

스마트 반려묘 원격 놀이·케어 시스템

정욱현¹, 김민준², 유승호^{1*}

국립부경대학교 컴퓨터·인공지능공학부¹, 국립부경대학교 글로벌자율전공학부²

ughyeonjeong375@gmail.com, a01077608653@gmail.com, *shyoo@pknu.ac.kr

Smart Remote System for Companion-Cat Play and Care

Ukhyun Jeong¹, Minjun Kim², Seungho Yoo^{1*}

*Pukyong National University, Division of Computer Engineering and Artificial Intelligence¹,

Pukyong National University, Division of Global & Interdisciplinary Studies²

요약

1인 가구, 맞벌이 가구와 같은 현대 사회의 라이프스타일 변화로 반려묘가 홀로 방치되는 시간이 늘어나면서, 반려묘의 정서적 고립감과 반려인의 심리적 불안감 및 부채감을 해소하기 위한 대책이 요구되고 있다. 특히 외출 중인 반려인이 느끼는 심리적 불안감과 부채감은 반려묘와의 유대감을 저해하는 요소가 되기도 한다. 본 논문은 이러한 문제를 해결하고자 IoT 기술 기반의 ‘스마트 반려묘 원격 놀이·케어 시스템’을 제안한다. 본 시스템은 기존 팻테크(Pet Tech) 제품의 단방향적인 한계를 넘어 능동적인 상호작용과 고양이의 종 특이적 생태 습성을 반영한 놀이를 제공한다. 이를 통해 시공간의 제약을 극복하고 반려인과 반려묘 간의 정서적 유대감을 지속적으로 강화할 수 있는 기술적 대안을 제시하고자 한다.

I. 서론

2024년 말 기준 국내 반려동물 양육 가구는 약 591만 가구로 전체 가구의 27%에 육박하고 있다. 주목할 점은 최근 반려견의 수는 정체되거나 소폭 감소한 반면, 반려묘의 수는 2023년 대비 약 18만 마리 증가한 217만 마리로 뚜렷한 성장세를 보인다는 점이다. 반려묘 양육 가구가 꾸준히 증가함에 따라 반려묘의 복지와 건강 관리에 대한 사회적 관심도 함께 높아지고 있다. 그러나 1인 가구나 맞벌이 가구와 같은 현대적 가족 형태에서는 보호자의 외출 시간 동안 반려묘가 장시간 홀로 방치되는 사례가 빈번하며, 이는 반려묘의 정서적 고립감과 보호자의 심리적 불안감 및 부채감을 야기하는 주요 원인이 되고 있다. 따라서 증가하는 반려묘 가구의 삶의 질을 개선하기 위한 기술적 대안이 절실했던 시점이다.

이러한 시대적 요구에 발맞추어, 최근 반려 가구에서는 사물인터넷(IoT)과 인공지능(AI)을 접목한 이른바 팻테크(Pet Tech) 기술이 실질적인 대안으로 활발히 도입되고 있다. 실제로 2023년 대비 반려 가구의 행태를 살펴보면, TV나 조명, 자동 급식기, CCTV 등 디지털 기기를 활용해 반려동물의 안전과 편안함을 도모하려는 스마트 팻케어 노력이 눈에 띄게 증가했다. 특히 주목할 만한 점은 유료 서비스인 반려동물 위탁 시설 이용이 전년 대비 22.6%나 대폭 감소했다는 사실이다. 이는 외부의 대면 서비스에 의존하기보다 팻카메라, 팻로봇, 스마트홈 시스템 등 고도화된 기술을 통해 가정 내에서 직접 반려동물을 보살피는 셀프 케어 방식으로 패러다임이 전환되었음을 시사한다^[1].

하지만 이처럼 기술적 대안이 양적으로 광창했음에도 불구하고, 현재 시장에 보급된 제품들이 반려묘의 정서적 고립감을 해소할 수 있는가에 대해서는 여전히 의문이 남는다. 시중에 보급된 대다수 제품이 단순 원격 제어나 단방향 모니터링 수준의 기능에 치중되어 있을 뿐만 아니라, 고양이

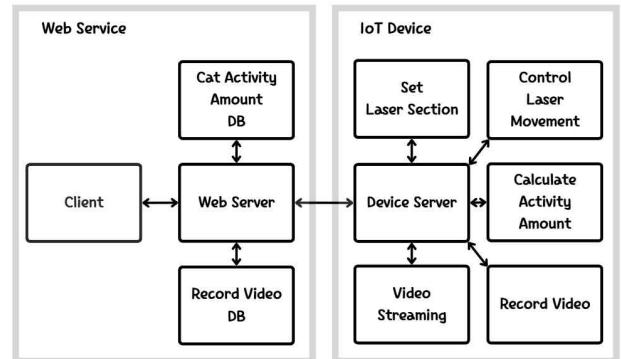


그림 1. 시스템 구조도

의 종 특이적 생태 습성을 충분히 반영하지 못하고 있기 때문이다. 따라서 본 논문에서는 고양이의 종 특이적 생태 습성을 반영한 맞춤형 놀이 시스템을 통해 반려묘의 정서적 고립감을 해소하고, 반려인과 반려묘 간의 능동적인 상호작용을 지원함으로써 반려인의 심리적 불안감 및 부채감을 해소할 수 있는 ‘스마트 반려묘 원격 놀이·케어 시스템’을 제안한다.

II. 본론

본 시스템은 그림 1과 같이 레이저 포인터를 활용한 놀이 수행 및 반응 데이터를 수집하는 IoT 디바이스와, 이를 원격 제어하고 분석된 피드백을 사용자에게 시각화하여 제공하는 웹서비스로 구성된다.

2.1 디바이스 구성 및 설계

고양이는 개와 달리 독립적인 생태적 특성으로 인해, 보호자 없이 홀로 지내는 시간이 길며 외부 자극이 부족하더라도, 정서적 영향을 크게 받지

Key Components	Model Name
Single Board Computer (SBC)	Raspberry Pi 4 Model B
Camera Module	Raspberry Pi Camera Module 2
Motor Driver	Grove-16-Channel PWM Driver (PCA9685)
2-Axis Servo Motor, Laser Module	SG-90, SZH-EKAD-107

표 1. IoT 디바이스 하드웨어 구성

않는다는 것이 일반적인 통념이다. 그러나 최근의 동물행동학 연구들에 따르면, 감각적 자극의 결여는 고양이에게 심각한 심리적 스트레스를 유발하는 주요 원인이 된다.

이러한 감각적 자극의 결여를 효과적으로 해결할 수 있는 것이 레이저 포인터를 활용한 놀이이다. 기존의 영상 매체(예: 고양이용 텔레비전)를 활용한 팻케어 방식은 동물이 자극원에 직접 접근하거나 실질적으로 상호 작용할 수 없어 해당 동물에게 좌절감과 부적절한 행동 문제를 유발할 위험이 있다. 반면 레이저 포인터를 활용한 놀이는 반려묘로 하여금 사냥 행동 중 추격 및 덮치기와 같은 종 특유의 동적 행동을 유도할 수 있다는 장점이 있다. 이는 반려묘의 정서적 복지를 증진하고 스트레스를 완화하기 위한 환경 풍부화의 핵심 목표인 '종 특유의 행동 패턴 범위 및 빈도의 확대'를 달성하는 기제가 된다^[2].

이러한 레이저 놀이를 공학적으로 구현하기 위한 본 시스템의 IoT 디바이스는 데이터 처리 및 통신, 모터 및 카메라 제어를 담당하는 싱글 보드 컴퓨터, 실시간 반려묘 모니터링 및 영상 데이터 수집을 하는 카메라 모듈, 구동부 전력 분리를 통한 시스템 안정성 확보를 위한 모터 드라이버, 레이저 광원의 2축(Pan, Tilt) 회전 구동 및 시각적 자극 발생을 위한 2축 서보 모터와 레이저 모듈로 구성되며, 상세 내역은 표 1과 같다.

이러한 하드웨어 구성을 바탕으로 사용자가 웹서비스 인터페이스에서 지정한 2차원 영상 좌표를 실제 구동부의 2축 회전 각도로 정밀하게 변환해야 한다. 이를 위해 본 시스템에서는 수식 1에 나타난 것과 같이 카메라 영상 좌표계와 서보 모터 각도 좌표계 간의 상관관계를 정의할 수 있는 Homography 변환 알고리즘을 적용하여 두 좌표계를 Mapping 하였으며^[3], 그 상세 과정은 다음과 같다. 2차원 영상 좌표에서 9개의 좌표를 지정한 후, 각 좌표에 레이저를 투사하도록 서보 모터 2축 회전 각도 값을 조정하여, 각 2차원 영상 좌표에 대응하는 서보 모터 2축 회전 각도 값을 생성하였다. 이 데이터를 가지고 Homography 변환 알고리즘을 통해, 두 좌표계 간의 상관관계를 정의하는 행렬을 생성하였다. 이를 통해 2차원 영상 좌표 입력값이 Homography 변환 행렬을 거쳐 2축 서보 모터를 움직이며 레이저 포인터를 활용한 놀이를 제공할 수 있도록 구현하였다.

$$x' = \begin{pmatrix} A & t \\ v^T & v \end{pmatrix} x$$

2.2 웹서비스 인터페이스 및 데이터 분석

본 시스템은 시공간의 제약 없이 반려인과 반려묘 간의 능동적인 상호작용을 지원하기 위한 웹서비스를 제공한다. 사용자 인증을 통해 개별 디바이스에 접근하며, 주요 기능은 4개의 페이지로 구성된다. 첫째, 실시간 제어 페이지는 영상 스트리밍과 함께 구동부 조작을 통한 레이저 놀이 기능을 제공한다. 둘째, 영상 관리 페이지는 녹화된 영상을 재생하여 반려묘의 활동을 확인하게 한다. 셋째, 활동량 분석 대시보드는 측정된 운동량 데이터를 시각화하여 일일 활동 변화를 분석한다. 마지막으로 설정 페이지는

거주 환경에 맞춰 레이저 가동 범위를 지정하여 안전한 구동 환경을 조성한다.

반려묘를 인식해 운동량을 계산하는 방법으로 사용한 Background Subtraction은 현재 프레임과 이전의 프레임을 비교하여, 화면상의 변화된 부분을 mask 형태로 제공한다^[4]. 추출된 mask로부터 화면상의 동적으로 움직이는 객체를 추적하는 동시에, mask 중심점 이동을 해당 객체의 활동량을 측정하는 기준으로 사용하였다.

III. 결론

본 논문에서는 증가하는 반려묘 가구의 삶의 질을 개선하기 위해 '스마트 반려묘 원격 놀이·케어 시스템'을 제안했다. 기존 제품과 달리 고양이의 종 특이적 생태 습성을 고려한 레이저 놀이 시스템 구현함으로써 반려묘의 정서적 고립감을 효과적으로 해결했으며, 시공간의 제약 없이 능동적인 원격 상호작용이 가능한 웹서비스를 구축하여 반려인의 심리적 불안감 및 부채감을 경감시켰다.

그럼에도 불구하고 본 시스템이 가지는 한계는 다음과 같다. 첫째, Background Subtraction 기반의 객체 인식 특성상 반려묘와 레이저의 상대적 위치 관계를 파악하기 어려워, 고양이의 움직임에 실시간으로 대응하는 능동적 추격 로직 구현에 제약이 있다. 둘째, 레이저 놀이는 사냥의 이동적 본능은 자극하지만, 실질적인 포획과 섭취라는 최종 피드백을 제공하지 못한다. 이러한 사냥 연쇄의 미완결성은 반려묘에게 심리적 좌절감을 유발하고 행동 문제를 초래할 가능성이 존재한다^[2].

이러한 한계를 극복하기 위해 향후 본 시스템을 다음과 같이 고도화하고자 한다. 먼저 디바이스 내에 별도의 하드웨어 가속기를 탑재하여 경량화된 객체 인식 모델을 실시간으로 구동함으로써, 반려묘의 위치와 움직임에 능동적으로 반응하는 지능형 놀이 로직을 구현할 계획이다^[5]. 또한, 자동 급식기와의 시스템 연동을 통해 놀이 완료 후 실질적인 먹이 보상을 제공하는 체계를 마련함으로써, 사냥 연쇄 과정을 완결시키고 반려묘의 심리적 좌절감을 해소하여 정서적 복지를 완성하고자 한다.

ACKNOWLEDGMENT

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(no. RS-2023-00213336)

참 고 문 헌

- [1] W. K. Hwang, N. K. Kim, and Y. J. Kang, *2025 Korea Pet Report: Pet Health, Wellness, and Obesity Management*, KB Financial Group Management Research Institute, 2025.
- [2] S. L. Ellis, "Environmental enrichment: practical strategies for improving feline welfare," *J. Feline Med. Surg.*, vol. 11, no. 11, pp. 901-912, Nov. 2009.
- [3] E. Dubrofsky, *Homography estimation*, Master's thesis, University of British Columbia, Vancouver, 2009.
- [4] A. Sobral and A. Vacavant, "A comprehensive review of background subtraction algorithms evaluated with synthetic and real videos", *Comput. Vis. Image Underst.*, vol. 122, pp. 4-21, May 2014.
- [5] Y. M. Kim, J. Y. Lee, I. L. Yoon, T. J. Han, and C. Y. Kim, "Background subtraction and CNN-based CCTV object detection," *KIIS Trans. Comput. Pract.*, vol. 24, no. 3, pp. 151-156, Mar. 2018.