

사용자 특화 AI 반려동물에 관한 연구

김의진¹, 장희진¹, 박종현¹, 강민재¹, 김예지¹, 오현영^{2*}

¹가천대학교 AI 소프트웨어학부 학부생

²가천대학교 AI 소프트웨어학부 조교수

whitekuj02@gachon.ac.kr, wlsqml628@gachon.ac.kr, whdqis09@gachon.ac.kr, lusalome2003@gachon.ac.kr,
yezii1120@gachon.ac.kr, hyoh@gachon.ac.kr

Research on Personalized AI Pet

Uijin Kim, Heejin Jang, Jonghyun Park, Minjae Kang, Yeji Kim, Hyunyoung Oh
Dept. of AI Software, Gachon University

요약

본 연구는 사용자의 감정을 인식하고, 개인화된 행동을 학습하는 AI 반려동물 시스템을 제안한다. DQN 을 이용한 강화학습을 통해 사용자의 피드백에 따라 행동을 변화시키며, 보다 자연스럽게 흥미로운 상호작용을 가능하게 한다. 이를 통해 기존의 정형화된 로봇 반려동물의 한계를 극복하고 사용자에게 맞춤형 경험을 제공하는 AI 반려동물 개발에 기여하고자 한다.

1. 서론

로봇 반려동물은 인간과 유사한 상호작용을 통해 정서적 유대감을 형성할 수 있는 잠재력을 가지고 있다 [1]. 그러나 대부분의 상용 로봇 반려동물은 제한된 상호작용 기능과 정형화된 행동 패턴으로 인해 사용자의 흥미를 지속시키는 데 어려움을 겪고 있다 [2]. 최근 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 강화학습을 활용하여 로봇 반려동물의 행동을 사용자의 선호도에 맞게 개인화하는 방안이 제안되었다 [3, 4]. 본 연구에서는 선행 연구에서 제안된 강화학습 기반 행동 개인화 기법을 실제로 구현하고, 이를 감정 인식 및 자연스러운 행동 생성 기능과 통합하여 보다 완성도 높은 AI 반려동물 시스템을 개발하고자 한다. 제안하는 시스템은 사용자의 얼굴 표정을 실시간으로 분석하여 감정을 인식하고, 주변 환경을 탐색하며 인간의 존재에 반응하는 등 자연스러운 행동을 수행한다. 또한, 사용자의 피드백을 바탕으로 강화학습을 수행함으로써 개인화된 행동 패턴을 학습한다. 이를 통해 본 연구는 기존의 로봇 반려동물과 차별화된 사용자 경험을 제공하고, 강화학습을 활용한 행동 개인화 기법의 실제 적용 가능성을 검증하는 데 그 의의가 있다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 제안하는 AI 반려동물 시스템의 주요 기능과 구현 방법에 대해 자세히 설명한다. 이어 3 장에서는 실험 환경과 결과를 소개하고, 4 장에서는 토의사항, 결론 및 향후 연구 방향을 제시한다.

2. 디자인

2.1 감정 인식

본 연구에서는 사용자의 감정을 실시간으로 인식하기 위해 두 가지 기술을 활용하였다. 먼저 OpenCV 에서 제공하는 Haar Cascade 분류기(fontaiface_default)을 사용하여 얼굴 검출을 수행하였다. 검출된 얼굴 영역에 대해서는 FER-2013 데이터셋 [5]으로 사전 학습된 ResNet 모델을 적용하여 감정을 분류하였다. 본 시스템에서는 분노, 행복, 평온,

슬픔, 놀람의 5 가지 감정을 인식 대상으로 한다.

2.2 자연스러운 행동

AI 반려동물이 사용자와 자연스럽게 상호작용하기 위해서는 주변 환경을 탐색하고 적절히 반응하는 것이 중요하다. 이를 위해 본 연구에서는 로봇이 랜덤한 경로로 주변을 배회하도록 설계하였다. 이 과정에서 초음파 센서를 활용하여 장애물을 감지하고 회피하는 기능을 구현하였다. 또한 로봇의 다양한 움직임에 활용하여 인식된 사용자의 감정에 따라 적절한 행동을 수행할 수 있도록 하였다.

2.3 사용자 특화된 행동 학습

사용자 개개인의 성향에 특화된 행동을 학습하기 위해 강화학습 기법 중 하나인 Deep Q-Network (DQN)을 사용하였다 [6]. DQN 의 신경망 구조는 하나의 은닉층을 가진 다층 퍼셉트론으로 단순화되어 있다. 경험 리플레이(experience replay)와 타겟 네트워크(target network)를 활용하여 학습의 안정성을 높였다. 강화학습의 상태 입력으로는 인식된 감정을 원-핫 인코딩한 벡터를 사용하였으며, 행동 출력 역시 원-핫 벡터로 표현하였다. 사전에 정의된 AI 반려동물의 다양한 행동에 각각 매핑되도록 구현하였다.

사용자와의 실시간 상호작용을 통해 로봇의 행동에 대한 보상을 수집하기 위해, 사용자의 손동작을 인식하는 모듈을 구축하였다. 이를 위해 YOLO v5 객체 검출 모델 [7]을 기반으로 그림 1 과 같이 긍정, 부정, 중립의 세 가지 손동작과 로봇을 즉시 정지시키기 위한 정지 신호를 학습하였다.

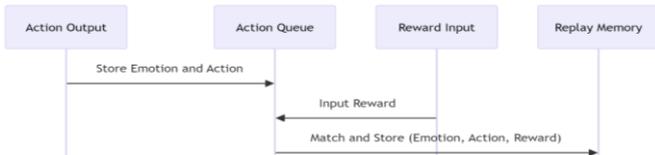


(그림 1) 강화학습 보상 입력을 위한 손동작 데이터.

강화학습을 위해서는 상태, 행동, 보상의 데이터가 시간

* 교신저자

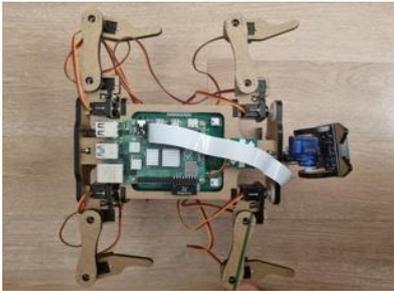
순서대로 정렬되어야 한다. 그러나 실제 상황에서는 감정 인식, 행동 선택, 보상 수집 간의 시간 간격이 일정하지 않을 수 있다. 이를 해결하기 위해 본 연구에서는 행동 큐(action queue)라는 자료구조를 도입하였다. 그림 2 와 같이 행동 큐는 감정 인식 결과와 그에 따른 행동을 순차적으로 저장하고, 추후 사용자의 보상이 수집되면 해당 행동과 보상을 매칭하여 경험 리플레이 메모리에 추가한다.



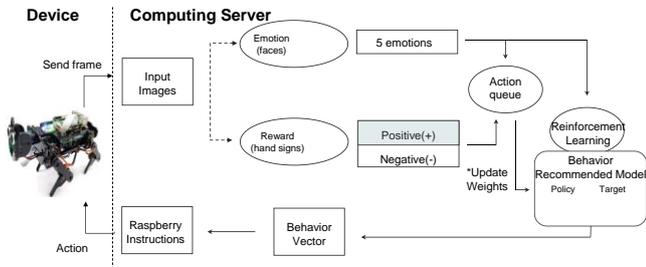
(그림 2) 보상 처리에 대한 액션 큐 다이어그램.

3. 구현 및 실험

본 연구의 AI 반려동물 시스템을 검증하기 위해 Freenove사의 Robot Dog Kit (그림 3)를 사용하여 구현하였다. 해당 로봇은 12 자유도의 관절과 1 자유도의 목을 가지고 있어 다양한 동작 표현이 가능하다. 라즈베리 파이를 탑재하여 온보드 컴퓨팅을 수행하며, 웹 소켓을 통해 메인 컴퓨터와 양방향 통신을 수행한다.



(그림 3) 로봇 강아지 디바이스.



(그림 4) 실험 전체 구조도.

그림 4 는 전체 시스템의 구조도를 나타낸다. 로봇과 컴퓨팅 서버는 웹 소켓 통신으로 실시간 데이터를 주고받는다. 앞서 설명한 주요 기능들은 모두 서버에서 구동되며, 서버는 로봇의 행동을 제어하기 위한 명령을 전송한다. 로봇의 주변 탐색을 위한 배회 알고리즘은 로봇 자체에 내장되어 있다. 전체 소스코드는 open source 화 시켰다 [8].



(그림 5) 사용자 피드백 데모(<https://youtu.be/GDskCXIEZZY>).

제한한 시스템의 기능을 검증하기 위해 실제 사용자와의 상호작용 실험을 진행하였다. 실험 영상은 그림 5 와 같으며, 로봇이 사용자의 감정을 인식하고 그에 따른 적절한

행동을 학습해 나가는 과정을 확인할 수 있다. 새로운 감정이 인식되었을 때, 로봇은 이전과는 다른 행동을 선택함으로써 사용자의 피드백에 적응하는 모습을 보인다.

4. 토의사항 및 결론

본 연구에서는 감정 인식, 자연스러운 행동 생성, 그리고 강화학습을 통한 행동 개인화 기법을 통합하여 사용자와 능동적으로 상호작용하는 AI 반려동물 시스템을 구현하였다. 제안된 접근 방식은 기존의 로봇 반려동물에서 볼 수 있는 정형화되고 수동적인 행동 패턴의 한계를 극복하고, 사용자의 개인적 특성에 적응하여 보다 흥미롭고 개인화된 경험을 제공할 수 있음을 보였다. 본 연구는 선행 연구 [3, 4]에서 제안된 강화학습 기반 행동 개인화 기법을 실제 구현하고 검증했다는 점에서 의의가 있다. 그러나 [3]의 연구에서는 로봇의 행동 제어를 위해 동적 보상 조정(dynamic reward shaping) 기법을 사용한 반면, 본 연구에서는 사용자의 손동작을 통한 직접적인 피드백을 활용하였다. 또한 [4]의 연구에서는 로봇의 행동 및 개인화 정책을 end-to-end 방식으로 학습한 반면, 본 연구에서는 감정 인식, 행동 생성, 행동 개인화를 독립적인 모듈로 구성하고 이를 통합하는 방식을 취하였다.

본 연구의 한계로는 실험 환경이 제한적이었다는 점을 들 수 있다. 보다 다양한 사용자와의 장기간 상호작용을 통해 시스템의 성능과 사용자 경험을 평가할 필요가 있다. 향후 연구로는 로봇의 외형과 구동 방식을 개선하여 사용자에게 더욱 자연스럽게 매력적인 인상을 줄 수 있는 방안을 모색할 계획이다. 또한 장기간 상호작용 데이터를 수집하고 분석하여 사용자와 로봇 간의 유대감 형성 과정을 연구함으로써, 보다 효과적인 동반자 로봇 설계에 활용할 수 있을 것으로 기대한다.

Acknowledgement

본 논문은 2022 년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 연구비 지원을 받아 수행된 연구임 (No. RS-2022-00166529).

참고문헌

- [1] J. Hoorn et al., "Virtual Buddies: Enjoyment, Liking, Perceived Friendship, and Perceived Intelligence," IEEE/WIC/ACM WI-IAT, 2007, pp. 192-195.
- [2] M. Fujita, "On activating human communications with pet-type robot AIBO," Proceedings of the IEEE, vol. 92, no. 11, pp. 1804-1813, 2004.
- [3] H. Ahn et al., "Interactive Reinforcement Learning with Dynamic Reward Shaping for Personalized Home Service Robots," ICRA, 2021, pp. 13452-13458.
- [4] Y. Gao et al., "Learning Personalized Interactions for Personal Service Robots," ICRA, 2022, pp. 8911-8917.
- [5] "Challenges in Representation Learning: Facial Expression Recognition Challenge." Kaggle. accessed Apr 19, <https://www.kaggle.com/c/challenges-in-representation-learning-facial-expression-recognition-challenge/data>.
- [6] V. Mnih et al., "Human-level control through deep reinforcement learning," Nature, vol. 518, no. 7540, pp. 529-533, 2015.
- [7] G. Jocher, "YOLOv5 by Ultralytics," 2021.
- [8] U. Kim et al., "가천대학교 졸업작품 personalized AI pet". accessed Apr 19, <https://github.com/orgs/gachon-graduation-project>