

Diffusion Model 기반 센서 데이터 주파수 보간을 통한 행동 예측 설계

박정현¹, 고준혁¹, 김시웅¹, 문남미²

¹호서대학교 컴퓨터공학과 석사과정

²호서대학교 컴퓨터공학부 교수

jh.park970609@gmail.com, junhyeok970306@gmail.com,
kimsiung990811@gmail.com, nammee.moon@gmail.com

A Design of Behavioral Prediction through Diffusion Model-based Sensor Data Frequency Interpolation

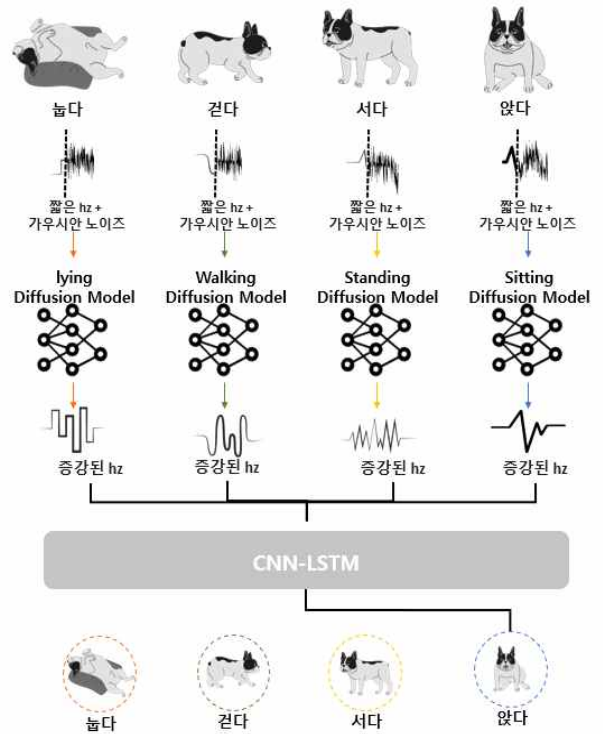
Jeong Hyeon Park, Jun Hyeok Go, Siung Kim, Nammee Moon
Dept. of Computer Science and Engineering, Hoseo University

요 약

센서 데이터를 예측 또는 분석하여 시스템을 제어하거나 모니터링할 수 있다. 센서 데이터를 이용한 예측의 신뢰성을 확보하기 위해서는 데이터의 적절한 빈도수가 중요하다. 이를 위해 본 논문에서는 Diffusion Model을 사용한 센서 데이터 주파수 보간을 통해 행동을 예측하는 방법을 제시하고자 한다. 주파수 보간은 반려동물 행동별 25hz 센서 데이터로 학습된 Diffusion Model을 사용한다. 학습된 Diffusion Model에 1hz 센서 데이터와 가우시안 노이즈를 결합한 데이터를 입력으로 사용해 센서 데이터를 보간한다. 제안한 방법은 CNN-LSTM 모델 학습 후 예측 성능 비교를 통해 검증한다.

1. 서론

센서 데이터를 통한 예측 및 분석을 통해 시스템을 제어하거나 모니터링할 수 있다. 이러한 예측 결과의 신뢰도에 영향을 주는 요인 중 하나는 센서 데이터의 수집 환경이다. 따라서, 센서 데이터를 활용한 예측 모델의 성능의 정확도와 신뢰성 향상을 위해서는 적절한 수집 환경이 설정되어야 한다. 특히, 수집 환경에서 고려해야 할 점 중 하나는 데이터의 빈도, 즉 데이터가 수집되는 시간 간격이다. 데이터의 빈도가 높을수록 더 자세하고 정확한 정보를 얻을 수 있는데, 빈도가 낮은 경우에는 데이터가 수집된 시간 동안의 신호 변화를 파악하기에 어려움이 따른다./ 이로 인해 데이터 손실이 발생하고, 예측 결과의 정확도가 떨어질 수 있다. 사람을 대상으로 진행한 행동 예측 선행 연구에서는 20 - 30hz으로 샘플링 되었을 때 예측 모델의 성능이 보장된다고 설명한다 [1,2,3]. 이처럼 수집된 데이터의 빈도가 20hz 미만인 경우 예측 모델의 성능을 보장하기 어렵다. 그러므로, 데이터의 빈도를 적절하게 증강하는 기술은 매우 중요하다.



(그림 1) 시스템 개요

2. 센서 데이터 보간을 통한 행동 예측

본 논문에서는 센서 데이터의 빈도를 보완하기 위해 Diffusion model 기반 보간을 제안한다. 실험을 위해 반려동물 25hz 센서 데이터를 학습 데이터로 사용한 Diffusion model을 이용한다[4]. (그림 1)과 같이 학습된 Diffusion model을 통해 1hz로 수집된 가속도 반려동물 센서 데이터의 주파수를 25배로 보간한다. 보간된 25hz 데이터와 1hz 데이터를 각각 CNN-LSTM(Convolutional Neural Network -Long Short Term Memory)으로 예측 모델을 학습한다.

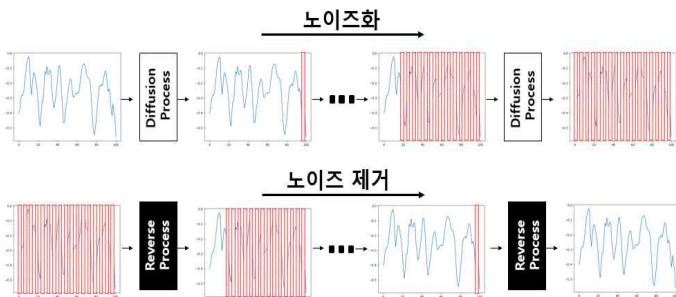
2.1 반려동물 데이터 셋

데이터 셋은 각각 1hz, 50hz으로 샘플링된 데이터를 사용한다[5,6]. 1hz 데이터는 가속도와 자이로 센서를 1hz의 주기로 샘플링된 데이터로 총 5가지 행동으로 분류되어 있다[5]. 50hz 데이터는 가속도, 자이로, 지자기 센서를 50hz의 주기로 수집된 데이터이고 총 9가지 행동으로 분류되어 있다[6].

본 연구에서는 두 데이터 셋에서 공통된 클래스인 서다, 걷다, 눕다, 앉다 4가지의 행동의 가속도 센서 데이터만을 사용한다. 또한, Diffusion model의 학습에 사용하는 데이터는 25hz이어야 하기 때문에 50hz 데이터 인덱스의 짝수번째와 홀수번째를 나눈다.

2.2 Diffusion model기반 센서 데이터 보간

25hz 데이터 셋에서 특정 한가지 행동을 선택하여 Diffusion model의 학습 데이터로 사용한다. Diffusion model모델의 학습은 (그림 2)와 같이 점진적으로 노이즈화 시킨 뒤, 다시 반대로 노이즈를 제거하여 원래의 센서 데이터 값으로 복원하는 학습이 진행된다. 학습된 Diffusion model에 1hz 데이터와 24크기의 가우시안 노이즈를 결합한 데이터를 입력값으로 사용하여 1hz 데이터를 25hz로 증강한다.



(그림 2) 센서 데이터 Diffusion Model 학습 예시

2.3 행동 예측

Diffusion model 기반으로 보간된 센서 데이터와 기존 1hz 데이터를 학습데이터로 사용하여 각각 딥러닝 학습을 진행한다. 이때 센서 데이터는 시계열 특성을 가지므로, 시계열 데이터 분류에 효과적인 LSTM과 데이터에서 특징 추출에 용이한 CNN이 결합된 CNN-LSTM 모델을 사용한다. 학습된 모델을 사용하여 반려동물의 행동 예측을 진행한다. 이후 보간된 데이터를 사용한 모델과 1hz 모델을 비교하여 성능을 측정한다.

3. 결론

본 논문에서는 Diffusion model을 기반 가속도 센서 데이터 보간을 통해 센서 데이터의 빈도를 증강하는 시스템을 제안한다. 25hz로 샘플링된 데이터 셋으로 모델을 학습한 뒤, 학습된 모델을 사용하여 1hz로 샘플링된 데이터를 25hz로 증강시켜 예측 모델의 성능을 향상시키고자 한다. 이후 반려동물의 가속도 센서 데이터의 빈도수별 예측 모델 성능 비교를 통하여, 반려동물 행동 예측에 대한 적절한 빈도수를 확인하고자 한다.

ACKNOWLEDGEMENT

본 연구는 2023년 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학사업의 연구결과로 수행되었음(No. 2019-0-01834).

참고문헌

[1] Vahid Farrahi, Maisa Niemelä, Maarit Kangas, Raija Korpelainen, Timo Jämsä, "Calibration and validation of accelerometer-based activity monitors: A systematic review of machine-learning approaches", *Gait & posture*, Vol. 68, pp. 285-299, 2019.

[2] José Antonio Santoyo-Ramón, Eduardo Casilari, José Manuel Cano-García, "A study of the influence of the sensor sampling frequency on the performance of wearable fall detectors", *Measurement*, Vol. 193, 2022.

[3] Sebastian Fudickar, Alexander Lindemann, and Bettina Schnor, "Threshold-based Fall Detection on Smart Phones", *Proceedings of the International Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies*, Vol. 5,

pp. 303 - 309, 2014.

[4]Andreas Lugmayr, Martin Danelljan, Andres Romero, Fisher Yu, Radu Timofte, Luc Van Gool
“RePaint: Inpainting using Denoising Diffusion Probabilistic Models”, Extended Version of accepted CVPR, 2022.

[5]이지훈. “그래프 신경망 기반 행동 분류 모델 설계 및 구현.” 국내석사학위논문 호서대학교 일반대학원, 2022.

[6] 김형주. “TN-GAN 기반 다차원 시계열 증강을 통한 행동 예측.” 국내석사학위논문 호서대학교 일반대학원, 2022.