

경량 딥러닝 기반의 돼지 호흡기 질병 탐지

홍민기*, 안한세**, 이종욱**, 박대희**, 정용화**

*고려대학교 컴퓨터정보학과 **고려대학교 컴퓨터융합소프트웨어학과

e-mail: hong1059@korea.ac.kr

Porcine Wasting Diseases Detection using Light Weight Deep Learning

Minki Hong*, Hanse Ahn**, Jonguk Lee**, Daihee Park**, Yongwha Chung**

*Dept. of Computer Information Science, Korea University

**Dept. of Computer and Convergence Software, Korea University

요 약

전염성이 매우 강한 돼지 호흡기 질병을 빠른 시간 내에 정확하게 탐지하지 못한다면 해당 돈사는 물론 타지역으로 전파되어 심각한 경제적 손실이 발생한다. 본 논문은 이와 같은 돼지 호흡기 질병을 저가격의 임베디드 보드에서도 탐지가 가능한 시스템을 제안한다. 해당 시스템은 돈사에 설치한 소리센서로부터 돼지의 이상 소리를 자동으로 탐지한 후, 탐지한 소리 시그널을 스펙트로그램으로 변환한다. 마지막으로, 스펙트로그램은 딥러닝 알고리즘에 적용되어 돼지 호흡기 질병을 탐지 및 식별한다. 이 때, 일반 컴퓨터 환경에 비해 비용 부담이 적은 임베디드 환경에서 실행되기 위하여 경량 딥러닝 모델인 MnasNet 을 사용하였으며, 임베디드 보드인 NVIDIA TX-2 에서 해당 시스템의 호흡기 질병 식별 성능을 확인한 결과 높은 탐지 성능과 실시간 탐지가 가능함을 확인하였다.

1. 서론

2019 년 농림축산식품부 주요통계[1]에 따르면 국내 축산업의 연간 총생산량은 약 19 조 8 천만 원이며, 이중 돼지의 총생산량은 약 5 조 1 천만 원으로, 국내 축산업에서 가장 큰 비중을 차지한다. 또한 통계청 통계[2]에 따르면 전체 약 6 천 2 백의 돼지농가 중 약 5 천 8 백 농가가 5 천마리 이하의 중소농장이다. 이러한 중소농장은 농장관리를 위해 많은 비용과 인력을 투자하기 힘들며, 장비 및 인력 부족으로 인하여 다수의 돼지를 동시에 관리하는 데에 어려움이 있다. 특히 창문이 없이 밀폐된 공간에서 돼지를 키우고 있는 국내 돈사의 특성으로 인하여, 돼지 호흡기와 관련된 전염병이 발병하게 되면 해당 돈사에 매우 빠르게 전파되며, 단시간 내에 격리 및 치료하지 못한다면 해당 농장의 돼지 집단 폐사는 물론 타 지역으로 확산되어 국내 축산업에 큰 경제적 피해를 발생시킬 수 있다.

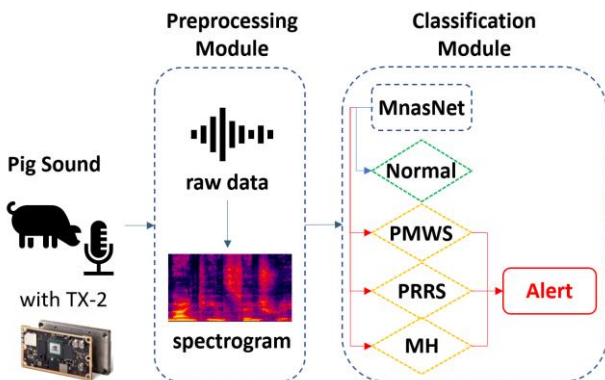
돼지 호흡기 질병은 대표적으로 Mycoplasma Hyopneumoniae(MH)로 인한 유행성 폐렴, Porcine Circo Virus 2(PCV2)로 인한 이유 후 전신소모성증후군(PMWS), Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome virus(PRRS virus)로 인한 돼지생식기호흡기증후군(PRRS) 등이 있다. 이러한 질병은 발병 시 높은 전염성과 치사율을 보인다. 따라서 돼지 호흡기

질병을 조기에 예방하여 발병에 따른 막대한 손실을 방지하는 것이 최선이나, 현재 국내 돼지 농장의 환경 및 경제적인 문제로 인하여 완벽한 예방 조치를 취하는 것은 사실상 불가능하며, 이로 인한 경제적 손실이 지속적으로 발생하고 있다. 결국, 돈사에서 발생하는 돼지 호흡기 전염병과 같은 이상 상황을 빠르고 정확하게 탐지하는 ICT 기반의 시스템이 필요하다.

돼지 호흡기 질병을 탐지하기 위해 진행된 축산 ICT 연구 중, 소리 정보가 가지는 장점을 이용하여 돼지 호흡기 질병을 효과적으로 탐지하는 연구들이 최근 관련 학회에서 제안되었다. 소리 정보는 돼지 호흡기 질병의 일부 증상을 확인할 수 있는 방법이며, 센서나 다른 계측 장비를 돼지에 직접 부착하지 않고, 마이크를 통한 정보 취득 환경을 구축하는데 소모되는 투자비용이 적다는 장점이 있다. 제안된 연구들 중, 수집한 소리 정보를 통계학적 분석을 통해 돼지 호흡기 질병을 분류하는 초기의 연구뿐만 아니라[3-6], 기계학습 모델을 이용하여 높은 돼지 호흡기 질병 분류 성능을 보이는 최근의 연구가 소개되었다[7]. 그러나 기존의 기계 학습과 딥러닝 모델들은 높은 컴퓨팅 환경을 기반으로 설계되었고, 이러한 환경을 구축하는데 필요한 고성능의 PC 를 실제 돈사에 배치하기에는 많은 비용 투자를 요구함으로 현실성이 떨어지는 연구실 차원의 학술적 연구라고 할 수 있다.

한편, 최신의 딥러닝 관련 연구분야 중, 높은 성능의 컴퓨팅 환경을 요구하는 기존의 한계를 극복하기 위한 경량 딥러닝 연구들이 진행되고 있다. 경량 딥러닝은 스마트폰, 임베디드 보드 등의 낮은 컴퓨팅 환경에서도 기존의 딥러닝 모델과 비슷한 성능을 가지는 경량 모델을 디자인하는 것이 목표이다. 특히 이미지 처리 분야에서는 대표적인 딥러닝 모델인 Convolutional Neural Network(CNN)을 경량화 한 MnasNet[8]이 발표되었으며, 스마트폰에서도 높은 이미지 처리 성능을 보여주었다.

본 논문에서는 임베디드 보드 등의 비교적 낮은 컴퓨팅 환경에서도 구동 가능한 경량 돼지 호흡기 질병 탐지 시스템을 제안한다. 해당 시스템은 돈사에서 발생한 돼지의 이상 소리를 자동으로 탐지하고, 탐지한 소리 신호를 스펙트로그램으로 변환하여 경량 CNN 모델인 MnasNet의 입력 값으로 사용한다. 입력 값은 Convolutional Layer를 거치며 소리 분류를 위한 특징 값을 자동적으로 추출하고, 최종적으로 Fully Connected Layer를 통과하면서 정상 소리와 질병 소리를 분류하게 된다. 본 연구에서 제안한 시스템은 대표적인 임베디드 보드인 NVIDIA TX-2 보드에서 테스트함으로써 실용성을 검증한다.



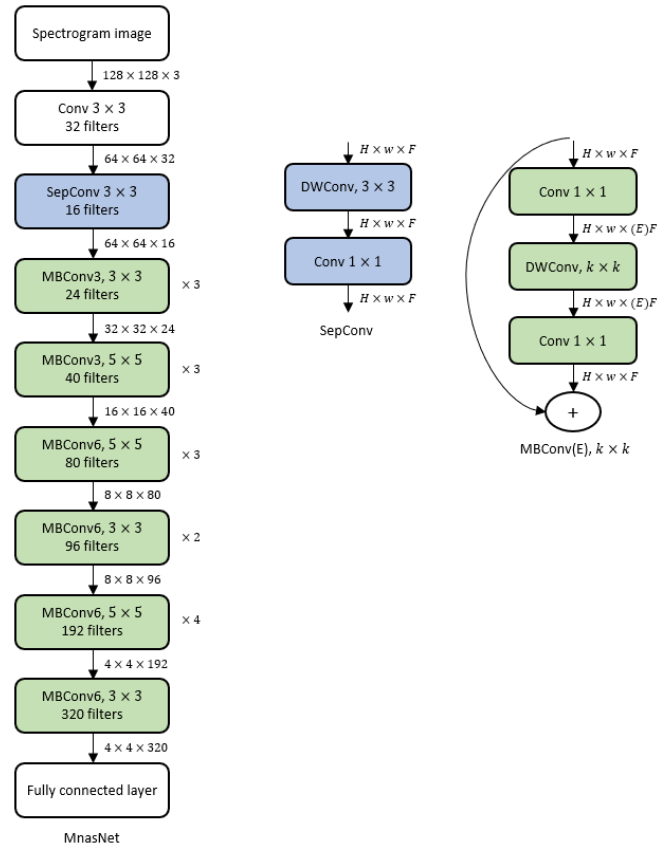
(그림 1) 소리 신호를 이용한 경량 딥러닝 기반의 돼지 호흡기 질병 탐지 시스템

2. 경량 딥러닝 기반의 돼지 호흡기 질병 탐지 시스템

본 논문에서 제안하는 시스템은 크게 3 가지 모듈로 구성된다: 1) 소리 센서를 통한 돼지 소리 자동 탐지, 2) 탐지한 소리 데이터를 스펙트로그램으로 변환, 3) 변환된 스펙트로그램을 통해 모델을 훈련하고, 훈련된 모델을 이용하여 정상소리와 질병소리의 탐지 및 분류.

소리 센서를 이용한 돼지 소리 자동 취득 모듈은 딥러닝 패턴 매칭을 사용하는 VAD(Voice Activity Detection)[9]를 사용하여 돈방에서 발생하는 소리를 자동 탐지하여 실시간으로 다음 모듈로 전달한다. 스펙트로그램 변환 모듈은 앞서 전달받은 소리 데이터를 스펙트로그램으로 변환하여 소리 분류기에 전달한다. 소리 분류기는 낮은 컴퓨팅 환경에서도 실시간 구동이 가능한 경량 딥러닝 모델인 MnasNet이 사용되며, 전달받은 스펙트로그램을 통해 해당 소리의 정상 및 질병 여부를 판단한다. 본 논문에서 탐지 및

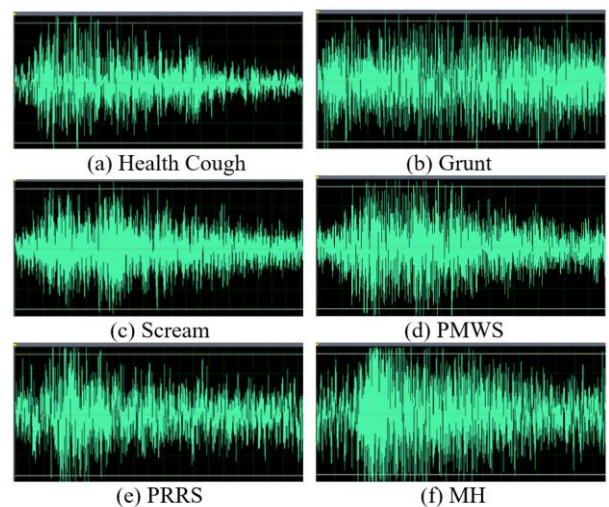
분류하고자 하는 소리들은 정상 소리 3 가지(Health Cough, Grunt, Scream)와 돼지 호흡기 질병 3 가지(MH, PMWS, PRRS)이며, 사용된 MnasNet 모델의 구조는 그림 2와 같다. 그림 2의 각 블록 옆에 표시한 $\times 2/\times 3/\times 4$ 는 각 블록이 반복되는 횟수를 의미한다.



(그림 2) 경량 CNN 모델인 MnasNet 모델의 구조

3. 실험 결과 및 분석

3.1 돼지 소리 취득 환경



(그림 3) 정상소리와 호흡기 질병 소리의 신호 예시

실험을 위한 소리 데이터는 충청남도에 위치한 4 곳의 돼지 농장에서 각각 PMWS, PRRS, MH에 감염

된 돼지와 정상적인 돼지로부터 취득하였다. 음성 수집은 디지털 캠코더(JVC GR-DVL520A, Japan)로 각 개체로부터 1m의 거리에서 녹화하였다. 돼지의 정상 소리(Health Cough, Grunt, Scream)와 호흡기 질병(PMWS, PRRS, MH)의 시그널 형태의 예시는 그림 3과 같다.

3.2 실험 결과

실험 환경은 MnasNet 모델 훈련에 Windows 10, Intel® i7-6700K CPU@4.00GHz, 32GB RAM, NVIDIA TITAN X GPU, 탐지 분류 테스트에 NVIDIA TX-2 (ARM cortex-A57 CPU, Pascal with 256 CUDA Cores GPU, 8GB RAM) Embedded Board를 사용하였다. 정상 소리(Health Cough 100, Grunt 110, Scream 140) 및 호흡기 질병 소리(PMWS 150, PRRS 140, MH 70)를 모두 동일한 크기(128×128)의 스펙트로그램 이미지로 변환하였으며, MnasNet 구동을 위해서 오픈소스 딥러닝 플랫폼인 Keras 버전 2.2.4[10], TensorFlow 버전 1.12.0[11]을 사용하였다. 훈련에 사용한 옵티마이저는 Adam Optimizer, decay 비율은 $\beta-1 = 0.9$, $\beta-2 = 0.999$, learning rate = 0.001, 배치 크기는 142개, 80 epoch 만큼 학습을 수행하였다. 실험 결과에 대한 평가지표는 precision, recall, f1-score이다.

모델 훈련 후 NVIDIA TX-2 임베디드 보드에서 테스트를 진행한 결과 평균 precision 94.3%, 평균 recall 95.3%, 평균 f1-score 0.943의 준수한 성능을 보였다. 테스트 데이터에 대한 혼동행렬(Confusion Matrix)은 다음 표 1과 같으며, 질병소리를 정상소리로 오 탐지하는 문제(False Negative)는 발생하지 않는 것을 확인하였다. 이미지 한 장당 0.473초의 처리 시간으로 본 논문에서 제안한 시스템의 실시간 처리 가능성을 확인하였다.

(표 1) 돼지 호흡기 질병의 분류 혼동행렬

	Normal	PMWS	PRRS	MH
Normal	66	0	2	2
PMWS	0	29	0	1
PRRS	0	0	28	0
MH	0	0	0	14

4. 결론

본 논문에서는 실제 돈방에서 발생하는 소리 데이터를 자동 탐지하고, 이를 경량 딥러닝 모델(MnasNet)을 통해 돼지의 호흡기 질병을 포함한 돈방의 이상 상황을 탐지 및 분류하는 시스템을 제안하였다. 해당 시스템은 NVIDIA TX-2 임베디드 보드에서 테스트하였으며, 높은 탐지 성능과 실시간 탐지 가능성이 확인되었다.

감사의 글

본 연구는 2018년 및 2020년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2018R1D1A3B07044938 and NRF-2020R1I1A3070835)

참고문헌

- [1] 농림축산식품부, <https://mafra.go.kr> [Accessed Sep. 07. 2020]
- [2] 국가통계포털, <https://kosis.kr/> [Accessed Sep. 16. 2020]
- [3] M. Guarino, P. Jans, A. Costa, J. M. Aerts, and D. Berckmans, "Field test of algorithm for automatic cough detection in pig houses," *Computers and electronics in agriculture*, 62(1), 22–28, 2008.
- [4] V. Exadaktylos, M. Silva, J. M. Aerts, C. J. Taylor, and D. Berckmans, "Real-time recognition of sick pig cough sounds," *Computers and electronics in agriculture*, 63, 207–214, 2008.
- [5] M. Silva, V. Exadaktylos, S. Ferrari, M. Guarino, J. M. Aerts, and D. Berckmans, "The influence of respiratory disease on the energy envelope dynamics of pig cough sounds," *Computers and electronics in agriculture*, 69(1), 80–85, 2009.
- [6] W. M. Gutierrez, S. Kim, D. H. Kim, S. C. Yeon, and H. H. Chang, "Classification of porcine wasting diseases using sound analysis," *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 23(8), 1096–1104, 2010.
- [7] Y. Chung, S. Oh, J. Lee, D. Park, H. H. Chang, and S. Kim, "Automatic detection and recognition of pig wasting diseases using sound data in audio surveillance systems," *Sensors*, 13(10), 12929–12942, 2013.
- [8] Tan, M., Chen, B., Pang, R., Vasudevan, V., Sandler, M., Howard, A., and Le, Q. V., "Mnasnet: Platform-aware neural architecture search for mobile," In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2820–2828, 2019.
- [9] Kim, J., and Hahn, M. "Voice activity detection using an adaptive context attention model," *IEEE Signal Process Lett*, 25(8), 1181–1185, 2018.
- [10] Keras, <https://keras.io> [Accessed Sep. 07. 2020]
- [11] TensorFlow, <https://www.tensorflow.org> [Accessed Sep. 07. 2020]