

# 반려동물용 습식사료 자동급식시스템 개발

유가연\*, 서희\*, 김성관\*

\*국립공주대학교 기계자동차공학부

e-mail:kimsg@kongju.ac.kr

## Development of the Automatic Wet Food Feeding System for Pets

Ga-Yeon Yu\*, Hee Seo\*, Sung Gaun Kim\*

\*Div. of Mechanical & Automotive Engineering, Kongju National University

### 요약

본 논문에서는 반려동물을 기르는 가구가 증가함에 따라, 기존의 자동 급식기의 단점을 보완할 수 있는 새로운 개념의 습식사료 자동 급식시스템을 제안하였다. 원형 캔 형태의 습식사료를 개봉하지 않은 상태로 보관하다가, 캔의 고리를 사용하여 뚜껑을 제거하고 내용물을 그릇에 담아 반려동물에게 자동 제공하는 순서로 제어된다. 본 시스템은 6개의 기계 전자 모듈이 프로그램 순서에 따라 유기적으로 작동된다. 각 모듈들의 동작에 요구되는 힘을 계산하여 상세설계에 반영하였으며, 시제품을 제작하고 동작제어도 성공적으로 수행하였다. 습식사료 캔을 투입하여 실험한 결과, 그리퍼의 구조적 문제점과 내용물을 그릇으로 담는 과정의 보완 연구가 요구됨을 확인할 수 있었다.

### 1. 서론

오늘날 반려동물을 기르는 ‘반려 가구’가 증가하고 있다. 2023년 6월 KB금융그룹에서 발간한 ‘2023 한국 반려동물 보고서’에 따르면, 반려가구의 수는 2022년 말을 기준으로 552만이며, 2020년 말에 대비해 2.8% 증가했다. 이는 고령화, 코로나19 팬데믹, 1인 가구의 증가 등의 영향을 받은 것으로 사료된다. 이처럼 반려가구의 수는 증가하는 추세이다 [1-2].

반려가구가 이용 중인 펫테크 기기를 조사한 결과, 자동급식기 및 자동급수기 요구가 1순위인 설문 결과와 반려 가구 증가 추세를 고려하면 반려 가구에게 자동 급식기는 계속해서 사용될 것으로 전망된다. 현재 유통되고 있는 자동 급식기의 문제점을 파악하고 해결방안을 제시하거나, 부가적 기능을 제시하는 연구 사례들이 있다 [3-6]. 한 연구에서는 기존 사료 중량 측정 방법의 오차 및 고장 문제를 해결하기 위해 딥러닝 접근법을 제안한다. 추가적인 기능을 제시한 사례로, IoT를 사용한 약, 사료 혼합 자동 급식기 제안, IoT 기반의 자동 급식 및 급수를 제어할 수 있는 웹 시스템 개발, 반려동물의 체중 관리를 위한 앱 기반 급식 시스템 연구가 있다 [3-6].

반려동물의 사료는 수분 함유량에 따라 건식사료와 습식사료로 나눌 수 있다. 건식사료의 수분 함유량은 10% 미만, 습식사료의 수분 함유량은 60% 이상이다. 그렇기에 수분 섭취량이 적은 반려동물에게 습식사료를 제공하여 수분을 보충하

기도 한다. 또한 습식사료는 건식사료보다 식감이 부드러워 건식사료를 부수는 데 어려움이 있는 반려동물에게 도움을 줄 수 있다. 습식사료는 높은 수분 함유량, 부드러운 식감, 풍부한 영양 등의 장점이 있지만, 개봉 후 비교적 쉽게 부패하는 단점도 있다. 이는 습식사료의 수분 함유량이 많기 때문이며 주변의 온도가 10°C 이상이면 4시간 내 습식사료를 치워야 한다. 습식사료는 개봉 후 1시간 이내로 급여하는 것이 권장되며, 보관을 원한다면 밀폐용기 넣은 후 냉장 보관을 해야 한다. 반면에 건식사료는 개봉 후 보관 시 실온에서 건조하게 보관해야 한다.

현재 판매되는 자동 급식기를 보면 대부분이 건식사료 전용이다. 건식사료와 습식사료를 함께 공급할 수 있는 자동 급식기도 있지만, 아이스팩으로 사료의 보관 온도를 조절하며 습식사료를 미리 기기에 넣어두어야 하는 불편함이 있다. 아이스팩으로 인해 실온에서 보관해야 하는 건식사료까지 냉장 온도로 보관된다는 문제도 있다. 따라서 반려 가구에서 널리 사용되는 기존 자동급식기의 불편함을 해소하고자 새로운 개념의 반려동물용 습식사료 자동급식시스템 개발하였다.

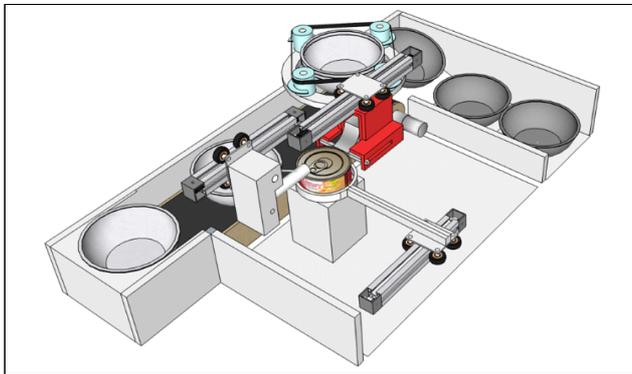
본 논문은 2장에서 개념설계, 역학계산, 상세설계, 제작, 동작제어 및 작동 실험순으로 구성되어 있으며, 3장은 본 연구의 고찰과 향후 연구방향에 대해 서술하고 있다.

## 2. 설계 및 제작

### 2.1 개념설계

본 시스템은 습식사료를 개봉하지 않은 채 보관하다가, 습식사료를 제공할 때 캔을 개봉하여 그릇에 덜어 제공하는 기능을 한다. 캔을 개봉하고 보관을 위해 냉장고를 사용한다면 소음 및 큰 전력 소모가 발생한다. 또한 사용자가 습식사료를 개봉하여 직접 냉장고에 넣어두어야 하는 번거로움이 있다. 따라서 사용자의 편의 및 습식사료의 보관 환경을 고려하여 캔을 개봉하지 않고 보관하는 방법으로 고려하였다.

캔의 개봉 방법에 있어 일반적인 방법을 채택하였으며, 사람이 직접 손으로 캔을 개봉하는 과정을 따라 먼저 고리를 꺾은 뒤 캔을 지지한 상태로 고리를 위로 잡아 올려 캔을 개봉하도록 설계하였다.



[그림 1] 개념설계도

개봉한 습식사료를 반려동물에게 제공하기 위해 사료를 그릇에 담은 후 그릇을 시스템 외부로 이동시키는 방법을 사용하였다. 이는 개봉된 캔 자체를 제공하면 반려동물이 캔의 날카로운 절단면에 다칠 우려가 있기 때문이다. 그림 1은 시스템의 개념설계도이며 기능에 따라 가동부와 운송부로 나눌 수 있다. 가동부는 캔을 개봉하는 모듈로 이루어지고, 운송부는 개봉된 습식사료를 반려동물에게 제공하는 모듈로 이루어진다.

### 2.2 역학계산

캔을 개봉하는 데 필요한 힘은 동OOO 으로부터 정보를 제공 받았으며, 일반적으로 기존의 캔 제품보다 반려동물 습식사료 캔을 개봉하는 데 힘이 조금 더 들기 때문에, 받은 수치에서 최댓값을 사용하였다. 캔 고리를 수직으로 세우는 힘을 POP, 고리를 잡고 뚜껑을 들어 올리는 힘을 PULL이라고 한다. 시중에 유통되는 307D BODY에서 알루미늄 EOE의 경우 POP 최댓값은 2.6kgf, PULL 최댓값은 6kgf이며 이 수치를 사용하여 역학계산을 하였다. 캔 고리를 꺾는 데 필요한 장치

의 힘, 캔 뚜껑을 제거하는 데 필요한 장치의 힘, 그리퍼가 캔을 고정하는 데 필요한 힘, 장치 이동에 필요한 토크, 사료 캔을 회전시키는 데 필요한 토크를 계산하였다. 설계한 POP장치로 캔의 고리를 꺾는 데 필요한 힘을 계산한 결과, 1.3kgf의 힘이 필요하다. 캔 뚜껑을 제거하는 데 필요한 힘은 PULL장치의 와이어 장력에 해당하며, 6.01kgf의 힘으로 작용해야 한다. 그리퍼가 캔을 고정하는 데 필요한 힘은 캔에 수직적으로 가장 큰 힘이 가해지는 때를 고려하여 계산하였다. 그리퍼와 동작이 연관되는 모듈 중 PULL장치가 작동할 때이다. 이를 고려한 결과, 그리퍼는 4.59kgf의 힘으로 캔을 잡아야 한다.

POP장치와 PULL장치를 이동시키는 방법으로 벨트와 풀리를 사용하며, 장치의 위치는 리미트 스위치를 통해 제어한다. 두 장치 중 더 무거운 PULL장치의 무게를 적용하여 계산한 결과, 이동장치에 쓰이는 모터의 동력은 1W 이상이어야 한다. POP장치와 PULL장치를 실행하는 방향이 반대로, 두 장치의 동작 사이에 캔의 방향을 180° 바뀌어야 한다. 계산 결과 캔의 회전에 필요한 토크는 0.173kgf·m이다.

### 2.3 상세설계

상세설계는 개념설계에서 그릇 디스펜서의 롤러를 회전시키는 방법과 그리퍼의 이동 범위를 변경하고 역학계산 결과를 반영하여 진행하였다. 개념설계의 그릇 디스펜서는 한 개의 DC 모터로 원동축이 되는 롤러를 정하고, 벨트를 통해 나머지 3개의 롤러에 동력을 전달하여 4개의 롤러를 회전시키는 방식이다. 그러나 롤러 4개가 동시에 회전해야 한 개의 그릇을 정확한 지점에 떨어트릴 수 있는데, 기존의 방식이 이에 적합하지 않다고 판단됐다. 따라서 롤러마다 서보모터를 연결하여 동시에 작동시키는 방식으로 변경하였다.

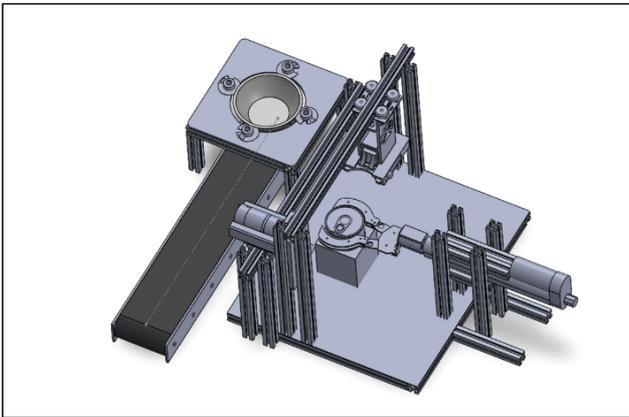
그리퍼의 이동 축은 본래 컨베이어 벨트 및 다른 모듈과 수평 관계에 있는 축과 수직관계에 있는 축으로 2개가 있었다. POP장치가 작동할 때 캔 및 그리퍼에 가해지는 힘을 고려하면, 수평 이동 축이 존재하는 경우 그리퍼가 이 힘을 견디지 못하고 밀려 나갈 가능성이 있어 수평 이동 축을 제거하였으며, POP장치가 가하는 힘을 견딜 수 있도록 구조물을 제작하여 고정하였다.

### 2.4 제작

그림 2는 장치의 상세설계도이다. 시스템은 유기적으로 작동하는 6개의 모듈로 구성된다. 여기서 모듈은 각각 캔을 잡아 고정하는 그리퍼, 캔의 고리를 꺾는 POP장치, 캔을 180°로 회전시키는 회전판, 캔의 뚜껑을 제거하는 PULL장치, 그릇을 보관하고 제공하는 그릇 디스펜서, 그릇을 운반하는 컨베이어 벨트이다. 캔을 개봉하는 POP장치, 회전판, PULL장치를 가동부라고 하며, 사료 및 그릇을 운송하는 그릇 디스펜서, 컨

베이어 벨트를 운송부라고 한다.

POP은 캔의 고리를 꺾는 장치로, 핵심 부품은 경사가 진 밀대와 스프링 가이드이다. 캔의 윗부분 테두리와 캔의 고리가 있는 면 사이에는 높낮이 차이가 있다. 밀대가 고리 아래로 파고들려면, 캔의 테두리 부분을 지난 뒤 캔의 면에 접촉해야 한다. 그리고 이를 가능하게 해주는 부품이 스프링 가이드이다. 스프링 가이드는 평상시 밀대를 받쳐주고 있다가, 장치가 캔의 옆면에 닿기 시작하면 뒤로 밀려나 밀대가 캔의 윗면에 떨어지게 한다. 밀대는 곡선 경사가 진 형태로, POP장치가 이동함에 따라 밀대가 고리를 서서히 파고들면서 고리가 경사면을 따라 위로 올라가 꺾이도록 설계하였다.



[그림 2] 상세설계도

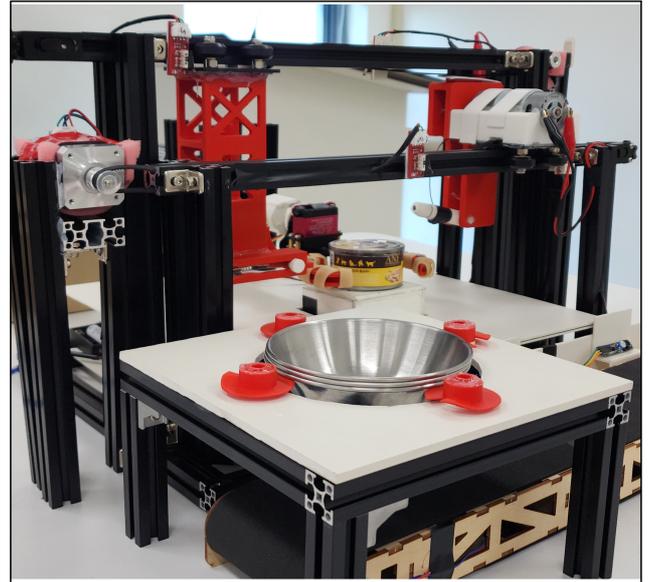
회전판은 POP장치 실행 후 PULL장치 실행 전, 캔의 방향을 180°로 바꿔주는 장치이다. POP장치와 PULL장치의 동작 방향이 반대이기 때문에 필요하며, 정확한 방향 전환을 위해 스텝핑 모터를 사용하였다. PULL은 캔의 고리를 잡아 올려 캔 뚜껑을 제거하는 장치로, 지렛대의 원리를 적용하였다. PULL장치를 이동시켜 막대 부분이 캔의 고리를 통과하도록 한 후, 막대와 연결된 와이어를 잡아 막대를 위로 올리면서 캔의 뚜껑을 들어 올리는 동작을 한다.

그리퍼의 주목적은 캔을 잡아 고정하는 것이며, 개봉된 사료를 그릇으로 옮길 때도 사용한다. 그리퍼는 집게, 서보모터, 액추에이터로 구성된다. 사료 운반을 위해 앞, 뒤로 이동할 수 있도록 집게와 액추에이터를 연결하였다. 그 사이에는 서보모터가 있어, 그리퍼가 액추에이터 축을 기준으로 170° 이내의 회전을 할 수 있다.

그릇 디스펜서는 그릇을 수직으로 보관하다가 캔이 개봉된 후 그릇을 제공한다. 단차가 있는 날개가 달린 롤러 4개를 서보모터로 동시에 회전시켜 그릇 하나를 아래로 떨어트린다.

컨베이어 벨트는 3가지 지점을 기준으로 하여 목적에 맞게 그릇을 운반한다. 3가지 지점을 A, B, C로 지정했으며, 각각 그릇 디스펜서에서 떨어지는 곳, 사료를 그릇에 담는 곳, 반려동물에게 사료가 담긴 그릇을 제공하는 곳이다. 지점마다 설치된 센서로부터 정보를 받아 그릇의 위치를 제어한다.

그림 3은 실제로 제작한 시스템의 모습이다. 가장 앞에 있는 모듈이 그릇 디스펜서와 컨베이어 벨트이다. PULL장치는 우측의 붉은 몸체와 흰 막대, 와이어 등으로 구성된 장치이며 POP장치는 좌측에 PULL장치와 마주 보고 있는 장치이다. 마지막으로, 중앙에 노란 캔이 놓인 흰 단상이 회전판이며 캔을 감싸고 있는 장치가 그리퍼이다.



[그림 3] 실제 제작한 장치의 모습

## 2.5 동작 제어

그림 4는 시스템의 모듈들이 유기적으로 동작하여 캔을 개봉하고 제공하는 과정을 나타낸 동작 순서도이고, 그림 5는 습식사료 자동급식시스템의 전체 구동과정을 나타낸다. 캔을 개봉하는 가동부가 작동한 뒤 사료 및 그릇을 운반하는 운송부가 작동한다. 동작 제어에 아두이노를 사용하였다. 먼저 가동부 동작은 다음과 같다. 습식사료 캔을 그리퍼가 잡아 고정된 후, POP장치가 캔이 있는 곳으로 이동하여 캔의 고리를 꺾고 원위치한다. 그리퍼가 캔을 놓은 다음 회전판이 작동하여 캔의 방향을 전환하고 다시 그리퍼가 캔을 잡는다. PULL장치가 이동하면서 캔의 고리에 와이어가 연결된 막대가 들어가고, 정지한 후 모터로 와이어를 잡아 막대를 위로 회전시켜 캔의 뚜껑을 제거한다. PULL장치가 원위치한 후 감긴 와이어를 풀어 막대에 걸려 있는 캔 뚜껑을 아래로 떨어트린다.

캔을 개봉한 후에는 운송부가 작동한다. 그릇 디스펜서의 롤러 4개가 동시에 회전하여 그릇 하나를 컨베이어 벨트 위로 떨어트린다. 사료를 그릇에 담기 위해 그릇을 컨베이어 벨트의 A지점에서 B지점으로 운반하고 정지한다. 그리퍼의 액추에이터가 작동하여 개봉된 캔을 그릇 위로 이동시킨다. 캔이 이동을 완료한 후 서보모터가 그리퍼를 아래 방향으로 170° 회전시켜 그릇에 사료를 떨어트려 담는다. 사료가 담긴 그릇을 컨베이어 벨트의 C지점으로 운반하여 반려동물에게

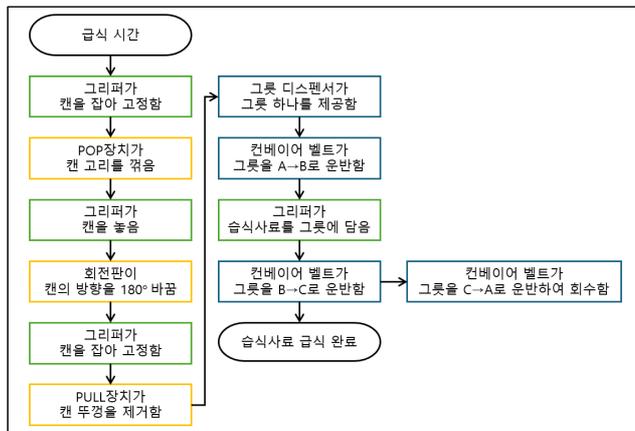
습식사료를 제공한다. 그 사이 그리퍼는 원위치한다. 일정 시간이 지난 후 제공했던 사료와 그릇을 컨베이어 벨트의 A지점으로 운반하여 회수한다.

### 2.6 실험 결과

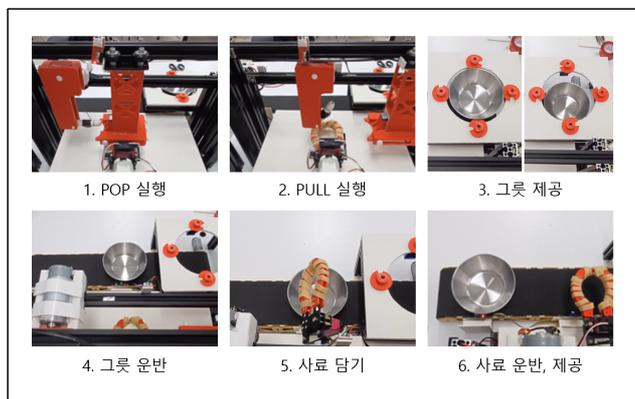
장치 제작 및 동작 제어를 완료하고 습식사료 캔을 투입하여 작동시킨 결과, 두 가지 문제점을 발견하였다.

POP장치와 PULL장치는 각각의 역할을 수행하여 캔의 뚜껑을 제거하는 데 적합했으나, POP장치와 PULL장치가 작동할 때 그리퍼가 그 힘을 완전히 견디지 못했다. 샘플로 사용한 습식사료 캔을 개봉하는 데 필요한 힘이 역학계산에 적용한 수치보다 큰 것이 원인으로 판단된다. 또한 그리퍼 부품 간의 결합 부분을 구조적으로 보완할 필요가 있으며, 그리퍼 집계의 힘을 증가시키면 이 문제를 해결할 수 있을 것이다.

캔을 개봉한 후 사료를 그릇으로 옮겨 담는 동작과 사용한 습식사료의 제형이 알맞지 않았다. 캔을 잡은 그리퍼를 아래 방향으로 170° 회전시켜 사료를 그릇에 더는 동작을 설계했는데, 습식사료가 무스 형태로 캔의 면에 단단히 붙어 아래로 떨어지지 않았다. 따라서 내용물을 휘젓거나 퍼서 옮길 수 있는 장치를 추가할 필요가 있다.



[그림 4] 동작 순서도



[그림 5] 습식사료 자동급식시스템 전체 구동 제어

### 3. 결론

반려 가구의 증가에 따라, 기존의 자동 급식기의 단점을 보완할 수 있는 새로운 개념의 습식사료 자동 급식시스템을 제안하였다. 개발된 6개의 구성 모듈들은 동작에 요구되는 힘이 계산되어 상세설계에 반영되었으며, 시제품 제작과 유기적 동작제어도 성공적으로 수행되었다. 습식사료 캔을 투입하여 실험한 결과, 그리퍼의 구조적 문제점과 내용물을 그릇으로 담는 과정의 보완 연구가 요구됨을 확인할 수 있었다. 이를 위하여 향후 그리퍼 부품 간의 결합 부분 보완설계 및 습식사료 내용물의 이송방법 변경 모듈 추가 등의 연구가 필요하다.

#### 참고문헌

- [1] 황원경, 이신애, 2023 한국 반려동물 보고서. KB 경영연구소, 대한민국, pp. 13, 30~31
- [2] 황원경, 손광표, 2021 한국반려동물보고서, KB 경영연구소, 대한민국, pp.23~24, 61
- [3] 김희정, 전예진, 이승현, 권오병, "반려동물용 자동 사료급식기의 비용효율적 사료 중량 예측을 위한 딥러닝 방법", 지능정보연구, Vol.28, No.2, pp.263-278, 2022..
- [4] 김수현, 신지선, 문예림 and 권구주. "IoT 기반 약, 사료 혼합 자동급식기 설계 및 구현." 한국정보처리학회 학술대회논문집, vol. 27, no. 2, pp. 315-318, 2020.
- [5] 김수진, 신예진, 최유정, 최민서, 한정민 et al., "IoT 기반 자동 급식/급수 서비스를 제공하는 반려동물 케어 웹 시스템 개발", Proceedings of KIIT Conference, 한국정보기술학회, 제주, pp.985-989, 2023-06-01.
- [6] 최민석, 최찬욱, 송선호, 오준교, "앱 기반 애완동물 비만 관리 급식 시스템", 한국전자통신학회 논문지, Vol.19, No.1, pp.275-282, 2024.