| **1. 주제**  **<고양이 울음소리 기반 모니터링 시스템 제안>**  나반 10팀, 20212222 최다은 20213607 손혜정 20221940 서지민 |
| --- |

| **2. 요약**  고양이 울음소리는 스트레스 상황을 파악하는 데에 중요한 정보다. 하지만 기존 모니터링 수단인 펫캠 중 청각 정보를 활용하는 제품은 없다. 따라서 고양이 울음소리를 청각 정보로 활용하는 모니터링 시스템이 필요하다는 문제 상황을 발견했다.  기존 펫캠은 카메라 시야에 제한된 모니터링 방식을 제공하기에 카메라 시야가 확보되지 않으면 더 이상 모니터링을 할 수 없다. 대부분의 제품이 모션 감지 기능을 사용하지만 이것으로는 고양이 스트레스 상황을 알아낼 수 없기에 사용자는 수동으로 모니터링을 해야 한다. 또한 대부분 IP 카메라 방식을 사용해 사생활 유출 가능성을 피할 수 없지만 카메라에 의존적이기에 이를 꺼둘 수 없다. 따라서 이 프로젝트에서는 소리 인식 딥러닝 모델로 고양이 울음소리의 상태를 분류해 자동 모니터링 하는 시스템을 개발하고자 한다.  이 시스템을 사용할 경우, 효과적인 자동 모니터링 방식으로 반려묘 가정의 펫캠 사용자들이 수동 모니터링으로 인해 겪던 불편을 해소할 수 있을 것이다. 그리고 청각 정보를 활용하지 않는 펫캠보다 고양이 스트레스 상황을 빠르게 파악해 고양이 스트레스 관리에 도움을 주어 고양이 건강 상태를 증진하고자 한다. | **3. 대표 그림**    그림1. 사용자 모바일 UI 예상 이미지  그림 2. 시스템 Flowchart |
| --- | --- |

| **4. 서론**  **[ 배경 설명과 사례 분석 ]**  고양이 울음소리는 집고양이가 자신의 상황을 알리기 위해 사용하는 가장 핵심적인 의사소통 수단이다. 그러나 고양이와 분리된 장소에 있을 때에는 고양이의 울음 소리를 듣기 어려워 문제가 발생하더라도 빠르게 알아차리기 어렵다. 기존에 외출 중에 반려동물의 상태를 확인하기 위해 사용되는 펫캠은 영상을 통해 문제를 감지하기 때문에, 고양이가 울어도 사용자가 알아차리기 어렵다. 또, 좁은 장소에 숨는 것을 좋아하는 고양이 특성상 화면에 감지되지 않는 경우가 잦아 문제 상황을 알아차리기 어렵다. 이런 문제들을 고양이 울음 소리 기반 모니터링 시스템을 통해 해결 가능하고, 고양이 상태 확인 및 문제 확인을 위해 효과적인 시스템이라는 점에서 높은 수요를 예측할 수 있었다.  지금부터는 기존 펫캠 시장에 출시되어 높은 판매량을 보이는 제품들과 이들의 모니터링 방식을 살펴보고자 한다. 첫번째 제품은 ‘티피링크 Tapo C210’으로 세계적으로 인정받은 암호화 규격을 사용하며, 아마존 클라우드를 이용하지만 ip 카메라 방식으로 카메라 의존성이 높아 보안적 한계를 지닌다. 이 제품은 모션 감지 기능을 장착해 움직임에 따른 알림을 받아 자동적인 모니터링이 가능하다. 또한 오디오 양방향 실시간 송수신은 가능하나 이를 모니터링에 활용하지 않는다. 두 번째 제품은 샤오미 홈캠 C300으로 AI 인체감지 기술과 모션 감지 기술을 사용해 자동 모니터링이 가능하다. 게다가 카메라 해킹 방지를 위해 AES-128 암호화 방식을 채택하였고, 영국 Kitemark 승인을 받은 제품이다. 하지만 이 제품 또한 IP 카메라 방식이므로 해킹을 통한 사생활 유출 가능성이 여전히 존재한다. 이 또한 오디오 양방향 실시간 송수신은 가능하나 이를 모니터링에 활용하지 않음을 확인했다.두 제품 모두 공통적으로 모션 감지 기능을 통한 자동 모니터링 시스템을 기반으로 하고 있었으며, 양방향 실시간 소리 통신을 제공했다. 하지만 소리 데이터를 모니터링에 활용하지는 않아, 앞서 언급한 것처럼 고양이 모니터링에 중요한 정보인 고양이 울음소리가 발생해도 정보가 활용되지 않았다.  **[ 문제 정의와 극복 방안 ]**  보통 고양이 보호자들은 외부에서 고양이 모니터링 시 펫캠을 사용하나, 기존 펫캠은 여러 가지 단점을 가지고 있다. 첫번째로, 사용자의 실시간 수동 모니터링을 요구한다. 앞선 사례 조사에서는 대부분의 펫캠이 모션 감지 기능으로 통해 자동 모니터링이 가능한 것을 확인했다. 하지만 해당 방식은 카메라 시야에 벗어나면 고양이의 위치와 상태를 확인할 수 없다. 모션 감지 기능은 고양이 움직임만을 캡쳐할 뿐 그 움직임을 분석해 고양이의 스트레스 종류를 판별하지도 못하므로, 사용자는 정말 고양이 상태를 알려면 수동으로 카메라를 계속 확인해야만 한다. 두번째로, 펫캠은 고양이가 잘 보이는 위치에 놓아야 하는데, 고양이가 자칫해서 치기라도 하면 고양이 모니터링이 불가능할 수도 있다. 마지막으로, 사생활 유출 가능성이 존재한다. 사례 조사에서 펫캠들이 보안을 위해 여러 기술을 적용한 것을 확인했으나 IP 카메라로 모니터링을 하는 한 카메라를 항시 켜두어야 하기에 사생활 유출 위험성을 낮추기 어렵다.  따라서 이 프로젝트에서는 극복 방안으로 고양이 울음소리 정보를 사용한 이 프로젝트의 시스템을 펫캠에 적용할 것을 제안한다. 그러면 카메라 시야 외부도 모니터링 할 수 있어 더 광범위한 모니터링이 가능하다. 소리 센서를 여러 곳에 부착해 고양이의 위치를 모니터링하고, 고양이 울음소리로 고양이 스트레스 종류를 구분할 수 있도록 개발한 뒤 알림 서비스를 통해 사용자에게 전달하면 사용자의 자동 모니터링이 더 가능해질 것이다. 또한 데이터 학습을 통해 청각 정보만으로 고양이 모니터링이 가능해지면 IP 카메라를 꺼두어도 상관없으므로 사용자의 사생활 유출 가능성이 현저히 줄어들 것이다. |
| --- |

| **5. 본론**  **[ 필요한 기술 요소 ]**  **1. Convolutional Neural Network (CNN)**  머신러닝은 데이터와 알고리즘으로 모델이 패턴을 학습하고 결정을 내리도록 하는 기술인데 이 중 한 분야인 딥러닝은 인공 신경망의 층을 연속으로 쌓아올려 데이터를 학습한다. CNN은 딥러닝에서 주로 이미지나 영상 데이터를 처리할 때 쓰이며 Convolution 전처리 작업이 포함되는 신경망 모델이다. 이것은 기존 2차원 형태를 입력받았을 때의 공간적/지역적 정보 손실 문제가 발생하지 않도록 고안된 모델이다.  **2. Mel-Frequency Cepstral Coefficient (MFCC) 특징**  Mel-Frequency Cepstral Coefficient(MFCC)는 오디오에서 추출하는 특징으로 소리의 고유한 특징을 수치적으로 나타낸다. MFCC를 구하기 위해서는 먼저 오디오 신호를 프레임별로 구분한 뒤 Fast Fourier Transform(FFT) 알고리즘을 적용해 스펙트럼을 구한다. 이후에는 스펙트럼에서 Mel 스펙트럼을 구한 뒤 이를 분석해서 MFCC 특징을 구할 수 있다.  **[ 구현 과정 ]**  구현 과정은 크게 고양이 울음소리 송수신, 고양이 울음소리 학습 및 적용, 모바일로 고양이 상태 알림 전송으로 나눌 수 있을 것이다.  먼저 고양이 울음소리 송수신 과정에서는 Esp32 보드와 LM393 소리 센서 연결 후 실시간 오디오를 작은 버퍼 단위로 전송한다. 그 후 앞에서 얻은 데이터를 와이파이 통신을 통해 실시간 스트리밍 방식으로 flask 서버에 전송한다. 그리고 전송된 데이터를 Flask 서버에서 wav 파일로 변환한 뒤 librosa 라이브러리로 MFCC 특징을 추출한다.  두 번째로 고양이 울음소리 학습 및 적용에서는 고양이/비고양이 구분 모델과 고양이 상태(10가지) 구분 모델이 필요하다. 우선 데이터의 경우 librosa 라이브러리를 활용해 학습 데이터의 mfcc 특징을 추출하고 데이터의 길이를 padding 또는 crop한다. 그리고 이 프로젝트에서는 깃허브의 오픈소스인 추임새 구분 모델을 참고해 Conv2D와 MaxPooling2D를 각각 3개씩 쌓고 한개의 Flatten층, 3개의 Dense 층을 쌓은 CNN 모델을 구축했다. 그 후에는 구현한 CNN 모델을 적용해 학습시키고 keras 라이브러리를 사용해 모델을 저장한다. 이후에는 이 모델을 Flask 서버에 올려 실제 고양이 오디오 파일에 적용하고 이를 서버로 보낸다.  마지막으로 모바일 고양이 상태 알림의 경우, 서버에 업데이트 발생시 MySQL의 테이블에서 새로운 데이터를 추출하고 추출한 데이터를 HTTP통신 프로토콜을 이용해 FCM에 전송한다. 이후에는 수신받은 데이터를 FCM을 통해 모바일로 알림을 보낸다. |
| --- |

| **6. 결론**  **[ 보고 내용 요약과 향후 할일 정리 ]**  이 프로젝트에서는 시각 정보만을 활용해 고양이 스트레스 상황을 빠르게 파악할 수 없는 기존 모니터링 방식이 문제라고 인식했다. 따라서 고양이 울음소리를 학습한 딥러닝 모델을 생성해 이를 집안의 센서에서 인식된 고양이 울음소리에 적용해 사용자에게 알림을 보내는 시스템을 구현해보았다. 시장에 출시된 펫캠 중 청각 정보를 사용하는 제품은 없기에 이 시스템의 기여도가 높다고 판단했다.  현재 주요 3단계 모두 로컬에서 작동하도록 구현 완료했으나 Apache, Flask 서버와 연결하지 못해 모든 과정을 연속적으로 테스트해보지 못했다. 따라서 추후에는 서버와 각 단계를 연결하는 과정을 진행할 예정이다. 아두이노 과정에서 ESP32 보드의 SRAM 크기의 한계로 버퍼 크기를 낮게 설정한 데이터를 사용해 MFCC를 추출했으나, 실제 구현에서는 SPIRAM을 연결해 한번에 더 큰 데이터셋을 처리할 것이다. 그리고 고양이/비고양이 분류 모델의 경우 acc가 너무 낮아 비고양이(소음) 데이터와 모델 조정이 필요할 것으로 보인다. |
| --- |

**7. 출처**

[1] 오일석, 『패턴인식』, 인피티니북스(2023), p 2-12, 132-133.

[2] "Tapo C210 인기 제품 팬/틸트 홈 보안 Wi-Fi 카메라", TP-Link 제품 개요, 2023년 12월 02일 수정, 2023년 12월 02일 접속, https://www.tp-link.com/kr/home-networking/cloud-camera/tapo-c210/.

[3] ”머신러닝이란 무엇인가요?”, 구글 클라우드 런, 2023년 12월 3일 접속, https://cloud.google.com/learn/what-is-machine-learning?hl=ko.

[4] “반려동물 보려고 설치한 홈캠, 사생활 유출될 수도 [박용선 칼럼]”, 미디어파인, 2023년 07월 10일 수정, 2023년 12월 02일 접속, <https://www.mediafine.co.kr/news/articleView.html?idxno=35849>

[5] “샤오미 스마트 홈캠(샤오미 CCTV) C300 후기”, 네이버 블로그, 2022년 11월 12일 수정, 2023년 12월 02일 접속, <https://blog.naver.com/jinijiniblog/222926818966>

[6] “샤오미 스마트 카메라 C300 XMC01 네이버 쇼핑몰 리뷰”, 네이버쇼핑, 2023년 12월 02일 수정,2023년 12월 02일 접속, <https://search.shopping.naver.com/catalog/35415065618?query=%EC%83%A4%EC%98%A4%EB%AF%B8%20c300&NaPm=ct%3Dlpo2mveg%7Cci%3Dd2c7cc47813a0da985a4d21fdaf22a711a04a9c6%7Ctr%3Dslsl%7Csn%3D95694%7Chk%3Dc418bd82a7cd282c8b907ec1a0f4ad5ce9c3e995>

[7] “방탄CCTV,” 방탄CCTV업체웹페이지, 2023년 12월 2일 수정, 2023년 12월 2일 접속, <https://www.bangtan24.com/>

[8] ”MFCC (Mel-Frequency Cepstral Coefficient)”, 네이버 블로그, 2019년 9월 28일 수정, 2023년 12월 3일 접속, https://m.blog.naver.com/sooftware/221661644808

[9] firebase클라우드메시징, google for deveopers, 2022년 8월 25일 수정, 2023년 12월 3일 접속, https://firebase.google.com/docs/cloud-messaging?hl=ko

[10] https://news.sbs.co.kr/news/endPage.do?news\_id=N1007367137

[11] *https://github.com/EwhaSpeakUP/SpeakUP\_ML*

[12]Yagya Raj Pandeya, Dongwhoon Kim and Joonwhoan Lee, Domestic Cat Sound Classification Using Learned Features from Deep Neural Nets (https://www.mdpi.com/2076-3417/8/10/1949)

[13] Yagya Raj Pandeya and Joonwhoan Lee, Domestic Cat Sound Classification Using Transfer Learning (<http://www.ijfis.org/journal/download_pdf.php?doi=10.5391/IJFIS.2018.18.2.154>)