

# 하이브리드 모델 기반 반려동물 행동 분류 연구

최혁순<sup>1</sup>, 김민서<sup>1</sup>, 문남미<sup>3</sup>

<sup>1</sup>호서대학교 컴퓨터공학부 학부생

<sup>2</sup>호서대학교 컴퓨터공학과 교수

hyuksoon2001@gmail.com, kimminseo010620@gmail.com,

nammee.moon@gmail.com

## Research of Pet Behavior Classification Based on Hybrid Model

Hyuksoon Choi, Minseo Kim, Nammee Moon

Dept. of Computer Science and Engineering Hoseo University

### 요 약

본 논문은 반려동물의 행동 분석을 개선하기 위해 IMU 센서 데이터와 딥러닝 모델을 결합하는 방법을 제안한다. 이를 위해 IMU 웨어러블 디바이스를 통해 행동 데이터를 수집한다. 수집된 데이터는 총 6개의 클래스로 있다. 서다, 엎드리다, 먹다, 쿹쿹대다, 걷다로 분류된다. 분류된 데이터는 클래스별로 데이터 증강 및 전처리 단계를 거친다. 행동 분류를 위해 ResNet과 LSTM을 결합한 하이브리드 모델을 사용하여 학습을 진행했다. ResNet-LSTM은 Accuracy 97%, F1-score 96%로 높은 성능을 보여주었다.

### 1. 서론

최근 센서 기술과 딥러닝 알고리즘의 발전으로 인해 반려동물의 행동을 자동으로 감지하고 분류하는 연구 분야가 급속하게 발전하고 있다. 특히 이를 위해 IMU(Inertial Navigation System) 센서 데이터를 활용하는 것은 반려동물의 행동 및 상태를 모니터링하고 이해하는 데 큰 도움을 준다[1].

이에 본 논문에서는 반려동물의 목에 착용하는 웨어러블 디바이스로 수집된 IMU 센서 데이터와 딥러닝 모델의 결합을 통해 반려동물의 행동 분류를 수행하는 방법을 제안한다.

### 2. 하이브리드 모델 기반 행동 분류

#### 2.1 데이터 증강 및 전처리

IMU 센서 데이터는 자이로 센서, 가속도 센서, 지자기 센서의 데이터로 구성된다. 이러한 센서들은 반려동물의 움직임과 동작을 실시간으로 감지하고 기록함으로써 반려동물 행동 분류에 중요한 정보를 제공한다.

본 논문에서는 데이터 수집 후 수집된 센서 데이터를 증강 및 전처리 과정을 거친다. 먼저 전처리 과정에서 시퀀스 설정을 진행한다. 50Hz로 수집되는 데이터는 시계열 데이터로 구성하기 위해 시퀀스를 100시퀀스 즉, 2초의 행동으로 설정한다. 시퀀스 설정이 완료된 데이터는 전처리 단계를 거친다. 이 과정에서 MaxAbsScaler, 이상치 처리, Cubic spline Interpolation을 사용해 필요한 특징을 추출하여 모델 학습에 적합한 형태로 가공한다.

MaxAbsScaler는 센서 데이터의 절댓값을 기준으로  $[0, 1]$  범위로 스케일링한다. 데이터의 절댓값을 기준으로 스케일링하기 때문에 센서 데이터의 범위가  $[-1, 1]$  사이로 조정된다. 스케일링을 통해 데이터를 처리하면 모델이 각 입력 변수를 동등하게 다루도록 도와준다. 식(1)과 같이 스케일링을 진행한다.

$$x = a + \frac{(x - x_{\min})(b - a)}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (1)$$

다음으로, 이상치를 탐지하고 처리하기 위해 IQR을 활용한다. 이상치는 데이터의 분포를 왜곡시킬 수 있으므로 이를 제거하여 데이터의 일관성을 유지해야 한다. 식(2)과 같이 이상치 제거를 진행한다.

$$(Q1 - 1.5 \times IQR) > x(data) > (Q3 + 1.5 \times IQR) \quad (2)$$

데이터 보간 방법으로는 cubic spline을 사용하였다. 이를 통해 센서 데이터의 시계열 특성을 유지하면서 누락된 데이터를 대체하였다. 식(3)과 같이 스케일링을 진행한다.

$$f_i(x) = a_i(x - x_i)^3 + b_i(x - x_i)^2 + c_i(x - x_i) + d_i \quad (3)$$

전처리 단계를 거친 데이터는 MIX-UP, 회전 등 다양한 증강을 활용하여 클래스 불균형을 완화한다. 전처리 및 증강이 완료된 데이터는 모델 학습에 적합한 형태로 가공된다. 이를 활용하여 ResNet-LSTM 모델을 학습하고 반려동물 행동을 정확하게 분류하는 데 활용한다.

2.2 딥러닝 모델

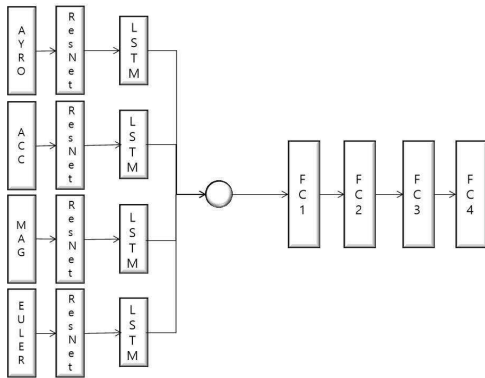
IMU 센서 데이터를 이용한 반려동물 행동 분류는 다양한 딥러닝 모델을 사용한다. CNN, LSTM, GRU, 그리고 Multi-model 등 다양한 딥러닝 모델이 있다.

CNN과 LSTM을 결합한 하이브리드 모델은 IMU 센서 데이터를 효과적으로 처리하며 반려동물 행동 분류에 우수한 성능을 보였다[2].

본 연구에서는 CNN 모델 중 이미지 특징을 추출하는 데 뛰어난 능력을 갖춘 ResNet을 활용한 하이브리드 모델을 제안한다[3].

ResNet은 센서 데이터를 이미지로 시각화한 후 중요한 특징을 추출하여 활용한다. 또한 LSTM은 데이터의 시간적 의존성을 캡처하는 우수한 모델로 센서 데이터에서의 시계열 특성을 고려하기 위해 모델에 통합되었다[4]. 이를 통해 데이터의 시간적인 흐름과 순서를 고려하여 반려동물의 행동을 더 정확하게 분류할 수 있다.

따라서 ResNet과 LSTM을 결합한 하이브리드 모델은 이미지와 시계열 데이터를 효과적으로 처리하고자 한다.



(그림 1) ResNet-LSTM 제안 모델

3. 실험

본 연구의 실험은 Pytorch를 사용하여 학습을 진행하였고 데이터셋의 총개수는 16,911개이다. 데이터셋은 6개의 다른 클래스로 구분되며 이는 ‘서다’, ‘걷다’, ‘앉다’, ‘쿵쿵대다’, ‘엎드리다’, ‘떡다’와 같은 행동을 나타낸다. 데이터셋은 Train, Validation, Test 세 부분으로 나누어, 비율은 6:2:2로 설정되었다. MIX-UP, 회전 등과 같은 기술을 활용하여 데이터 증강을 하였다. 이를 통해 모델을 더 다양한 상황에서 훈련 시키고 성능을 향상할 수 있었다. 훈련 데이터셋의 클래스 개수는 <표 1>과 같다.

<표 1> 훈련 데이터셋 구성표

행동	증강 전	증강 후
서다	2,033	2,033
걷다	136	442
앉다	5,578	5,578
쿵쿵대다	523	1,700
엎드리다	1,231	4,001
떡다	218	709
총	9,719	14,463

첫 번째 실험으로는 단일 모델과 하이브리드 모델의 성능 비교를 진행하였다. CNN-LSTM과 LSTM을 비교해 보았을 때, CNN을 결합한 하이브리드 모델이 Accuracy 96%, F1-score 95%로 단일 모델보다 높은 성능을 보였다. 모델의 성능 비교는 <표 2> 과 같다.

<표 2> 모델 성능 비교표

Model	F1-score	Accuracy
LSTM	0.94%	0.95%
CNN-LSTM	0.95%	0.96%

두 번째 실험으로는 여러 하이브리드 모델의 성능을 비교하였다. ResNet50 모델과 VGG16 모델, Inception-v3 모델을 적용해 각 모델의 성능을 비교해 보았다. 이를 통해 ResNet을 결합한 하이브리드 모델이 가장 우수한 성능을 보였다. 모델의 성능 비교는 <표 3>과 같다.

<표 3> 모델별 성능표

Model	F1-score	Accuracy
Inception-LSTM	0.93%	0.93%
VGG16-LSTM	0.96%	0.95%
CNN-LSTM	0.95%	0.96%
ResNet50-LSTM	0.96%	0.97%

4. 결론

본 논문은 IMU 센서 데이터와 딥러닝 모델의 결합을 통해 반려동물의 행동 분류를 수행하는 방법을 제안하였다. 실험 결과 하이브리드 모델이 단일 모델보다 더 높은 성능을 보였고, 그 중 ResNet50을 사용한 하이브리드 모델이 가장 높은 성능을 보였다. 이를 통해 IMU 센서 데이터와 딥러닝 기술을 활용하여 헬스케어 시장에서 반려동물 행동 모니터링 시스템 개발에 도움이 될 것으로 기대한다.

ACKNOWLEDGEMENT

이 논문은 2023년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. NRF- 2021R1A2C2011966).

참고문헌

[1] 서예진, 김현정, 문재준, 이승호, 김규석, “반려동물 행동 분석을 위한 인공지능 기반의 웨어러블 센서 데이터 연구”, 21권, 2호, pp. 33-31, 2023  
 [2] 김진아, 김형주, 박찬, 문남미, ”딥러닝 기반 반려동물 모니터링 시스템 및 활동 인식 장치“, 한국컴퓨터정보학회논문지, pp. 25-32, 2021  
 [3] W.J.M. Boteju, H.M.K.S., M.D.P., A.L.P.E., Pradeepa., Loksha., “Deep Learning Based Dog Behavioural Monitoring System”, Proceedings of the Third International Conference on Intelligent Sustainable Systems, pp.82-87, 2020  
 [4] Ali hussain, Khadija., Tagne., Md., Sikandar., Hee., Moon-ll., “Long Short-Term Memory (LSTM)-Based Dog Activity Detection Using Accelerometer and Gyroscope, 12권, 19호, pp. 9427, 2022