파악하고 대처할 수 있기에 미복용에 의해 발생할 수 있는 위험을 방지하는 효과가 있다.

4.2.2 단점
(1) 출품작이 대량생산 기준이 아닌, 시제품을 기준으로 했기에 초기생산비용이 높다는 단점이 있다.
(2) 약의 많은 보관을 위해 케이스의 크기가 커, 케이스 보관이 불편하다는 단점이 있다.

4.3 최종 설계 결과물의 의의
'Alarm Pill Case'는 현재의 노인 약 복용 문제점들을 해결하고, 더 나아가 모든 연령층의 약 복용 문제까지 해결해 줄 수 있다.

4.4 개선사항
(1) 현재 올바른 약 보관을 위한 온습도기가 설치되어있지만 'Alarm Pill Case'의 사용자가 온습도를 확인 후 직접 관리해야하는 불편함이 있다. 따라서 온습도센서를 아두이노로 제어해 일정 온습도일 때 쿨링팬을 제어해 온습도를 제어할 수 있게 해준다면 약 보관에 더욱 용이할 것이라고 예상된다.
(2) 약 자동 배출구가 어플에 설정한 시간에 배출되고, 약 케이스에 부착된 버튼을 누르면 약 자동 배출구가 다시 케이스로 복귀하는데 버튼이 일정시간 눌러지지 않는다면, 보호자에게 연락이 가는 시스템을 도입한다면 독거노인 문제, 노인들의 약 미섭취 문제를 해결할 수 있을 것으로 예상된다.
(3) 현재 약국에서 상용화된 약 포지를 기존 모양과 다르게 더욱 작게 변화시킨다면, 약을 저장하는 스프링의 크기는 작아지고 더해 케이스의 크기도 작아져 'Alarm Pill Case'의 단점을 보완할 수 있을 것으로 예상된다.

5. 결 론

아이디어 창안과 제작 및 기계설계를 진행하면서 다음과 같은 결론을 낼 수 있었다.

5.1 배출구 자동화를 위하여 처음 고안했었던 일반나사로 배출구를 움직이는 기술을 실행해 본 결과, 많은 양의 전류를 사용해야 함에 생기는 비효율적인 유지비용이 발생한다는 단점이 있었다. 이를 보완하기 위해 볼나사로 교체하여 설계를 진행해봄에 따라 일반나사(30%) 효율보다 볼나사의 효율(90% 이상)이 높기에 보다 적은 힘으로도 배출구를 부드럽게 작동 시킬 수 있어 유지비를 절감시킬 수 있었다.

5.2 스텝 모터를 사용하여 1회분의 약을 배출한다. 즉, 스프링 구조물과 연결된 스텝모터를 200 pulse(360도)를 회전시키는 코딩을 통해 1회분의 약을 배출하는데, 기기의 사용기간에 따라 모터의 노후화로 인하여 정확히 한 바퀴를 회전하지 못하는 경우가 발생할 수 있다. 이런 단점을 보완하기 위하여 특정 색이 감지될 때까지 모터가 작동할 수 있도록 제어가 가능한 색감지 센서(TCS3200)를 활용하였다. 이 방식을 사용한다면 기기를 오래 사용하여 장비가 노후화되어도 오차를 제어해주는 센서의 명령에 따라 약이 정상적으로 배출될 수 있음에 오작동 방지에 효과적이었다.

5.3 이 기계는 개인 가구 이외에도 여러 곳에 활용이 가능하다. 대표적으로, 초고령 사회화 진행속도가 빠른 현황인 만큼, 점점 늘어가는 실버 노인복지 센터를 예로 들 수 있다. 그러한 복지시설에서 이 기계 및 시스템을 스프링수를 추가하여 사용한다면 인건비 절감, 노인들의 약 복용 유무에 대한 케어에 있어서 편의성을 증진 시킬 수 있다. 또한 이러한 기계는 시간에 따라 정량을 배출시키는 특징을 가지고 있어, 약 뿐만이 아니라 애완용 동물들의 먹이 배출 자동화 등 다양한 용도로 쓰일 수 있다.

후 기

1. 학과 내 구비된 3D 프린터의 크기 제한으로 인해 외주 가공을 계획하였으나, 견적초과로 인해 스프링 3개 구동방식에서 1개 구동방식으로 감소시킨 축소버전을 통해 설계된 성능이 검증되었다. 축소버전으로나마 제작하여 나름 만족스럽다.
2. 좋은 방향성과 피드백을 끊임없이 해주신 강현규 교수님께 깊은 감사를 전해드리고, 공모전 활동 간에 존중해준 팀원들 서로에게 감사한다.
3. 마지막으로 이런 공모전의 기회를 통해 실제 제작과 아이디어 산출 및 기계설계를 할 수 있었음에 자신감과 뿌듯함을 느낄 수 있었으며 한국기계협회에 감사를 전한다.

참고문헌

(1) 국민건강보험공단, 2019, “25% increase in the risk of death for the elderly who take more than 5 drugs Need to strengthen support for proper drug use” https://www.nhis.or.kr/bbs7/boards/B0039/31209

(2) 문아름(Arum Moon), 조혜민(Hyemin Cho) , 장수현(Suhyun Jang) , 강은정(Eunjeong Kang) , 장선미(Sunmee Jang). (2020). “The Role of Drug Management and Pharmacist in Long-Term Care Facilities”, 약학회지 64(2): 166-172

(3) 이현정 기자, 헬스조선, “ “여름철 약, 냉장고 보관 안돼요...” 세균 번식 위험 “, 2016.08.16 http://health.chosun.com/site/data/html_dir/2016/08/10/2016081000204.html

(4) 메카피아, 2011, “Characteristics and uses by aluminum alloy number” http://www.nogoora.com/1682

(5) James M. Gere & Barry J. Goodno, 2013, “2013, Gere's Core Material Mechanics (SI Edition)”, BOOKSHILL

(6) 네이버, “Step Motor” https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=1982023&cid=42331&categoryId=42334

(6) 정영식, 2020, “General Mechanical Engineer Handwriting with 2020 Free Video-Revised 9th Edition”, SEJINBOOKS