

잡음에 강인한 돼지 호흡기 질병 탐지 시스템

최용주*, 최윤아*, 박대희*[†], 정용화*

*고려대학교 컴퓨터정보학과

e-mail: aaa928@korea.ac.kr

Noise Robust System for Pig Wasting Diseases Detection

Yongju Choi*, Yoona Choi*, Daihee Park*[†], Yongwha Chung*

*Dept. of Computer Information Science, Korea University

요 약

돼지 호흡기 질병은 돈사에 막대한 경제적 손실을 초래하는 질병들 중 하나이다. 본 논문에서는 저비용으로도 구축이 가능한 소리 센서 기반의 돼지 호흡기 질병 탐지 시스템을 제안하며, 특히 잡음 환경에서도 강인한 시스템의 구성에 초점을 두었다. 제안하는 시스템은 먼저, 돈사 내의 소리 센서로부터 취득한 돼지 소리를 2차원 회색조 이미지로 변환한다. 이후, 잡음에 강인한 성능을 보이는 Dominant Neighborhood Structure(DNS) 알고리즘을 이용하여 질감정보를 추출한다. 마지막으로, 이미지 분류에서 그 성능이 이미 입증된 딥러닝의 대표적 모델인 Convolutional Neural Network(CNN)에 사용하여 돼지 호흡기 질병을 탐지 및 분류한다. 실제 국내 돈사에서 취득한 돼지 소리를 이용하여 제안하는 시스템의 성능을 실험적으로 검증한 바 96%가 넘는 안정적인 시스템임을 확인하였다.

1. 서론

좁은 공간에서 다수의 자돈들을 밀집 사육하는 국내에서는 구제역 및 호흡기 질병 등과 같은 전염병 발생 시, 그 피해가 빠르게 확산되는 매우 취약한 구조를 가지고 있다. 대한 한돈협회에서 전국 양돈장의 질병 실태를 조사한 결과 돈사들 중 47%에서 PRRS(Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome)가 발병하였고, 21.1%에서 PMWS(Postweaning Multisystemic Wasting Syndrome)가 발병하였으며, 이로 인한 돼지 폐사율이 11.4%에 이른다고 보고하였다[1]. 특히, 생후 8주 미만의 이유자돈들은 면역력이 약하고 서열 싸움이 심하여, 전염병 발생 시 급속도로 확산 되어 대규모의 폐사 발생 가능성이 높다. 국내 양돈 농가의 폐사에 따른 손실액은 연간 4,000억 원으로 추정되며, 면역력이 낮은 이유자돈들에게서 가장 많은 폐사가 이루어지기 때문에 이유자돈들의 개별적인 관리가 필수적이다. 그러나 관리인 당 약 2,000두의 돼지를 관리하는 국내 돈사 환경에서 관리인이 돈사 내의 모든 이상 상황을 감시하는 것은 불가능하다[2].

돼지 호흡기 질병을 유발하는 환경인자 중, 양돈장의 주요 세균성 및 바이러스성 호흡기 질병의 원인체는 MH(Mycoplasma Hyopneumonia), PCV2(Porcine Circo Virus 2) 및 돼지 생식기 호흡기 증후군(PRRS) 바이러스

가 주된 병원체이며, 이유 후 전신성소모성증후군(PMWS)을 유발하는데, 이는 특히 연령이 낮은 돼지에게서 막대한 경제적 손실을 초래한다. 돼지 호흡기 질병에 따른 막대한 손실을 방지하기 위해서는 질병이 발병하기 전에 미리 질병을 차단하고 예방하는 작업이 요구된다. 그러나 현재 기술적, 경제적, 환경적 영향으로 인하여 돼지 호흡기 질병을 위한 조기 방제 시스템은 전무한 실정이며 따라서 이로 인한 경제적 손실은 날로 증가되고 있는 것이 현실이다.

이러한 축산 농가의 문제점에 대한 해결책 중 하나로 IT 기술과 농·축산업과의 융합 기술(Computer and Electronics in Agriculture)이라는 새로운 분야가 최근 활발하게 연구되고 있다. 예를 들면, 키넥트 카메라를 이용하여 이유자돈의 이상상황 탐지를 위한 연구가 진행되었으며[3, 4], 소리정보를 이용하여 사육장의 이상상황을 탐지하고자 하는 연구들로는 산란계 닭의 스트레스를 탐지하는 연구[5], 소의 발정기 탐지[6] 등과 같은 다양한 연구들이 최근 보고되고 있다. 본 연구와 유사한 주제로 이유자돈들의 호흡기 질병을 탐지하는 연구들도 진행되었는데, Lee 등[7]과 Chung 등[8]은 돼지 호흡기 질병 소리를 MFCC(Mel-Frequency Cepstrum Coefficients) 정보로 변환하여 질병을 탐지하는 연구결과들을 소개하였다.

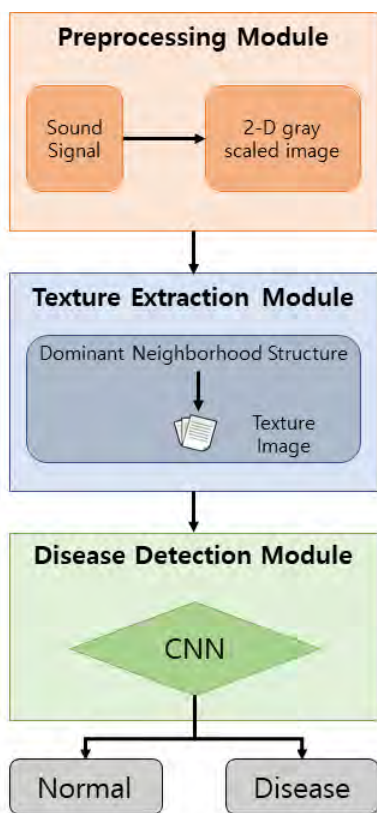
본 연구에서는 저비용으로도 구축이 가능한 소리 센서

[†]교신저자

기반의 돼지 호흡기 질병 탐지 시스템을 제안하며, 특히 잡음 환경에서도 강인한 시스템의 구성에 초점을 두었다. 제안하는 시스템은 소리 신호에서 잡음에 강인한 성능을 보이는 DNS 알고리즘을 이용하여 질감 정보를 추출하고, 이미지 분류에서 그 성능이 이미 입증된 딥러닝의 대표적 모델인 CNN을 이용하여 돼지 호흡기 질병을 탐지한다.

2. 잡음에 강인한 돼지 호흡기 질병 탐지 시스템

본 논문에서 제안하는 잡음에 강인한 돼지 호흡기 질병 탐지 시스템의 구조도는 그림 1과 같으며 크게 3개의 모듈로 구성된다.



(그림 1) 호흡기 질병 탐지를 위한 전체 시스템 구조도

2.1 Preprocessing Module

Preprocessing module에서는 1차원의 소리 신호를 linear transformation(선형 변환)을 통해 소리 신호의 길이를 정규화 한다. 이 후, 같은 길이로 정규화 된 소리 신호를 2차원 회색조 이미지로 변환한다.

2.2 Texture Extraction Module

Texture extraction module에서는 Khellar가 제안한 DNS 알고리즘[9]을 이용하여 질감 정보를 추출한다. DNS는 주로 진동신호와 이미지에서 특징을 추출하는 잡

음에 강인한 알고리즘으로 소리신호의 특징 추출에 적용되는 연구는 본 연구가 최초로 판단된다.

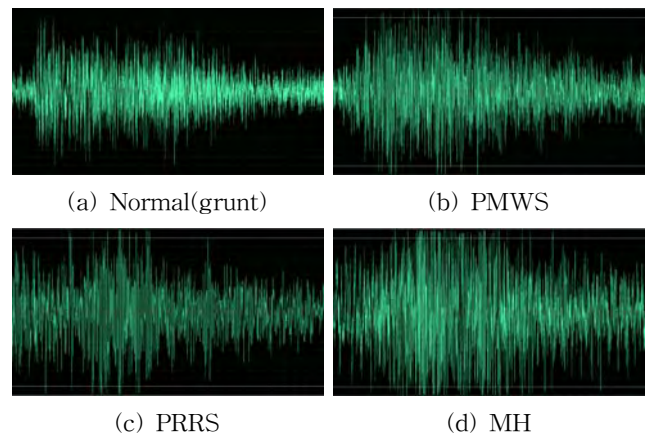
2.3 Disease Detection Module

Disease detection module에서는 돼지 호흡기 질병을 탐지하기 위하여, 이미지 분류에서 이미 그 성능이 입증된 딥러닝의 대표적 모델인 CNN을 본 연구의 목적에 맞게 설계하여 적용한다. 정상 소리와 호흡기 질병 소리들을 이용하여 CNN을 학습하고, 학습이 완료된 CNN 구조를 이용하여 돼지의 호흡기 질병을 탐지한다.

3. 실험 및 결과 분석

3.1 실험 데이터 획득

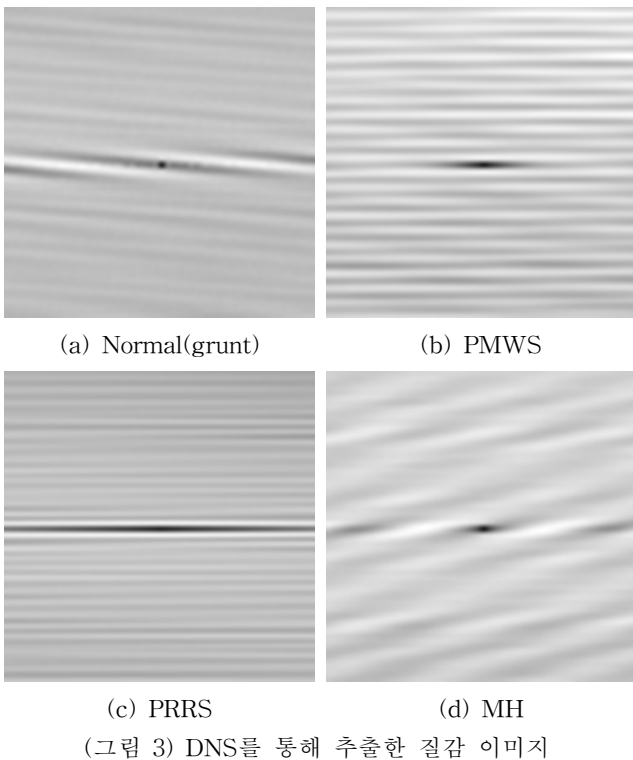
실험에 사용한 데이터는 충청남도과 경상남도에 위치한 돈사들에서 평균적으로 25~30kg의 총 36마리의 이유자돈 (Yorkshire, Landrace, Duroc)을 대상으로 수집하였다. 호흡기 질병으로 의심되는 돼지의 혈액을 채취한 후, 바이러스 검사와 혈청 분석으로 PMWS, PRRS, MH에 감염된 돼지와 질병에 걸리지 않은 돼지를 확인하였다. 돼지의 음성 수집은 각 개체로부터 1m의 거리에서 디지털 캠코더 (JVC GR-DVL520A, Japan)로 녹화하였다. 수집된 돼지 소리들은 0.13~2.66초로 구성되었으며, 44,100Hz로 샘플링되었다. 또한 잡음에 강인한 시스템의 성능 실험을 위하여 다양한 백색잡음(white gaussian noise)을 추가하였다 (SNR 18, 15, 12, 9, 6, 3, 0). 수집한 소리는 돼지의 정상 소리 350개(cough: 100, grunt: 110, scream: 140), 호흡기 질병 소리 360개(PMWS: 150, PRRS: 140, MH: 70)이다. 이에 대한 소리 신호의 파형은 그림 2와 같으며, 육안으로 소리 신호의 파형을 쉽게 구분하기는 어렵다는 것을 확인할 수 있다.



(그림 2) 취득한 돼지 소리의 파형

3.2 질감 정보 추출

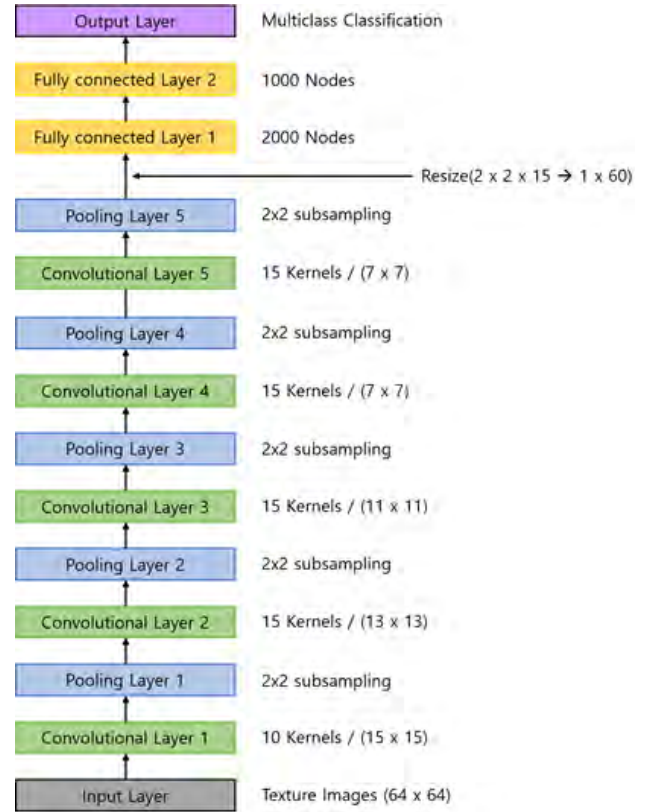
선형 변환을 통해 정규화 된 소리 신호를 158×158 크기의 2차원 회색조 이미지로 변환하고 DNS를 이용하여 질감 정보를 추출하였다. DNS에 적용한 파라미터로 searching window size는 64, neighborhood window size는 32로 고정하였다. 그 결과 64×64의 크기를 갖는 질감 이미지를 생성하였다. 앞서 그림 2에서 구분하기 힘든 폐지 호흡기 질병 파형을 DNS를 통해 질감 정보를 확인한 결과, 그림 3과 같이 각 호흡기 질병 별로 구분이 가능한 고유한 질감정보를 갖는 것을 확인할 수 있다. 그림 3의 (a)는 정상 소리 중 grunt 소리이며, 이미지의 중심 좌표를 기준으로 가로로 길게 뻗은 질감 특징을 갖는다. (b)는 PMWS로 수평으로 촘촘하게 배열되어있는 질감 특징이고 (c)는 PRRS로 (b)의 PMWS와 비슷한 특징을 가지나 중심 좌표를 기준으로 수평의 질감정보를 갖는다. (d)는 MH로 (a)와 비슷한 질감정보를 보이나 추가적으로 대각선의 특징이 나타남을 보여준다.



3.3 질감 정보를 이용한 호흡기 질병 탐지

정상 폐지 소리 350개와 호흡기 질병 소리 360개의 질감 이미지를 대상으로 Tensorflow 1.2.1을 이용하여 CNN 구조를 설계하였다(그림 4 참조). 설계한 CNN을 학습하기 위하여 데이터의 80%를 무작위로 선정하여 학습하였고, 나머지 20%를 테스트 데이터로 사용하였다. 모든 노드들은 Xavier를 이용하여 초기화 하였고 learning rate는

0.0005, 활성화함수는 ReLU, 학습 횟수는 4000회, drop out 비율은 hidden layer는 70%, fully connected layer는 50%로 설정하였다. 또한 커널의 크기는 15×15로 시작하여 layer가 깊어질수록 점차 작아지는 구조로 설계하였다.



(그림 4) 호흡기 질병 탐지를 위한 CNN 구조도

실험 성능 측정을 위한 지표로는 precision, recall, f-measure를 사용하였다[10]. 실험 결과는 표 1과 같으며, 본 연구에서 제안한 시스템의 평균 precision은 97.72%, recall은 94.88%, f-measure는 96.28%의 안정적인 성능을 확인하였다.

<표 1> 폐지 호흡기 질병 탐지 실험 결과

Data set	Precision	Recall	F-measure
Normal	94.59%	100%	97.22%
PMWS	96.30%	86.67%	91.23%
PRRS	100%	100%	100%
MH	100%	92.86%	96.30%
Average	97.72%	94.88%	96.28%

추가적인 실험으로 잡음에 강인한 시스템 구조임을 확인하기 위해 잡음이 없는 데이터로 학습을 하고, 백색 잡

음 데이터(SNR 18, 15, 12, 9, 6, 3, 0)로 성능을 테스트 하였다. 실험 결과는 표 2와 같으며 매우 강한 잡음인 SNR 0을 제외하곤 모두 96%가 넘는 안정적인 결과 값을 확인하였다.

<표 2> 잡음 환경에서의 호흡기 질병 탐지 실험 결과

Data set	Precision	Recall	F-measure
SNR 18	99.65%	99.14%	99.39%
SNR 15	99.65%	99.14%	99.39%
SNR 12	99.65%	99.14%	99.39%
SNR 9	99.58%	98.93%	99.24%
SNR 6	99.33%	98.61%	98.96%
SNR 3	97.63%	96.55%	96.99%
SNR 0	86.13%	86.73%	84.65%
Average	97.37%	96.89%	96.86%

4. 결론 및 향후연구

본 논문에서는 잡음환경에서도 강인한 돼지 호흡기 질병 탐지 및 분류 시스템을 제안하였으며, 실제 돈사에서 수집한 돼지 소리 데이터를 이용하여 제안된 시스템의 유효성을 실험적으로 검증하였다. 본 연구에서 제안하는 시스템이 돼지의 호흡기 질병을 조기에 탐지하여, 호흡기 질병의 확산을 사전에 예방하기 위한 유용한 정보로 사용되기를 기대한다. 향후 연구로는 인위적인 백색잡음 이외에 실제 돈사에서 발생하는 다양한 잡음 소리를 추가하여 실험하는 연구를 수행함으로써 현실적인 시스템의 구축에 그 초점을 맞추고자 한다.

5. 감사의 글

본 연구는 2015년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임. (NRF-2015R1D1A3A01018731)

참고문헌

[1] 대한한돈협회, <http://www.koreapork.or.kr>
 [2] 주미소, 백한술, 사재원, 김희곤, 정용화, 박대회, “이유 자돈사에서 개별 돼지 모니터링을 위한 실시간 돼지 구분”, 한국 멀티미디어학회 논문지, Vol. 19, No. 2, pp. 215-223, 2016.
 [3] Lee, J., Jin, L., Park, D., and Chung, Y., “Automatic Recognition of Aggressive Behavior in Pigs using a Kinect Depth Sensor,” Sensors, Vol. 16, No. 5, 631, 2016.

[4] 최장민, 이종욱, 정용화, 박대회, “고속 영역기반 컨볼루션 신경망을 이용한 개별 돼지의 탐지”, 한국 멀티미디어학회 논문지, Vol. 20, No. 2, pp. 216-224, 2017.
 [5] Lee, J., Noh, B., Jang, S., Park, D., Chung, Y., and Chang, H., “Stress Detection and Classification of Laying Hens by Sound Analysis,” Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, Vol. 28, No. 4, pp. 592-598, 2015.
 [6] Chung, Y., Lee, J., Oh, S., Park, D., Chang, H., and Kim, S., “Automatic Detection of Cow’s Oestrus in Audio Surveillance System,” Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, Vol. 26, No. 7, pp. 1030-1037, 2013.
 [7] Lee, J., Jin, L., Park, D., Chung, Y., and Chang, H., “Acoustic Features for Pig Wasting Disease Detection,” International Journal of Information Processing and Management, Vol. 6, No. 1, pp. 37-46, 2015.
 [8] Chung, Y., Kim, H., Lee, H., Park, D., Jeon, T., and Chang, H., “A Cost-Effective Pigsty Monitoring System Based on a Video Sensor,” KSII Transactions on Internet and Information Systems, Vol. 8, No. 4, pp. 1481-1498, 2014.
 [9] Khellah, F., “Texture Classification Using Dominant Neighborhood Structure,” IEEE Trans. Image Processing, Vol. 21, No. 11, pp. 3270-3279, 2011.
 [10] Han, J., Kamber, M., and Pei, J., “Data Mining Concepts and Techniques,” Third Edition, Morgan Kaufmann Publishers, 2012.