

딥러닝 기반의 반려묘 모니터링 및 질병 진단 시스템

최윤아[†], 채희찬^{**}, 이종욱^{***}, 박대희^{****}, 정용화^{*****}

Cat Monitoring and Disease Diagnosis System based on Deep Learning

Yoona Choi[†], Heechan Chae^{**}, Jonguk Lee^{***}, Daihee Park^{****}, Yongwha Chung^{*****}

ABSTRACT

Recently, several ICT-based cat studies have produced some successful results, according to academic and industry sources. However, research on the level of simply identifying the cat's condition, such as the behavior and sound classification of cats based on images and sound signals, has yet to be found. In this paper, based on the veterinary scientific knowledge of cats, a practical and academic cat monitoring and disease diagnosis system is proposed to monitor the health status of the cat 24 hours a day by automatically categorizing and analyzing the behavior of the cat with location information using LSTM with a beacon sensor and a raspberry pie that can be built at low cost. Validity of the proposed system is verified through experimentation with cats in actual custody (the accuracy of the cat behavior classification and location identification was 96.3% and 92.7% on average, respectively). Furthermore, a rule-based disease analysis system based on the veterinary knowledge was designed and implemented so that owners can check whether or not the cats have diseases at home (or can be used as an auxiliary tool for diagnosis by a pet veterinarian).

Key words: Cat Monitoring and Disease Diagnosis System, LSTM, GAN, Multi-Species Sensor, Veterinary Science

1. 서 론

고령화, 출산율 하락, 그리고 생활양식 등의 변화에 따라 1인 가구가 급속도로 증가하면서 반려동물 사육 가구도 동시에 늘어가고 있다. 농림축산식품부에서 조사한 '2019년 동물보호에 대한 국민 인식조사' 결과에 따르면, 국내 반려동물 사육 가구의 수가

591만으로 전체 가구의 26.4%에 이르는 것으로 나타났다[1]. 또한, 시대가 발전함에 따라 반려동물을 단순히 사육하는 것에서 벗어나, 보다 건강하고 안전하게 키우고자 하는 동물 복지에 대한 관심이 일반인들 뿐만 아니라 학술적 차원의 연구로도 이어지고 있다 [2-6].

최근 반려동물에 관한 생물학적 연구뿐만 아니라

※ Corresponding Author: Daihee Park, Jonguk Lee, Address: (30019) Sejong-ro 2511, Sejong City, Republic of Korea, TEL: +82-44-860-1344, FAX: +82-44-860-1344, E-mail: dhpark@korea.ac.kr; eastwest9@korea.ac.kr
Receipt date: Dec. 18, 2020, Approval date: Jan. 8, 2021

[†] Dept of Computer and Information Science, Korea University

(E-mail: cyabc2@korea.ac.kr)

^{**} InfoValleyKorea

(E-mail: chay219@korea.ac.kr)

^{***} Dept of Computer and Convergence Software, Korea University

^{****} Dept of Computer and Convergence Software, Korea University

^{*****} Dept of Computer and Convergence Software, Korea University (E-mail: ychung@korea.ac.kr)

※ This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (NRF-2018R1D1A3B07044938 and NRF-2020R111A3070835)

공학적 측면에서 접근한 연구, 그리고 Information Communication Technology(ICT) 기술을 접목한 서비스들도 계속적으로 소개되고 있다. 예를 들면, 웨어러블 가속도계 측정 플랫폼으로 반려견의 행동 데이터를 취득한 후, 통계 분류 프레임워크를 통해 반려견의 행동을 분류하는 연구[2]와 반려견의 행동을 자동 분류하고 그에 따른 반려견의 감정 상태를 분석 및 보고하는 연구[3] 등이 소개되고 있다. 한편, ICT 기술을 접목한 서비스로는 홈 CCTV를 통해 반려동물의 감시하는 시스템[4], 정해진 시간에 맞춰 자동으로 사료를 배급하는 자동 급식기[5], 그리고 주인이 없을 때 반려동물과 놀아주는 장치[6] 등이 있다. 이렇듯 최근 반려동물에 관한 관심과 비례하여, 반려동물을 대상으로 하는 다양한 공학적 시도들이 존재한다. 그러나 반려동물을 대상으로 하는 ICT 기반의 학술적·실용적 서비스 차원의 시도들은 그 역사가 매우 짧기에, 반려동물의 행동 분류와 같이 단순히 반려동물의 상태를 식별하는 수준의 연구들이 주를 이루고 있으며, 그마저도 반려견을 대상으로 진행된 연구들이 대부분이고, 반려묘를 대상으로 진행된 학술적 연구는 매우 제한적이다. 한편, 고양이를 대상으로 진행된 수의학 논문[7-10]에 의하면 고양이의 단순 행동만으로도 고양이에게 나타날 수 있는 많은 질병을 탐지할 수 있다고 보고한다. 이는 반려묘를 대상으로 하는 연구에서 반려묘에 관한 수의학 지식과 ICT 기반의 공학적 연구가 함께 결합된 융합 연구가 시작될 수 있는 출발선을 시사한다고 할 수 있다.

본 연구에서는 반려묘에 관한 수의학 지식에 기초하여 위치정보가 포함된 반려묘의 행동을 딥러닝 모델인 Long Short-Term Memory(LSTM)으로 자동 분류 및 분석함으로써 반려묘의 건강 상태를 24시간 모니터링 및 반려묘의 질병 진단이 가능한 학술적·실용적 차원의 시스템을 제안한다. 즉, 하나의 비컨(beacon) 센서[11]가 송출하는 3축 가속도계 정보와 RSSI 신호 세기 정보를 라즈베리파이로 수집하여 반려묘의 행동과 위치 정보를 판단하고, 이를 바탕으로 수의학 지식에 기초한 반려묘의 현재 건강 상태 및 이상 상황을 분석하여 반려묘의 질병을 진단할 수 있는 질병 진단 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템의 유효성을 검증하기 위하여 실제 양육 중인 반려묘를 대상으로 한 실험을 통해, 저비용의 센서

정보만으로도 24시간 동안 반려묘를 모니터링 할 수 있음을 확인한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 연구의 주제인 반려묘를 대상으로 현재까지 진행된 관련 연구들을 살펴보고, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 반려묘의 건강 상태 모니터링 및 질병 진단 시스템에 대해 소개한다. 4장에서는 반려묘의 행동 분류, 위치 추정 및 분석에 관한 실험 결과를 서술하고, 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

본 논문의 주제인 반려묘에 관한 공학적 연구에 초점을 맞춰 최신의 선행 연구를 살펴보면 다음과 같다. Pandeya 등[12]은 반려묘의 울음소리를 기계 학습을 통해 10가지 종류로 분류했으며, Nanni 등[13]은 Convolutional Neural Networks(CNNs)와 데이터 확대기법(data augmentation)을 이용하여 반려묘의 소리 분류 연구를 소개하였다. 또한, Lee 등[14]은 반려동물 모니터링의 지역적 한계를 해결하고자 딥러닝을 이용하여 반려묘를 검출하고 추적하는 이동식 시스템을 제안하였다. 이를 위해, 객체 검출 신경망 모델의 하나인 You Look Only Once(YOLO)를 이용하여 데이터를 학습하고, 라즈베리파이와 노트북을 무선 랜으로 연결하여 반려묘의 움직임과 상태를 실시간으로 확인할 수 있는 이동식 모니터링 시스템을 설계하였으며, Chae 등[15]은 이미 충분히 성숙한 인간 및 반려동물의 행동 탐지 기술을 동영상 캡처 연구에 기본 요소기술로 임베딩하여 반려묘의 행동과 소리에 따른 압목적 의도를 표현할 수 있는 상황인지형 캡션의 자동 생성을 시도했다. 또한, Lee 등[16]은 영상의 RGB 프레임과 Optical Flow 프레임 정보를 동시에 사용하는 Two-Stream YOLO를 사용하여 반려묘의 행동을 보다 정확하게 분류하는 시스템을 제안하였다.

전술한 바와 같이, 반려묘를 대상으로 현재까지 진행된 ICT 기반의 학술적 연구는 매우 제한적임에도 불구하고 지속적으로 소개되고 있으며, 일정 부분 성공적인 결과를 도출하고 있다. 하지만, 영상 및 소리 신호에 기반한 반려묘의 행동 및 소리 분류와 같이 단순히 반려묘의 상태를 식별하는 수준의 연구들이 주를 이루고 있으며, 그마저도 반려묘의 수의학적

지식을 고려한 연구 결과는 아직까지 발견되지 않는다. 본 연구에서는 저렴한 비용으로도 구축이 가능한 비컨 센서와 라즈베리파이를 이용하여, 위치 정보가 포함된 반려묘의 행동을 수학적 지식을 기반으로 시계열 처리가 가능한 LSTM을 활용하여 자동 분류 및 분석함으로써, 반려묘의 건강 상태를 24시간 모니터링할 수 있는 학술적·실용적 차원의 반려묘 모니터링 및 질병 진단 시스템을 제안한다.

3. 반려묘 모니터링 및 질병 진단 시스템

본 논문에서는 다중 센서 데이터를 활용한 딥러닝 기반의 반려묘 모니터링 및 분석(질병 진단) 시스템을 소개한다. Fig. 1은 제안하는 반려묘 모니터링 및 분석 시스템의 전체적인 구조이다. 먼저, 반려묘의 몸통에 부착한 비컨을 통해 3축 가속도계 정보와 RSSI 신호 세기 정보를 수집한다. 또한 동영상 데이터도 함께 수집함으로써 추후 행동 데이터에 대한 라벨링을 진행할 수 있도록 한다. 수집된 3축 가속도계 정보는 일련의 전처리 과정을 거쳐 LSTM 모델의 입력으로 사용되며, 6가지의 행동(‘먹기(eat)’, ‘핥기(lick)’, ‘앉기(sit)’, ‘걷기(walk)’, ‘긁기(뒷발로 몸통 긁기, scratching own body)’, ‘발톱 마킹(영역표시, 스트레스 해소, 발톱 관리를 위한 행위, claw marking)’)으로 분류되고, 동시에 RSSI 신호 세기 정보 또한 전처리 과정을 거쳐 미리 설정된 4개의 영역(‘침대(Bed)’, ‘급식대(Feed)’, ‘음수대(Water)’, ‘기타(Other)’) 중 한 곳으로 결정된다. 앞선 단계를 거쳐 파악된 반려묘의 행동 및 위치 데이터는 최종적으로 분석 과정을 통해 그 결과가 주인에게 전달된다.

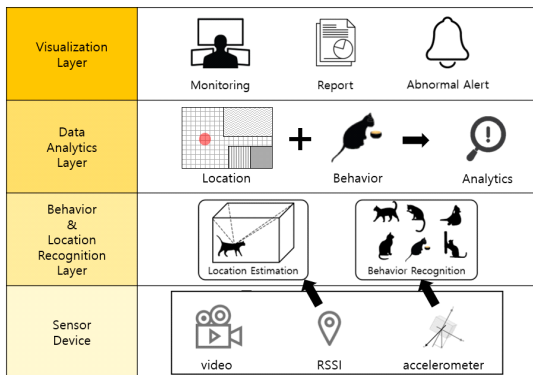


Fig. 1. Overall structure of cat monitoring system.

3.1 데이터 수집 및 전처리 계층

데이터 수집은 반려묘가 실제 거주하는 공간에서 진행되었다. 실내 공간 천장 모서리 4곳에 라즈베리파이를 각각 설치하고, 반려묘의 몸에는 스티커형 비컨[11]을 장착한다. 이를 통해 3축 가속도계 데이터와 Received Signal Strength Indicator(RSSI) 신호 세기 데이터를 수집하고, 동시에 실험 영역 밖의 공간에 라즈베리파이 카메라 모듈을 추가로 설치하여 데이터의 라벨링(labeling)을 위한 동영상 데이터를 수집한다. 데이터 수집은 총 1주일 동안 진행되었으며, 수집된 데이터 중에서 반려묘의 수면 행동(누워 있거나, 쉬는 행동)을 제외한 약 70시간의 데이터를 실험에 사용하였다. Fig. 2는 실제 데이터 수집 환경과 반려묘의 몸에 부착된 비컨을 보여준다.

4대의 라즈베리파이에서 수집되는 3축 가속도계 정보는 반려묘의 유의미한 행동을 분류하기 위해 초당 20프레임으로 수집된다. 수집된 정보는 Variance 알고리즘[17]을 이용하여 정규 분포의 97.0% 이상 또는 2.5% 이하에 해당하는 가속도계의 이상치 값이 제거되고 Z-score 정규화를 거친 후 행동 분류를 위한 LSTM의 입력으로 사용된다. 이때, 데이터의 길이가 20프레임이 되지 않는 경우에는 부족한 부분을 0으로 패딩 처리한다. 반려묘의 행동 분류를 위한 부족한 학습데이터(3축 가속도계 정보)는 적대적 생성 신경망(Generative Adversarial Network, GAN) 중 하나인 InfoGAN[18] 모델을 사용하여, 고양이의 행동 분류를 위한 가속도계 데이터에 대해 원본과 유사한 데이터를 생성하고 분류기 학습에 사용하였다. 딥러닝 기반으로 데이터를 학습시키기 위해서는 기본적으로 많은 데이터를 수집해야하며, 수집된 데이터를 레이블링하는 과정도 필요하지만, 모든 데이터를 레이블링하기 위해서는 많은 비용이 들기 때문에 본 논문에서는 InfoGAN을 사용하여 이러한 문제를 극복하였다. 본 연구에서 사용된 고양이 행동 분류를 위한 가속도계 데이터에 대한 예시는 Fig. 3과 같다.

GAN은 원본 데이터와 구별할 수 없는 데이터를 생성하는 신경망 중 하나로, 생성자가 원본 데이터와 유사한 데이터를 생성하면 판별자가 그 값의 원본 유무를 판별하여 원본과 구별할 수 없는 데이터를 생성해낸다. 다만 GAN에 의해 생성된 데이터에는 일반적으로 노이즈(noise)가 포함되어 생성된 데이터가 클래스를 구분할 때 상대적으로 쉽게 식별되지

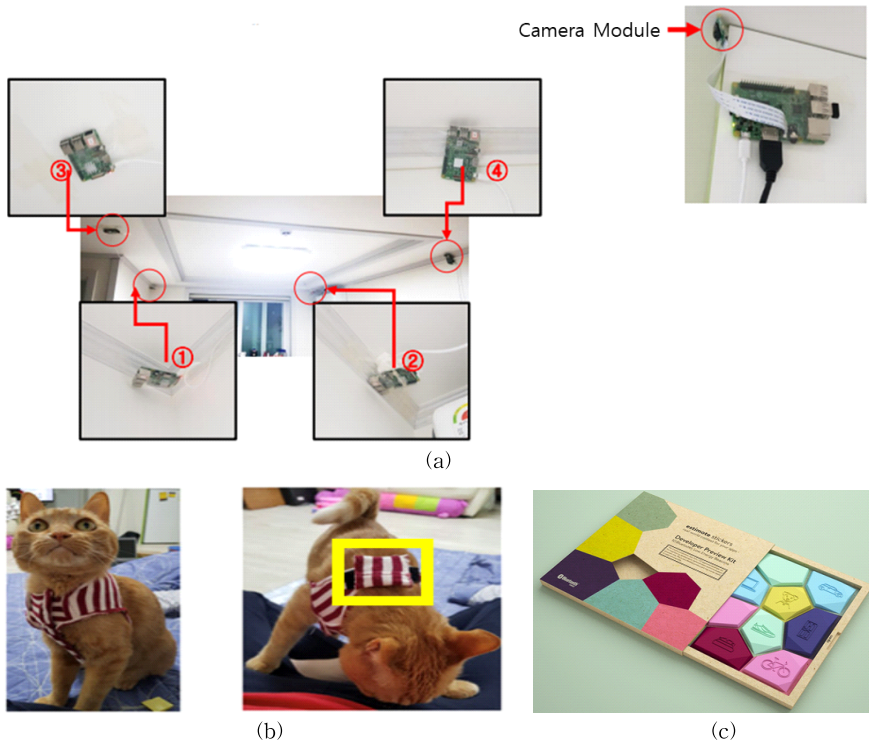


Fig. 2. Experimental data collection. (a) Raspberry-pi, (b) Beacon inside of a cat vest, (c) The Beacon [11].

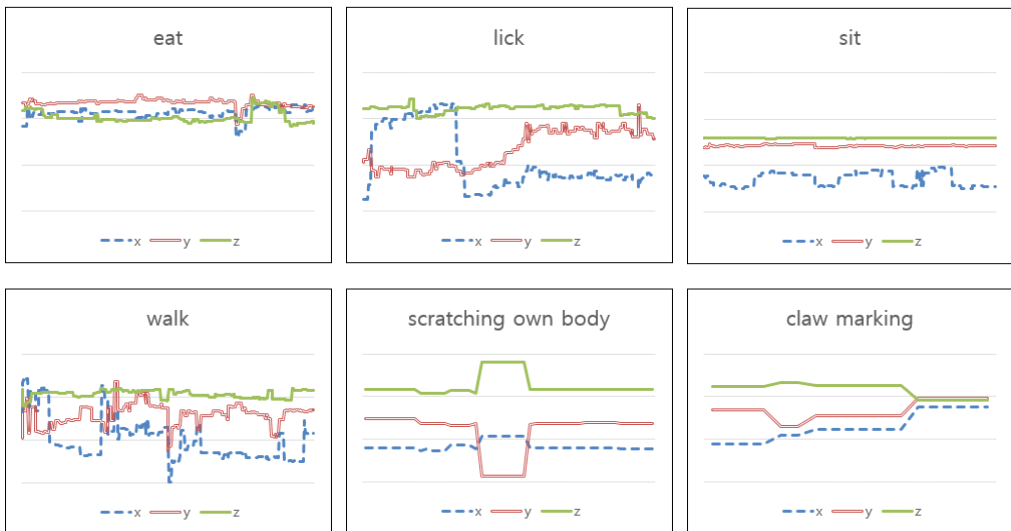


Fig. 3. Accelerometer data for cat behavior classification.

않는다는 ‘entangled’ 문제가 있다[18]. InfoGAN은 이와 같은 ‘entangled’ 문제를 해결하기 위하여, 해당 데이터의 클래스를 구분 짓는 특징량을 손쉽게 획득할 수 있도록 생성용 벡터를 latent code와 latent

variable로 나누고, latent code와 생성된 샘플의 상호정보량을 극대화시키는 방식으로 원본과 유사한 데이터를 생성한다. 이 방식을 사용하여 최종적으로 약 1.8배 확장된 학습데이터를 실험에 사용하였으며,

Table 1. Difference in number of data before and after data augmentation.

	Before	After
walk	210	378
lick	223	402
sit	334	601
eat	270	486
scratching own body	198	356
claw marking	201	362
train data	1149	2298
test data	287	

Table 1은 데이터 확장 전후 데이터 개수의 차이를 보여준다.

반려묘의 위치정보와 관련된 처리 과정은 다음과 같다. 우선 전처리를 통해 RSSI 신호 세기를 4대의 라즈베리파이와 비컨 사이의 거리로 각각 변환한다. 이를 위해, 각 라즈베리파이는 수신된 RSSI 신호 값을 시간 순서로 정렬한 후, 1초 간격 사이의 신호 값들의 평균을 계산하며, 이때 RSSI의 이상치는 Density 방식을 사용하여 다른 값들과 차이가 크게 나는 데이터가 있으면 제거하고 계산한다. 결과적으로, 평균 RSSI 값은 거리 변환식에 의해 비컨(반려묘)과 4대의 라즈베리파이 사이의 거리로 각각 변환되며, 이는 곧 1초 단위의 각 라즈베리파이와 비컨과의 거리를 의미한다(Fig. 4 참조). 이때, 거리 변환 식은 아래 식 (1)과 같다.

$$10^{\frac{(TXpower - RSSI)}{10 \times N}} \quad (1)$$

해당 수식에서, Transmission power(TX power)는 비컨이 송출하는 RSSI 신호 세기 값을 나타내며, 수신기와 거리를 고려하여 -16dBm로 설정하였다. RSSI 신호 세기 값은 클수록 비컨과 라즈베리파이 사이의 거리가 가까움을 의미한다. N은 전파 손실에 따른 보정 상수로, 본 연구에서는 4대의 라즈베리파이에 각각 {2, 2, 3, 4}로 설정하였다. 식(1)을 통해 거리가 계산된 후, Fig. 4와 같이 3차원 좌표로 변환하는 과정을 거친다. 이때, 3차원 좌표는 헤론의 공식(Heron's formula)[19]과 피타고라스 정리(Pythagorean theorem)[20]를 적용하여 추정하였다.

3.2 반려묘의 행동 분류 및 위치 추정 계층

최근 이미지 인식 및 컴퓨터 비전 분야에서 놀라

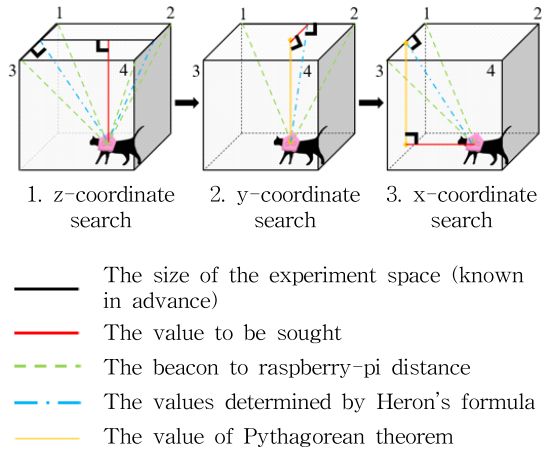


Fig. 4. 3D-Coordinate estimation process for location classification.

운 성과를 거둔 딤러닝 알고리즘들이 현재 매우 다양한 분야에서 적용되고 있다[21-26]. 그 중, LSTM은 시계열 데이터인 센서 데이터 등의 학습을 보다 효과적으로 수행할 수 있으며, 특히 실시간으로 상황을 분류하거나 경고를 나타내기 위해 빠른 작업이 요구될 때 유용하게 쓰인다[27]. 본 연구에서는 이와 같은 LSTM을 2계층으로 구성하여 반려묘의 행동을 분류하기 위한 학습 모델로 사용한다.

고양이의 행동 분류 및 위치 추정 계층에서는 3축 가속도계 정보가 Fig. 5와 같이 2계층 순환 신경망으로 이뤄진 LSTM의 첫 번째 층에 순서대로 입력된다. 첫 번째 층 유닛의 출력 벡터는 같은 시간 축의 두 번째 층을 이루는 기억 유닛의 입력으로 사용된다. 두 번째 층의 마지막 시간 축 기억 유닛 출력 벡터는 회귀 층을 거쳐 반려묘의 행동 분류 결과(6가지 행동)를 도출한다. 반려묘의 위치는 정확한 (x, y, z) 좌표가 아닌, Fig. 6과 같이 미리 설정된 4개의 영역('침대', '급식대', '음수대', '기타')으로 구분하여 표현하였다. 이는 변동이 큰 RSSI 신호의 특성상 정확한 위치 추정이 힘든 점을 보완하고, 반려묘의 위치별 행동 분석의 의미를 보다 명확하게 하기 위함이다. 예를 들어, "고양이가 (x, y, z) 위치에서 사료를 먹었다"의 경우 (x, y, z) 위치에서의 반려묘 행동이 어떤 결과를 의미하는지 알기 어렵지만, "고양이가 침대에서 사료를 먹었다"와 같이 특정한 영역으로 위치를 표현할 경우 특정 영역에서의 잘못된(혹은 옳은) 행동에 대한 의미 분석이 용이해진다. 영역 구분은

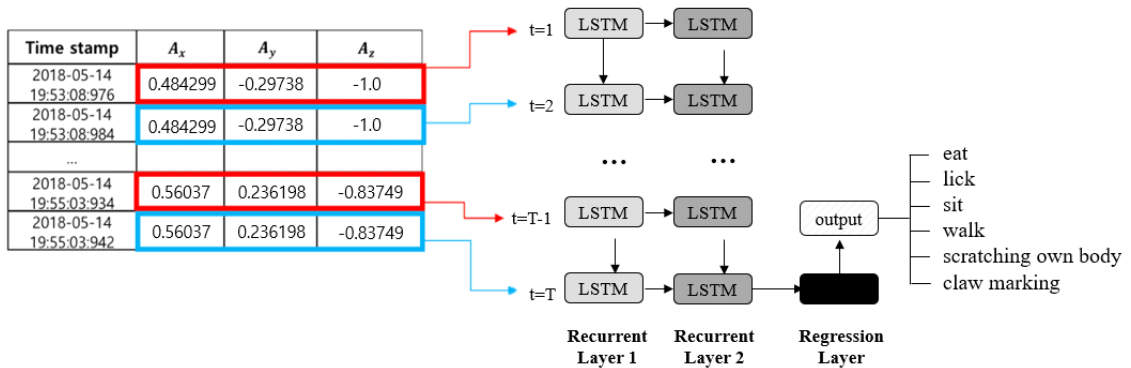


Fig. 5. LSTM model structure used in the experiment.

반려묘의 행동 분석 전문가의 저서[28, 29]를 참조하였으며, 본 논문에서 분류한 6가지의 행동이 발생하는 위치를 고려하여 유의미한 최소 구분 단위인 4곳으로 설정하였다.

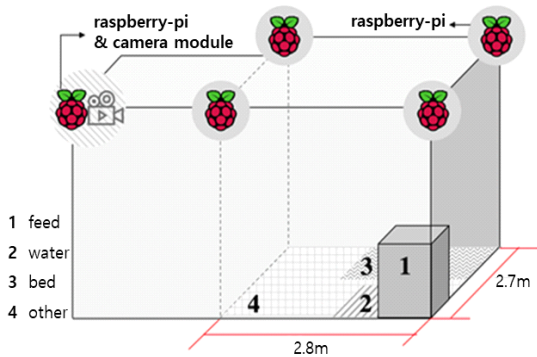


Fig. 6. Graphical representation of the four areas in the room.

3.3 반려묘의 행동 분류 및 위치에 대한 분석 계층

반려묘의 행동 분류 및 위치에 대한 분석 계층에서는 앞선 계층의 반려묘 행동 분류의 결과와 위치 결과를 종합하여 반려묘의 행동 및 상태를 분석하여 반려묘의 질병을 진단하는 방법론을 제시한다. 반려묘를 대상으로 진행된 수의학 논문[7-10]에 의하면 반려묘의 단순 행동만으로도 반려묘에서 나타날 수 있는 많은 질병을 탐지할 수 있다고 보고한다. 본 연구에서는 반려묘 전문가의 저서[28, 29]를 참조하여 반려묘의 6가지 행동과 위치 영역 4가지를 기준으로 반려묘의 질병 및 이상 상황을 탐지할 수 있는 기준을 Fig. 7과 같이 정리하였다. Fig. 7은 반려묘의 행동

정보와 위치, 시간의 증가 감소 등을 고려하였을 때 반려묘에게 발생할 수 있는 질병에 대한 범주를 개략적으로 보여준다. 예를 들면, 반려묘의 ‘먹기’ 행동이 ‘Feed’ 영역에서 평소보다 많이 먹는 행동이 관찰된 경우는 해당 반려묘가 감상선 또는 정신적으로 질환이 있을 수 있음을 보여준다. Fig. 6은 반려묘 전문가의 수의학적 지식을 트리들로 구성된 숲(forest)의 형태로 표현한 것으로 컴퓨터 진단 시스템에서 바로 사용될 수는 없다.

본 연구에서는 모니터링 시스템에서 자동 탐지된 반려묘의 행동 분석과 위치정보를 이용하여 수의학적 지식을 바탕으로 구축된 규칙기반(결정 트리 구조)의 질병 분석 시스템에 입력되어 해당 반려묘의 이상 상황 탐지 및 질병의 유무와 종류를 확인할 수 있는 진단시스템을 설계 및 구현한다. 이는 본 논문의 “4.2 반려묘의 건강 상태 모니터링 및 질병 분석 시스템”에서 자세히 설명한다.

4. 실험 결과 및 고찰

4.1 행동 분류 성능 및 위치 식별 정확도

반려묘의 행동 분류 성능 및 위치 식별 정확도에 관한 실험적 고찰은 다음과 같다. 먼저, 반려묘의 행동 분류 실험에서 사용된 LSTM 모델의 하이퍼-파라미터(Hyper-parameter)는 epoch=25, batch size=128, units=10, dropout=0.5, learning rate=0.001로 설정하였다. 학습 및 테스트 데이터는 확장 전 데이터를 기준으로 8:2로 나누었고, 이후 학습 데이터에만 InfoGAN을 적용하여 데이터를 확장 후 실험을 진행하였다(Table 1 참조). Fig. 8(a, b)에는 학습 데이터

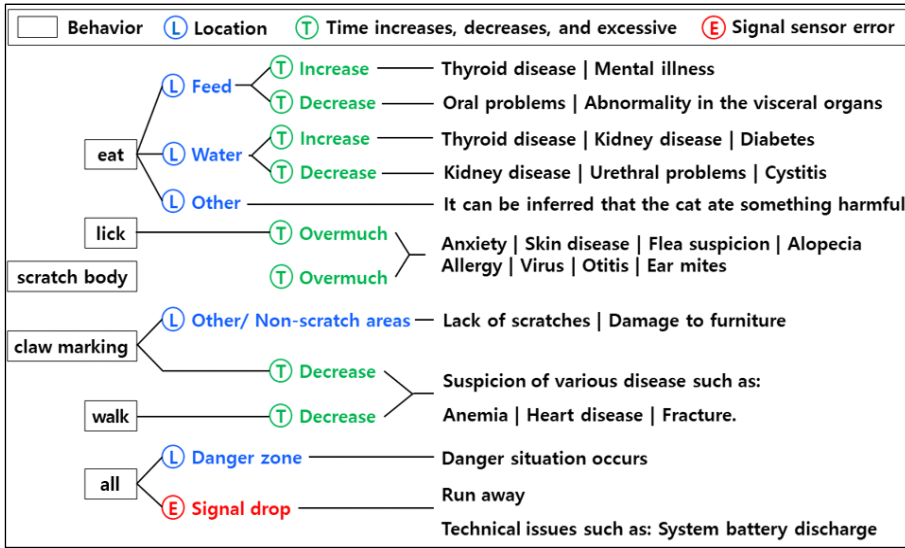


Fig. 7. Diagnosis of a cat's disorder and status using cat behavior and location information[28,29].

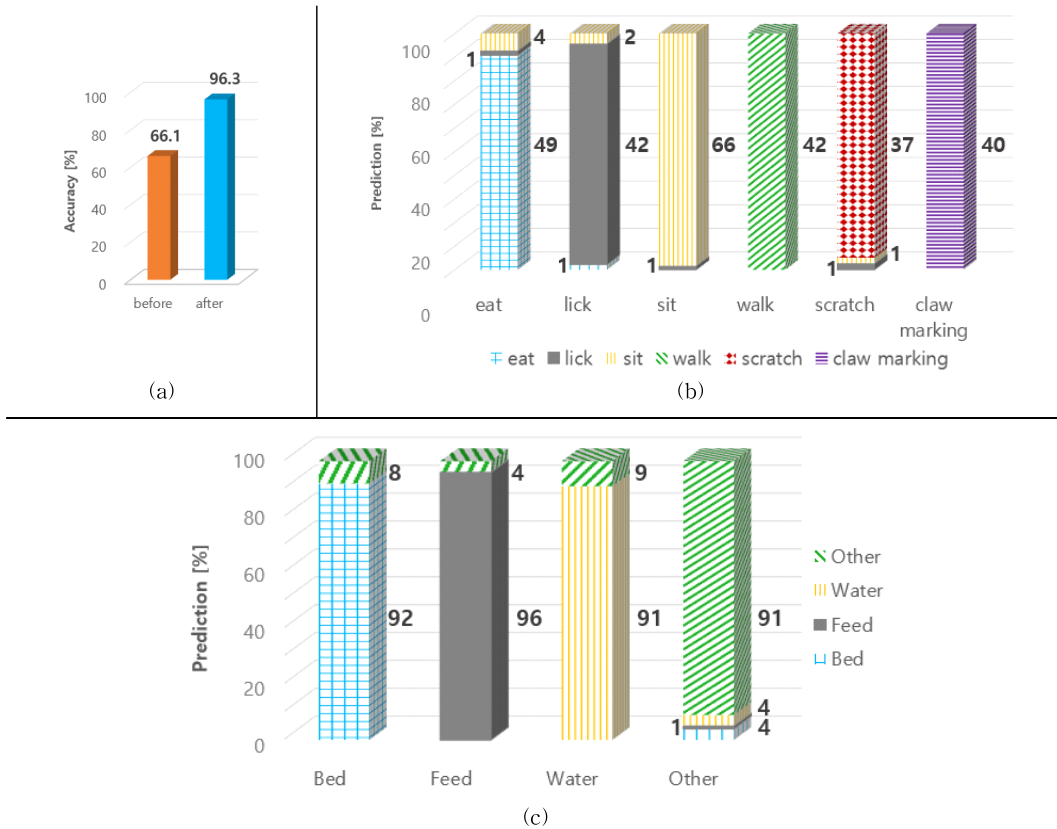


Fig. 8. Comparison of cat behavior classification performance and location identification accuracy. (a) Performance comparison before and after expansion of cat behavior data, (b) Cat behavior classification experiment results, and (c) Location identification experimental results.

Table 2. Confusion matrix for cat positioning discrimination accuracy.

	Bed	Feed	Water	Other
Bed	92	0	0	8
Feed	0	96	0	4
Water	0	0	91	9
Other	4	1	4	91

의 확장 전·후로 나누어 반려묘의 행동 분류 성능을 그래프로 표시하였다. 데이터 확장 전의 행동 분류 정확도 성능은 66.1%, 데이터 확장 후의 성능은 96.3%로 약 30% 상승함을 확인하였다. 이는 InfoGAN의 학습 데이터 확장이 분류기의 성능 향상에 미치는 실험적 효과를 의미한다. 한편, Table 2와 Fig. 8(c)는 반려묘의 위치 식별 결과를 각각 혼동행렬과 그래프로 보여준다(‘침대’, ‘급식대’, ‘음수대’, ‘기타’ 영역 각각 96.3%, 91.1%, 92.4%, 91.3%의 식별 정확도/평균 92.7%). 특히 급식대 영역의 경우, 다른 영역과는 다르게 높은 위치(z값)를 가지는 차별성을 보임으로 인해 높은 분류 정확도를 보이고, 기타 영역의 경우는 전체 공간 중에서 차지하는 비중이 높아 다른 영역에 비해 높은 정확도를 보이는 것으로 판단된다. 위 두

실험 결과를 종합해보면, 본 연구에서 제안하는 시스템의 반려묘 행동 분류 정확도는 96.3%, 위치 식별 정확도는 평균 92.7%의 우수한 정확도를 보임을 확인하였다.

4.2 반려묘의 건강 상태 모니터링 및 질병 분석 시스템

본 연구에서 제안되어 검증된 반려묘의 행동 분류 및 위치 식별 결과는 반려묘의 질병에 관한 수의학적 지식을 바탕으로 구성된 규칙기반의 질병 분석 시스템에 입력되어 주인이 가정에서도 반려묘의 질병 유무 및 종류를 확인할 수 있는(혹은 반려묘 전문 수의사가 진단의 보조적 도구로 사용할 수 있는) 진단 시스템을 설계 및 구현하였다. 본 연구에서는 반려묘의 행동 분석 및 질병에 관한 전문 수의학적 서적들[28, 29]을 바탕으로 반려묘의 질병 지식 전문가 시스템을 구축하였다.

Fig. 9는 반려묘의 질병 지식 전문가 시스템에서 사용된 특정한 결정 트리 구조의 예시이다. 결정 트리에 표시된 기호의 의미는 Table 3에 정리하였으며, 각 노드에 포함된 질문에 대한 답변이 YES일 경우는 트리의 왼쪽으로, No일 경우는 오른쪽으로 분기된다. 설명의 편의상, Fig. 9에서 발췌된 두 가지 시나리

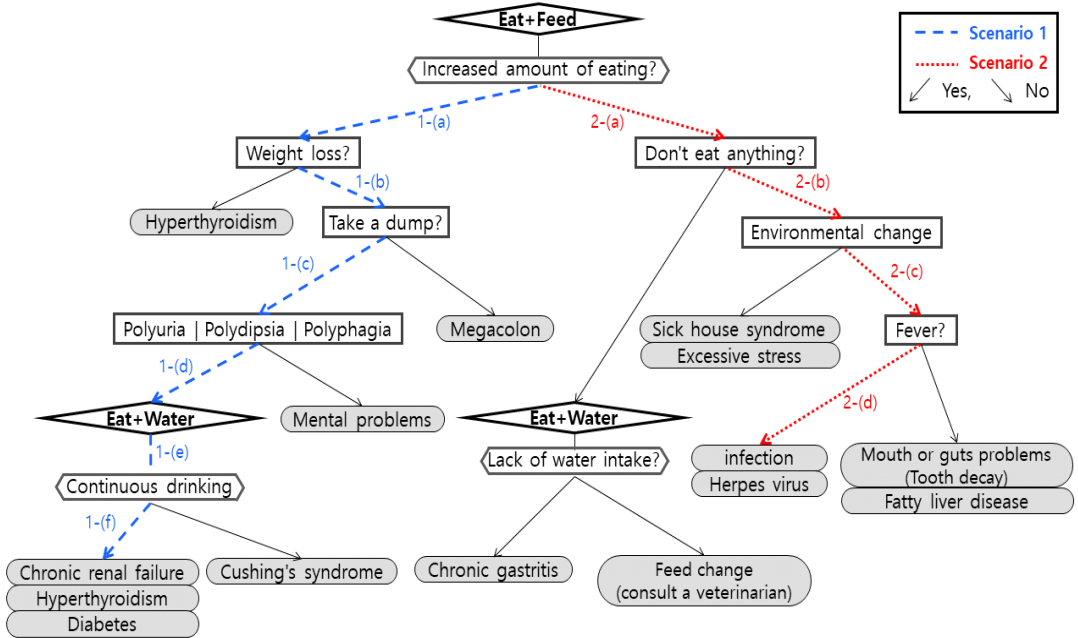
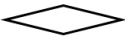

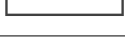
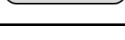


Fig. 9. A particular decision tree representing cat's diseases knowledge base[28,29].

Table 3. The node types used in the decision tree and their respective meaning.

Node type	Node meaning
	cat's behavior cat's behavior + location
	Information that the system automatically detects.
	Information to be entered based on the user's observation.
	Displaying the name of the specific suspected disease(s).

오를 중심으로 사례연구를 설명한다.

1. 시나리오 1은 만성신부전(chronic renal failure)에 관한 것으로 이는 반려묘에서 흔히 발병되는 질병으로, 조기 탐지 및 치료하지 못하는 경우 만성적인 질병으로 발전될 수 있다고 알려져 있다[9]. 시나리오 1은 Fig. 9의 파란색 화살표 분기를 따라 1-(a)부터 1-(f)까지의 순서에 따라 진행된다. 먼저, 모니터링 시스템이 고양이의 식사량이 증가한 것을 탐지하면 1-(a)로 분기되며, 주인으로부터 반려묘의 몸무게가 줄었는지에 대한 질문에는 'No'를, 대변을 보는지에 대한 여부를 묻는 질문에는 'Yes'를 입력받아 각각 1-(b)와 1-(c)로 분기된다. 그리고 다음, 다뇨, 다갈 증상에 대해 주인으로부터 'Yes'를 입력받아 1-(d)로 분기되면, 1-(e)에서 본 시스템의 식수량 모니터링 정보를 통해 지속적인 음수량을 측정된 결과를 기반으로 1-(f)로 최종 분기된다. 결국, 시나리오 1에 해당하는 반려묘는 만성신부전, 갑상선 기능 항진증(hyperthyroidism), 당뇨병(diabetes) 등의 질병이 의심된다.

2. 시나리오 2는 허피스 바이러스(herpes virus)에 관한 것으로 이는 고양이들 사이에서 전염이 될 뿐만 아니라, 면역력이 약한 사람에게도 감염될 수 있다. 해당 질병에 감염된 사람은 피부염, 구내염, 뇌수막염 등 다양하고 심각한 질병으로 발전될 수 있기 때문에 사람으로 전염되기 전에 조기 탐지 및 치료하는 것이 매우 중요하다고 알려져 있다[30]. 시나리오 2는 Fig. 9의 빨간색 화살표 분기를 따라 2-(a)부터 2-(d)까지의 순서에 따라 진행된다. 먼저, 모니터링 시스템을 통해 고양이의 식사량이 줄었다는 것이 확인되어 2-(a)로 분기되면, 2-(b), 2-(c)의 순서대로

아무것도 안 먹는지, 환경에 변화가 있었는지에 대해 주인으로부터 각각 'No' 답변을 받는다. 마지막으로 열이 나는지에 대한 질문에 'Yes' 답변을 통해 2-(d)로 분기되면 해당 반려묘는 감염(infection) 혹은 허피스 바이러스가 의심된다고 파악할 수 있다.

Fig. 10은 위에서 설명한 시나리오 2에 해당하는 모니터링 및 질병 분석 시스템의 실행 화면을 보여준다. 모니터링 시스템의 화면은 총 5개의 구역으로 나뉜다. 먼저, ①에서 고양이의 위치 정보를 한눈에 파악하고, ②에서 고양이의 행동과 위치 정보에 대한 로그 기록을 확인할 수 있다. ③에서는 고양이의 일정 주기별 사료섭취량과 음수량을 확인할 수 있다. ④에서는 사용자에게 반려묘의 질병 진단을 위한 질문을 제시하고 선택형식으로 답변할 수 있도록 한다. 즉, ①~③을 통해 시스템이 반려묘의 이상 상황을 탐지하면 결정 트리 노드에 포함된 질문에 대해 자동으로 답변함으로써 결정 트리 분기가 시작되고, 중간 과정에서 사용자의 대답이 필요한 경우, ④를 통해 다음 노드로 분기될 수 있도록 한다. 마지막으로 ⑤에서는 시스템에서 진단된 해당 반려묘의 의심 질병들을 제시한다.

5. 결 론

반려묘를 대상으로 현재까지 진행된 ICT 기반의 실용적 연구 및 학술적 연구는 매우 제한적임에도 불구하고, 일정 부분 성공적인 결과를 도출하고 있다. 하지만, 영상 및 소리 신호에 기반한 반려묘의 행동 및 소리 분류와 같이 단순히 반려묘의 상태를 식별하는 수준의 연구들이 주를 이루고 있으며, 그마저도 반려묘의 수의학적 지식을 고려한 연구 결과는 아직까지 발견되지 않는다. 본 논문에서는 반려묘에 관한 수의학적 지식에 기초하여 저렴한 비용으로도 구축이 가능한 비컨 센서와 라즈베리파이를 이용하여, 위치정보가 포함된 반려묘의 행동을 딥러닝의 LSTM으로 자동 분류 및 분석함으로써 반려묘의 건강 상태를 24시간 모니터링할 수 있는 학술적·실용적 차원의 반려묘 모니터링 및 질병 진단 시스템을 제안하였다. 실제 양육 중인 반려묘를 대상으로 제안한 시스템의 유효성을 실험을 통해 검증하였다. 본 연구에서 제안한 시스템의 반려묘 행동 분류 정확도는 96.3%, 위치 식별 정확도는 평균 92.7%으로 우수한

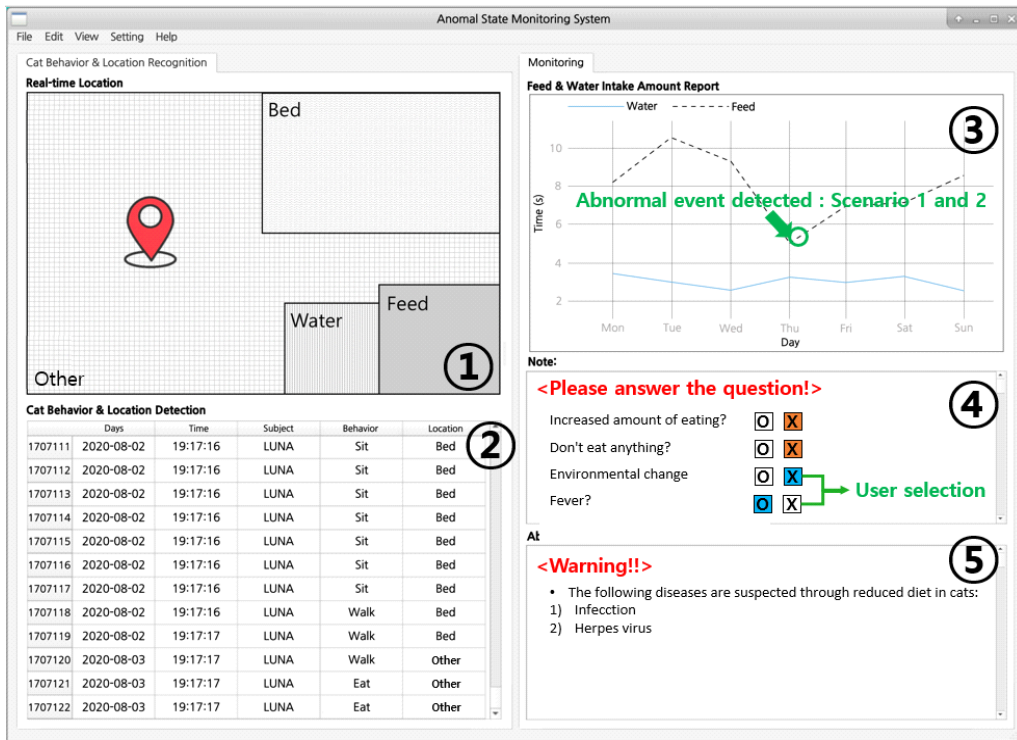


Fig. 10. Simulation results screen of cat's health monitoring.

시스템의 정확도를 실험을 통해 확인하였다. 또한, 본 연구에서 제안되어 검증된 반려묘의 행동 분류 및 위치 식별 결과는 반려묘의 질병에 관한 수의학적 지식을 바탕으로 구성된 규칙기반의 질병 분석 시스템에 입력되어 주인이 가정에서도 반려묘의 질병 유무 및 종류를 확인할 수 있는(혹은 반려묘 전문 수의사가 진단의 보조적 도구로 사용할 수 있는) 진단 시스템을 설계 및 구현하였다.

본 연구팀의 최종 목표는 'Human Animal Computer Interface(HACI)'라는 새로운 분야의 도전적 과제로써, 우선 주인과 반려묘 사이의 의사소통에 초점을 맞추어 주인과 반려묘의 행동에 대한 상호작용 및 상호관계에 관한 다양한 공학적 연구로의 확장 작업을 향후 연구 과제로 진행할 예정이다.

REFERENCE

[1] Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, <https://www.animal.go.kr/> (accessed May 7, 2019).
 [2] C. Ladha, N. Hammerla, E. Hughes, P. Olivier,

and T. Plöetz, "Dog's Life: Wearable Activity Recognition for Dogs," *Proceedings of the 2013 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing*, pp. 415-418, 2013.
 [3] H. Kim, Y. Kim, Y. Oh, H. Jang, and J. Kim, "Wearable-Based Applications for Analysis and Notification of Abnormal Behavior of Dogs," *The Human Computer Interaction Society of Korea*, pp. 610-613, 2017.
 [4] LG U+, MomCa(2013), <https://www.uplus.co.kr/> (accessed Dec 17, 2013).
 [5] IOTEC, *Companion Animal Automatic Feeder System based on Feed Quantity Measurement*, 1020160151967, Korea, 2016.
 [6] J. Yang, G. Baek, M. Yoon, K. Cho, and J. Gwon, *Companion Animal Dental Functional Play*, 1020190023525, Korea, 2019.
 [7] J. Kim, "Characteristics of Experimental Animals, Diseases and Research-Cats," *Journal*

- of the Korean Veterinary Medical Association, Vol. 47, No. 3, pp. 249-259, 2011.
- [8] C. Park, "Academic4 - Diagnosis and Treatment of Cardiomyopathy in Cats," *Journal of the Korean Veterinary Medical Association*, Vol. 48, No. 9, pp. 547-552, 2012.
- [9] E. Thiry et al., "Feline Herpesvirus Infection. ABCD Guidelines on Prevention and Management," *Journal of Feline Medicine & Surgery*, Vol. 11, No. 7, pp. 547-555, 2009.
- [10] R. Choe and C. Hyeon, "Diagnosis and Treatment of Cat Hyperthyroidism," *Journal of the Korean Veterinary Medical Association*, Vol. 44, No. 1, pp. 50-64, 2008.
- [11] Estimote(2014), <https://estimote.com/> (accessed October 17, 2020).
- [12] Y. Pandeya, R. Yagya, and J. Lee, "Domestic Cat Sound Classification Using Transfer Learning," *International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems*, Vol. 18, No. 2, pp. 154-160, 2018.
- [13] L. Nanni, M. Gianluca, and P. Michelangelo, "Data Augmentation Approaches for Improving Animal Audio Classification," *Ecological Informatics*, Vol. 57, 2020.
- [14] M. Lee, J. Kang, and S. Lim, "Design of YOLO-Based Removable System for Pet Monitoring," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, Vol. 24, No. 1, pp. 22-27, 2020.
- [15] H. Chae, J. Lee, Y. Choi, D. Park, and Y. Jung, "Multimodal Cat Behavior Captioning System," *Proceeding of the Fall Conference of the Korea Multimedia Society*, Vol. 22, No. 2, pp. 122-125, 2019.
- [16] J. Lee, J. Lee, Y. Choi, D. Park, and Y. Chung, "Real-Time Cat Behavior Recognition System Using Two-Stream YOLO," *The Fall Conference of the Korea Information Processing Society*, Vol. 26, No. 1, pp. 408-411, 2019.
- [17] R. Blessing, "Outlier Treatment in Data Merging," *Journal of Applied Crystallography*, Vol. 30, No. 4, pp. 421-426, 1997.
- [18] X. Chen, Y. Duan, R. Houthoofd, J. Schulman, I. Sutskever, and P. Abbeel, "InfoGAN: Interpretable Representation Learning by Information Maximizing Generative Adversarial Nets," *In Advances in Neural Information Processing Systems*, pp. 2172-2180, 2016.
- [19] E. Weisstein, Heron's Formula, <https://mathworld.wolfram.com/> (accessed Nov 5, 1999).
- [20] S. Yeng, T. Lin, T. and Y. Lin, "The n-Dimensional Pythagorean Theorem," *Linear and Multilinear Algebra*, Vol. 26, No. 1-2, pp. 9-13, 1990.
- [21] Y. Kim, J. Sa, Y. Chung, D. Park, and S. Lee, "Resource-Efficient Pet Dog Sound Events Classification Using LSTM-FCN Based on Time-Series Data," *Sensors*, Vol. 18, No. 11, 4019, 2018.
- [22] Y. Choi, O. Atif, J. Lee, D. Park, and Y. Chung, "Noise-Robust Sound-Event Classification System with Texture Analysis," *Symmetry*, Vol. 10, No. 9, 402, 2018.
- [23] Z. Xu, J. Lee, D. Park, and Y. Chung, "Multidimensional Analysis Model for Highly Pathogenic Avian Influenza Using Data Cube and Data Mining Techniques," *Biosystems Engineering*, Vol. 157, pp. 109-121, 2017.
- [24] J. Lee, L. Jin, D. Park, and Y. Chung, "Automatic Recognition of Aggressive Pig Behaviors Using Kinect Depth Sensor," *Sensors*, Vol. 16, No. 5, 631, 2016.
- [25] F. Xurshedjon, K. Moon, S. Lee, and K. Kwon. "LSTM Network with Tracking Association for Multi-Object Tracking," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 23, No. 10, pp. 1236-1249, 2020.
- [26] J. Lee and S. Yoo, "Deep Learning Based Emotion Classification Using Multi Modal Bio-Signals," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 23, No. 2, pp. 146-154, 2020.
- [27] S. Hochreiter and J. Schmidhuber, "Long Short-Term Memory," *Neural Computation*,

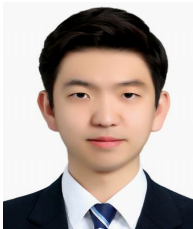
Vol. 9, No. 8, pp. 1735-1780, 1997.

- [28] J. Pam, *Think Like a Cat: How to Raise a Well-Adjusted Cat-Not a Sour Puss*, Penguin, 2011.
- [29] M. Nanbu, *Cat Disease Dictionary*, Green Home, 2019.
- [30] H. Park, "Treatment and Management of Complications due to Chronic Kidney Failure," *In Proceedings of the Korean Society of Veterinary Clinics Conference*, pp. 23-25, 2008.



최 윤 아

2019년 고려대학교 컴퓨터정보학과(학사)
 2021년 고려대학교 컴퓨터정보학과(석사)
 관심분야: 빅데이터, 데이터마이닝, 딥러닝



채 희 찬

2018년 고려대학교 컴퓨터정보학과(학사)
 2020년 고려대학교 컴퓨터정보학과(석사)
 2020년~현재 ㈜인포벨리코리아 사원

관심분야 : 딥러닝, 텍스트마이닝, 영상처리, 빅데이터



이 종 욱

2002년 고려대학교 전산학과(학사)
 2005년 고려대학교 전산학과(석사)
 2014년 고려대학교 전산학과(박사)

2014년~현재 고려대학교 컴퓨터정보학과 초빙교수
관심분야: 딥러닝, 데이터마이닝, 융합 IT, 음향분석



박 대 희

1982년 고려대학교 수학과(학사)
 1984년 고려대학교 수학과(석사)
 1989년 플로리다 주립대학 전산학과(석사)
 1992년 플로리다 주립대학 전산학과(박사)

1993년~현재 고려대학교 컴퓨터정보학과 교수
관심분야: 빅데이터, 데이터마이닝, 인공지능, 융합 IT



정 용 화

1984년 한양대학교 전자통신공학과(학사)
 1986년 한양대학교 전자통신공학과(석사)
 1997년 U. of Southern California(박사)

1986년~2003년 한국전자통신연구원 생체인식기술연구팀(팀장)

2003년~현재 고려대학교 컴퓨터정보학과 교수
관심분야: 병렬처리, 영상처리, 융합 IT