

앱 기반 애완동물 비만 관리 급식 시스템

최민석* · 최찬욱* · 송선호* · 오준교* · 한영오**

App-based Pet Obesity Management Feeding System

Min-Seok Choi* · Chan-Wook Choi* · Sun-Ho Song* · Jun-Kyo Oh* · Young-Oh Han**

요약

본 논문은 반려동물의 비만율이 증가하는 현대사회에서 애완동물의 비만 관리를 위해 사료 배식과 운동량 측정 등의 기능을 수행하는 앱 기반 급식기와 활동량 측정 웨어러블 목걸이를 제안한다. 웨어러블 목걸이는 애완동물의 활동량을 측정하고 하루 평균 활동량에 따라 적절한 사료량을 제안한다. 급식기는 예상치 못한 상황에서도 비만 관리가 가능하게 하루 적정 사료량을 앱을 통하여 제공할 수 있는 앱 기반 애완동물 급식 시스템을 연구하였다.

ABSTRACT

This paper proposes an app-based feeder that performs functions such as distributing food and measuring exercise amount and a wearable collar that measures activity level to manage pet obesity in modern society where the obesity rate of pets is increasing. The wearable collar measures the pet's activity level and suggests the appropriate amount of food based on the average daily activity level. We studied an app-based pet feeding system that can provide the appropriate amount of feed per day through an app to enable obesity management even in unexpected situations.

키워드

Stepping Motor, Screw Feeder, Weight Sensor, Gyroscope, APP INVENTOR
스텝핑 모터, 스크류 피더, 무게 센서, 자이로스코프 센서, 앱 인벤터

1. 서론

최근 들어 반려동물의 비만율이 점점 높아지고 있다. 이러한 상황은 주로 반려인들이 자신의 반려동물에게 과도한 음식과 간식을 주는 경향과 바쁜 일상으

로 인해 충분한 운동을 제공하지 못하는 경우가 많기 때문이다. 특히, 반려인들은 반려동물의 건강을 유지하는 데 있어서 충분한 지식과 경험이 부족한 경우가 많다. 이러한 부족한 지식과 경험 때문에 건강 상태를 제대로 파악하지 못하고 비만을 상승 등의 건강 문제

* 남서울대학교 전자공학과(flwpszm145@naver.com, chanwook8579@naver.com, tjshgrwhr12@naver.com, oobh112@naver.com)

** 교신저자 : 남서울대학교 전자공학과

• 접수일 : 2023. 10. 26

• 수정완료일 : 2023. 12. 19

• 게재확정일 : 2024. 02. 17

• Received : Oct. 26, 2023, Revised : Dec. 19, 2023, Accepted : Feb. 17, 2024

• Corresponding Author : Young-Oh Han

Dept. of Electronic Engineering, Namseoul University,

Email : youngoh@nsu.ac.kr

가 발생한다. 최근 통계청 보도자료에 따르면, 반려견과 반려묘의 40% 이상이 비만 또는 과체중 상태라고 한다[1]. 애완동물의 비만은 동물의 스트레스를 가중하고, 당뇨병, 관절염, 심장병 등 만성 질병의 발생률을 높일 수 있다[2-4]. 이에 따라 기능성 반려동물 식품 수요가 꾸준히 증가하고 개발되고 있으며, 반려동물의 비만 예방을 위한 다양한 접근 방법들이 연구되고 있다. 본문에서는 이를 해결하기 위한 기능성 반려동물 급식기와 웨어러블 목걸이를 개발하였다.

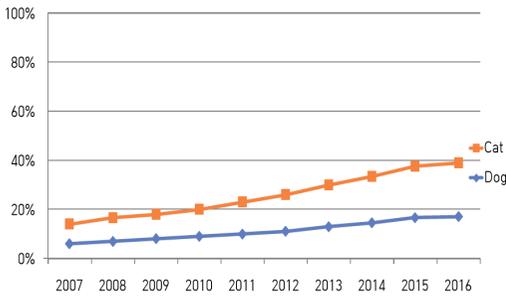


그림 1. 10년 동안 애완동물 비만 증가율
Fig. 1 Pet obesity increase in 10 years

그림 1은 미국에서 10년 동안 실제 반려동물의 비만율을 증가율 통계이다. 미국 내 수의사의 80%와 반려인의 68%는 반려동물의 체중 감량을 시도해 본 적이 있으며, 그 방법으로 저열량, 저지방 또는 처방 사료에 대해서는 미미한 효과를 보인다는 연구 결과가 있으며, 사료 섭취량 감소와 운동량 증가가 체중 감량에 가장 효과적인 방법이라는 연구 결과도 있다[5]. 또한, 미국 내 연구에서는 클래식 음악은 반려동물의 스트레스를 완화하여 스트레스 해소에 도움이 된다 [6-7]. 이러한 스트레스 해소는 반려동물의 만성 질병 예방에 도움이 된다[8]. 본 논문은 반려동물의 비만 관리를 위해 사료 배식과 운동량 측정 등의 기능을 수행하는 앱 기반 급식기와 웨어러블 목걸이를 제안한다. 앱 기반 비만 관리 급식 시스템을 활용하면 반려동물의 건강 상태를 관찰하고, 사료 배식에서도 편리함을 제공할 수 있어 걱정을 덜어줄 것으로 기대된다. 이러한 배경 속에서 본 논문은 반려동물의 건강을 책임질 수 있는 앱 기반 비만 관리 급식 시스템을 개발하였다.

II. 시스템 구성

2.1 시스템 구성도

그림 2는 본 논문에서 제안하는 앱 기반 애완동물 급식기 시스템 구성도를 설명하고 있다. 시스템의 중심이 되는 메인 제어부인 WeMos ESP8266 D1 R1이다. WeMos ESP8266 D1 R1은 메인 MCU로써 애플리케이션과 웹서버를 기반으로 하여 Stepping Motor, MP3 Module, HX-711 센서들의 데이터를 수집하고, 이 데이터를 와이파이 통신을 통해 출력부인 스마트폰 애플리케이션으로 송신한다. 이렇게 수신받은 데이터를 애플리케이션을 통해 동작을 구현 및 확인할 수 있다. 또한, 서브 제어부를 통해 MPU-6050을 사용하여 활동량 측정을 하고 측정된 데이터를 서브 제어부인 Arduino에 저장한다. 이 수집한 데이터를 블루투스 통신을 이용해 애플리케이션으로 송신한다. 최종적으로 애플리케이션에서 데이터값을 모두 확인할 수 있다. 이러한 시스템을 통해 반려동물의 활동량을 측정하고 적절한 사료량 데이터를 받아 반려동물의 건강을 책임질 수 있다.

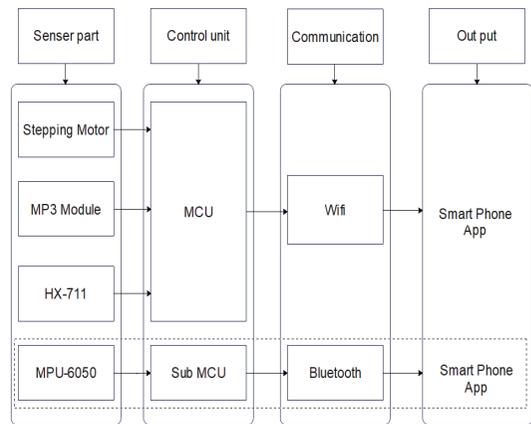


그림 2. 시스템 구성도
Fig. 2 System configuration diagrams

2.2 구동 알고리즘

2.2.1 사료 배식 구동 알고리즘

그림 3은 사료 공급 알고리즘이다. 본 작품은 사료 공급 방식에 두 가지 방법을 사용하였다. 첫째, IoT 급식기이다. 사료 공급시간을 앱을 통해 예약하면 데이터 서버에 예약 시간이 저장되고 그 시간에 맞춰

MCU에 데이터를 보낸다. 둘째, 수동급식 방법이다. 원하는 시간에 맞춰, 주고 싶은 사료량을 애플리케이션에 입력하여 데이터를 전송하게 되면, 받은 데이터를 MCU에 데이터를 전송한다. 와이파이 통신으로 데이터를 받은 MCU는 스테핑모터를 구동하여 사용자가 입력한 사료량을 적절하게 공급할 수 있다[8-9].

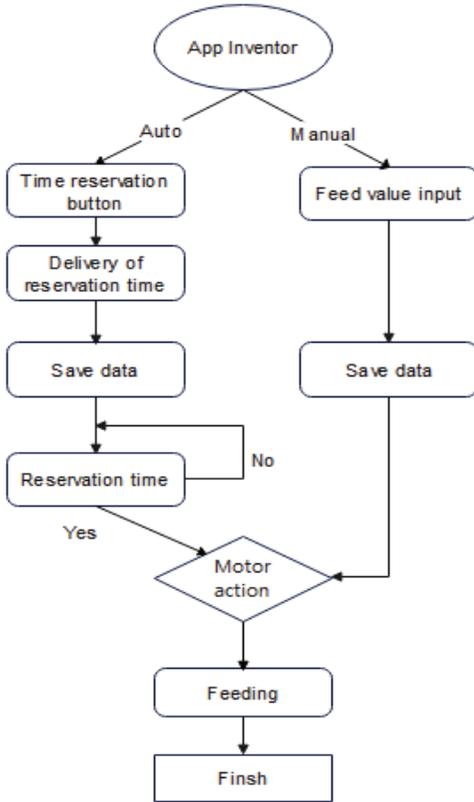


그림 3. 사료 구동 알고리즘
Fig. 3 Driving Algorithm

2.2.2 활동량 측정 알고리즘

본 작품은 자이로스코프와 가속도계 X, Y, Z축 값을 측정하였다. 이때, 활동량 측정의 정확도를 높이기 상보 필터를 적용하였다. 상보 필터(Complementary Filter)는 자이로스코프(Gyroscope)와 가속도계(Accelerometer)와 같은 여러 센서 데이터를 결합하여 더욱 정확한 자세 추정을 수행하는 필터이다

[10-11]. 그림 4는 상보 필터 블록 다이어그램이다. 이때 θ_c 는 가속도 센서에서 얻은 각도이고, θ_g 는 자이로 센서에서 얻은 각속도이다. θ 는 필터의 결과값이며 이때, G_1 은 저역 통과 필터이고, G_2 는 고역 통과 필터이다. 가속도 센서는 원심력의 영향을 받아 움직임이 발생할 때마다 가속도 센서에 값이 불안정하다. 이를 보완해주기 위해 저역 통과 필터(LPF)를 적용하였고, 자이로스코프 센서는 시간이 점진적으로 흐르면서 Drift 현상이 발생한다. Drift는 두 가지 요인에 의해 발생한다. 첫 번째는 센서 자체의 내부 오차이다. 두 번째는 외부 요인에 의한 영향이다. 이로 인해 자이로스코프 센서는 고역 통과 필터(HPF)를 적용하여 이런 드리프트 현상을 보완해주어야 한다.

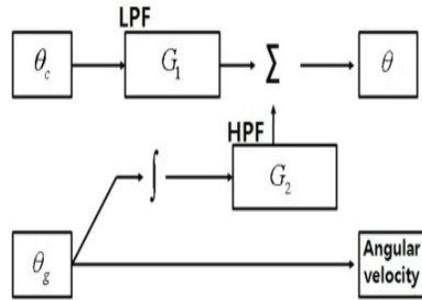


그림 4. 상보 필터 블록 다이어그램
Fig. 4 Complementary Filter Block Diagram

그림 5는 본 논문에서 웨어러블 목걸이의 활동량을 측정 알고리즘이다. 정확한 활동량 측정을 위해 상보 필터를 적용하고 X, Y, Z축의 각도를 측정하였다. 이때, X, Y, Z 회전속도의 각도의 합이 임계값 50을 초과하면 걸음 수 1씩 증가시켰다. 걸음 수가 측정되면 그때 추출한 걸음 수 측정값은 블루투스를 통해 스마트폰과 통신하여 전송하였다. 이때, 통신오류가 발생하면 재시도를 하여 안정적인 통신을 유지한다. 또한, 통신상태가 원활하게 이루어졌을 경우, 앱 인벤터를 통하여 걸음 수 측정값이 출력된다. 이로써, 웨어러블 목걸이는 반려동물의 활동량을 측정함으로써, 사용자에게 하루 적정 사료량의 정보를 제공하여 애완동물의 비만 관리 및 예방을 할 수 있다. 이를 통해 애완동물의 건강한 삶을 유지하는 데 도움을 줄 수 있다.

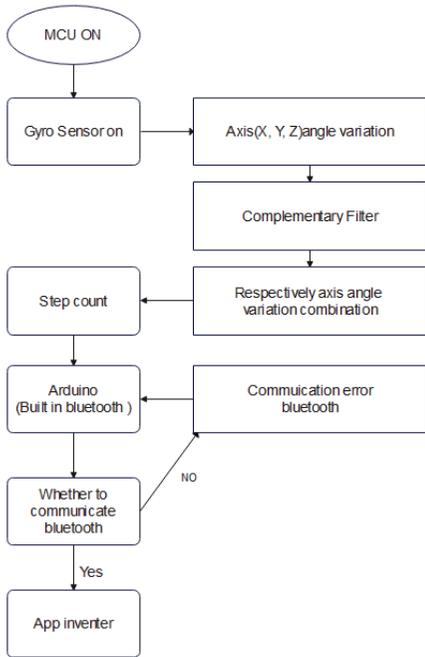


그림 5. 활동량 측정 알고리즘
Fig. 5 Activity Measurement Algorithm

2.3 애플리케이션 설계

그림 6은 본 논문에서 앱 인벤터(App Inventor)를 이용하여 애플리케이션을 구현하였다. 본 시스템은 앱 기반 급식기와 웨어러블 목걸이로 구성되어 있다. 앱 기반 급식기에 들어가는 센서는 무게 센서, 소리 센서, 스텝모터, MP3 모듈의 다양한 센서와 액추에이터로 구성되어 있으며, 스마트폰 애플리케이션을 통해 사용자가 원하는 동작을 수행한다. IoT 급식기 시스템은 예약 상태와 Manual 상태로 구분된다. 예약 상태에서는 알람을 설정하여 일정 시간이 지나면, 설정된 값만큼 스텝모터가 제어되어 사료가 배출된다. 웨어러블 목걸이는 걸음 수를 측정하는 MPU-6050 센서를 내장하고 있다. 이 센서는 애완동물의 걸음 수를 측정하고, MPU-6050 모듈을 통해 스마트폰으로 전송한다. 스마트폰과 MPU-6050은 블루투스로 연결하며, 이를 통해 스마트폰으로 데이터값 받아 올 수 있다. 앱 인벤터에서는 데이터값을 처리하여 걸음 수의 데이터 값이 차례대로 증가하는 것을 확인할 수 있다. 헬스케어 웨어러블은 이러한 기능을 통해 애완동물의 활동량을 측정하여 건강 상태를 파악할 수 있다.



그림 6. 애플리케이션 메인메뉴
Fig. 6 App

III. 실험 및 고찰

3.1 사료 배식 동작 실험

사료 지급을 위해 입력값에 따른 사료 조절 및 배식을 위한 실험이다. 표 1은 앱에서 지급해야 할 사료량을 입력하였을 때 실제 사료 공급기를 통해 지급되는 사료량의 무게를 5회에 걸쳐 평균 출력값을 측정 한 것이다. 표 1에서 g 수가 높아질수록 편차가 많이 발생하는 것을 알 수 있다. 사료를 지급하기 위해 사용된 스크루 피더의 폭이 좁아 이러한 오차를 발생한다는 것을 확인할 수 있었다. 그림 7은 본 논문에서 구현한 애플리케이션을 통해 사료량을 지정하고 예약을 할 수 있는 화면이다. 사료 지급 모듈에는 두 가지 방법이 있다. '실시간 사료 지급 기능', '예약 사료 지급 기능' 두 가지가 있다. 첫째, 수동 사료 지급하는 기능이 있다. 실시간 사료량을 입력하고 전송하면 급식기에서 사료 지급이 가능하도록 구현하였다. 둘째, 사료 예약 기능이다.

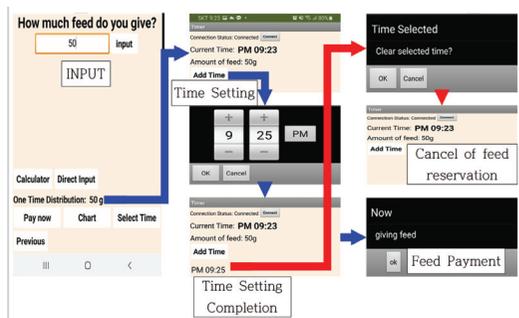


그림 7. 애플리케이션 예약정보 확인/취소 화면
Fig.7. Application Screen of Feed Reservation System

사용자가 애플리케이션에 시간을 예약하고 사료량을 입력하면 예약 시간 때 입력된 사료량이 제공된다.

표 1. 스텝모터 동작에 따른 사료량
Table 1. Contents related to stepping motor operation

Input(g)	Average Amount of Feed Provided after Five Measurements				
	1st	2nd	3rd	4th	5th
5g	5.2	6	5.8	6.4	4.2
10g	11	11.4	11.2	11.2	11.4
20g	21.6	19	20.2	21.8	19.2
30g	27.6	31.4	31.6	31	33.2
40g	41	38.8	40.2	36.6	35

3.2 웨어러블 목걸이를 이용한 활동량 측정 실험

3.2.1 웨어러블 목걸이 구현 모습

그림 8은 본 연구에서 개발한 웨어러블 활동량 측정 목걸이 회로도이다. MPU-6050 센서를 통해 X, Y, Z의 값을 측정하고, 필터를 적용하여 정확도를 높여 활동량 데이터를 측정하였다. 블루투스 통신을 이용하여 애플리케이션에 활동량 데이터를 제공하였다.

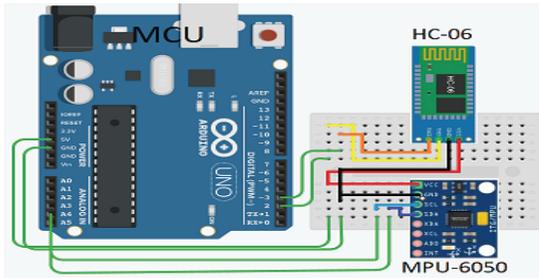


그림 8. 웨어러블 목걸이 회로도
Fig. 8 Wearable Necklace Circuit Diagram

3.2.2 활동량 측정 실험

그림 9, 10은 본 연구에서 강아지의 활동량을 측정하기 위해 MPU-6050 센서를 사용하였다. 하지만 MPU-6050 센서에 필터를 적용하지 않고 바로 사용하면 자이로스코프 센서에 들어오는 노이즈에 의하여 측정값에 큰 오차를 발생한다. 그림 9, 그림 10은 일정 시간 동안 움직임이 없는 상태에서 측정된

각도 변화를 분석한 결과를 보여준다. 센서의 측정값은 시간에 따라 변화하며, 이 그래프는 각 시간 단계에서 측정된 각도를 나타낸다. 그림 9는 그림10와 달리 움직임이 없는 상태에서 각도 변화가 평균 -24도의 각도를 가지고 있다. 이는 필터를 적용하지 않은 자이로스코프 센서에 노이즈와 드리프트 현상으로 인한 오차가 발생한 것이다. 그림10은 상보 필터를 적용하였다. 그 결과 그림 9과 달리 움직임이 없는 상태에서 각도 변화가 평균 -3도의 각도를 가지고 있다. 그림 9와 비교하였을 때 정확도가 높아진 것을 확인할 수 있다.



그림 9. 필터 적용 전 움직임 변화가 없을 때 회전각도

Fig. 9 Rotation angle when there is no change in movement before applying the filter

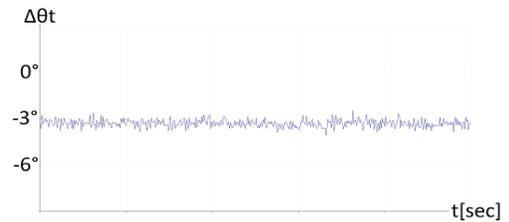


그림 10. 필터 적용 후 움직임 변화가 없을 때 회전각도

Fig. 10 Rotation angle when there is no change in movement after applying the filter

표 2와 표 3은 필터 적용 전후의 걸음 수를 측정한 값이다. 표 2 강아지 걸음 수 측정된 값은 50m 이동 시 평균 158이 나오는 것을 확인하였다. 하지만 표 3에서 필터값이 적용된 걸음 수 값이 50m 이동 시 평균 82.6이 나오는 것을 확인하였다. 즉 필터를 적용한 값에 비해 적용되지 않은 값이 약 2배 이상 증가한 것을 확인할 수 있었다.

표 2. 필터 적용 전 걸음 수 측정값
Table 2. Step count measurement before filter application

Dist(m)	Step Count Output					
	1st	2nd	3rd	4th	5th	Avg
10m	35	33	32	23	24	29.4
20m	76	74	62	57	49	63.6
30m	110	111	92	85	74	94.4
40m	140	141	134	115	104	127
50m	165	170	162	147	144	158

표 3. 필터 적용 후 걸음 수 측정값
Table 3. Step count measurements after applying filter

Dist(m)	Step Count Output					
	1st	2nd	3rd	4th	5th	Avg
10m	15	18	16	15	17	16.2
20m	32	36	31	33	31	32.6
30m	45	46	45	48	46	46
40m	64	62	63	63	62	62.8
50m	84	86	83	81	79	82.6

3.2.3 활동량 측정 앱 구동 실험

그림 11은 애완견의 움직임이 감지되었을 때 제작한 웨어러블 목걸이가 데이터값을 전송하여 애플리케이션을 통해 걸음 수가 정상적으로 증가하는지 확인하기 위한 실험이다. 위에서 설명한 그림 11처럼 실제 강아지 걸음 수를 측정할 결과 100m 이동 시 370걸음 수가 측정되는 것을 확인하였다. 이때, 우리는 10m 이동할 때 평균 37걸음 수로 하여 강아지 하루 평균 활동 거리를 측정하였다.

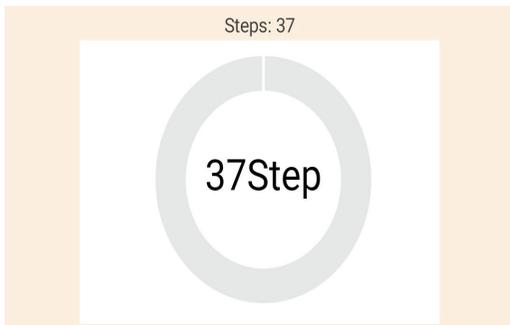


그림 11. 애플리케이션 걸음 수 측정 화면
Fig. 11 Application step count screen

IV. 결론

본 논문은 현대사회에서 반려동물의 비만율이 증가하고 있는 상황에서 반려동물을 돌보는 데 도움을 주는 앱 기반 급식기와 웨어러블 목걸이를 개발하였다.

본 논문에서 구현한 비만 관리 사료 급식 시스템은 스크류 피더와 스텝핑모터를 활용하여 PWM 파형을 제어하여 정확한 사료량을 조절할 수 있도록 설계되었다. 또한, 예약 시스템을 도입하여 스마트폰을 통해 예상하지 못한 상황에서도 사료를 지급할 수 있도록 하였다. 웨어러블 목걸이는 MPU-6050 센서를 사용하고 상보 필터를 적용하여 정확한 활동량을 측정하였다. 측정된 활동량에 따라 적절한 사료의 데이터를 제공하였다. 제공된 정보를 바탕으로 반려동물의 건강을 책임질 수 있는 앱 기반 급식기와 웨어러블 목걸이를 개발하였다.

References

- [1] J. Gil and G. Kim, "Corn Starch Pet Food With High Resistance Starch Content, Obesity Prevention Effect," *National Institute of Animal Science*, vol. 4, Apr. 2022. pp. 191-192.
- [2] C.-F. Chiang, C. Villaverde, W.-C. Chang, A. J. Fascetti, and J. A. Larsen, "Prevalence, Risk Factors, and Disease Associations of Overweight and Obesity in Dogs that Visited the Veterinary Medical Teaching Hospital at the University of California, Davis from January 2006 to December 2015," *Topics in Companion Animal Medicine*, vol. 48, 2022. pp. 57-58.
- [3] A. J. German, "The Growing Problem of Obesity in Dogs and Cats," *The Journal of Nutrition*, vol. 136, no. 7, July 2006, pp. 1940-1946.
- [4] E. Kim, "Obesity management of dogs," *National Institute of Animal Science*, vol. 1, 2019. pp. 128-129.
- [5] Association for Pet Obesity Prevention. "Press Release and Summary of the Veterinary Clinic: Pet Obesity Prevalence Survey & Pet Owner

Weight Management, Nutrition, and Pet Food Survey," Report, Mar. 2019.

- [6] A. Bowman, S. SPCA, F. Dowell, and N. P. Evans, "Four Seasons in an animal rescue centre; classical music reduces environmental stress in kennelled dogs," *Physiology & Behavior*, vol. 143, 2015, pp. 70-82.
- [7] A. Bowman, S. SPCA, F.J. Dowell, and N. P. Evans, "The effect of different genres of music on the stress levels of kennelled dogs," *Physiology & Behavior*, vol. 171, 2017, pp. 207-215.
- [8] Y. Han, H. Jun, S. Moon, J. Lee, "Smart Closet based on Arduino MEGA," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Science*, vol. 17, no. 5, 2022, pp. 949-958.
- [9] Y. Han, J. Kim, Y. Kim, S. Choi, "Outdoor Smart Follow Cart using Bluetooth Function of Smartphone," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Science*, vol. 17, no. 5, 2022, pp. 959-968.
- [10] J. Yun, H. Min, S. Kwon, and E. Jeung, "Design of first order complementary filter using the least square method," *IASTED Technology and Management Conference*, Phuket, Thailand, Nov. 2010. pp. 271-273.
- [11] S. Tseng, W. Li, C. Sheng, J. Hsu, and C. Chen, "Motion and attitude estimation using inertial measurements with complementary filter," In *Proceedings of the 2011 8th Asian Control Conference(ASCC)*, Kaohsiung, Taiwan, 2011, pp. 863-868.

저자 소개



최민석(Min-Seok Choi)

2017년 3월~현재 남서울대학교 전자공학과 재학
2023년 남서울대학교 전자공학과 졸업예정

※ 관심분야 : 반도체공학, 제어공학



최찬욱(Chan-Wook Choi)

2017년 3월~현재 남서울대학교 전자공학과 재학
2023년 남서울대학교 전자공학과 졸업예정

※ 관심분야 : 전자회로,디스플레이



송선호(Song-Sun Ho)

2017년 3월~현재 남서울대학교 전자공학과 재학
2023년 남서울대학교 전자공학과 졸업예정

※ 관심분야 : 회로이론,반도체공학



오준교(Jun-Kyo Oh)

2018년 3월~현재 남서울대학교 전자공학과 재학
2023년 남서울대학교 전자공학과 졸업예정

※ 관심분야 : 마이크로프로세서,디지털생체신호처리



한영오(Young-Oh Han)

1886년 2월: 연세대학교 전기공학과 졸업 (공학사)
1989년 8월: 연세대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학석사)
1985년 8월: 연세대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학박사)
1996년 ~ 현재: 남서울대학교 전자공학과 교수

※ 주 관심분야 : 디지털 신호처리 시스템, 인공지능, 홈 헬스케어 시스템

