

탑뷰 카메라 기반의 돼지 체중 추정을 위한 돼지 자세 결정

최원석*, 안한세*, 이한해솔*, 정용화*, 박대회*

*고려대학교 컴퓨터융합소프트웨어학과

e-mail:carcws315@korea.ac.kr

Detection of Pig's Posture for Top-View-Camera-based Pig's Weight Estimation

Won-Seok Choi*, Han-Se Ahn*, Han-Hae-Sol Lee*, Yong-Wha Chung*, and Dai-Hee Park*

*Dept of Computer Convergence Software, Korea University

요 약

양돈 업계에서 돼지의 무게는 생산성 측면에서 매우 중요한 요인 중 하나이다. 탑뷰 카메라를 통해 획득된 이미지에서 돼지의 무게를 추정할 때 오차가 적고 신뢰도 있는 결과를 보이기 위해, 오차의 주요 원인인 돼지의 머리를 제거하여야 한다. 우선, 돼지의 머리를 제거하기 위해서는 귀를 탐지하여야 한다. 그러나 돼지의 자세가 바르지 못한 경우 겹침으로 인해 돼지의 귀와 머리가 구분되지 않는 경우가 발생하고, 귀 탐지 과정에서 고려해야 할 변수가 많아지므로 연산량과 수행 시간이 증가한다. 따라서 돼지의 무게 추정을 위해서 돼지의 머리를 제거할 때 돼지의 자세 판정은 필수적이다. 본 논문에서는 돼지의 중점으로부터 돼지의 경계선을 연결한 선분의 길이를 비교하여 돼지의 자세를 빠르게 결정하였다. 이를 통해 자세가 바른 돼지의 머리를 제거하여 돼지의 무게를 측정하는 방법을 제안한다. 실험 결과, 7.8 ms의 수행 시간과 0.97 이상의 정확도로 돼지머리 제거를 위한 자세를 결정할 수 있음을 확인하였다.

1. 서론

양돈 업계에서 돼지의 무게 측정은 돼지의 건강 상태를 확인할 수 있으며, 급여량을 조절함으로써 출하 시기를 결정할 수 있으므로 매우 중요하다[1]. 일반적으로 돼지의 무게를 측정하는 방법은 돼지를 저울 위에 올려서 무게를 측정한다. 그러나 이와 같은 방법은 국내 돈사의 경우 돼지의 수에 비해 돼지를 관리하는 관리인의 수가 부족하기 때문에 모든 돼지에 적용하는 것은 어렵다.

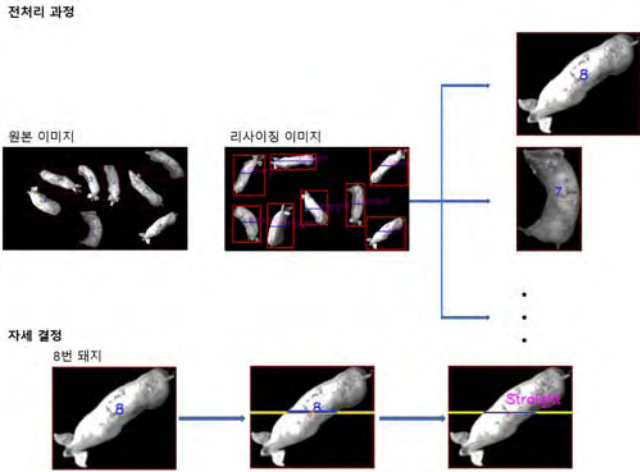
최근 카메라를 통하여 얻은 이미지를 바탕으로 영상처리를 사용함으로써 돼지의 무게를 추정하는 방법이 연구되고 있다[2-3]. 영상처리 기법을 사용하여 돼지의 무게 추정 시, 정확도를 향상시키기 위해서 돼지의 픽셀 값에 영향을 줄 수 있는 가장 큰 변인 중 하나인 돼지의 머리를 제거해야 한다[4]. 그러나 돼지의 자세가 바르지 못할 때 귀와 몸통이 서로 겹치는 경우가 많아 돼지의 귀 탐지와 머리 제거에 어려움이 있다. 따라서 돼지 무게의 정확한 추정을 위해서는 머리를 제거하기 이전에 돼지의 자세를 결정할 필요가 있다. 돼지의 자세를 결정하기 위하여 Posenet[5], OpenPose[6] 등 딥러닝을 사용하여 자세를 결정하는 방법 등이 제안되었지만, 이러한 방법들은 다양한 환경에서 작동을 고려해야 하기 때문에 연산량이 크고, 수행 시간이 길어진다는 문제점이 있다. 그러나 돼지의 자세 결정은 일반적으로 고정된 위치에서 영상을 얻고, 배경이

나 다른 사물의 자세는 중요하지 않다. 따라서 기존 방법과 같이 많은 양의 연산이 필요하지 않다. 또한, 돼지의 자세 결정은 무게 추정 시 반드시 선행되어야 하기 때문에 실시간 영상처리를 위해서는 수행 시간을 줄이는 것이 중요하다. 본 논문에서는 영상처리 기법을 사용하여 중점으로부터 돼지의 경계선까지의 길이를 비교하여 빠르게 돼지의 자세를 결정하는 방법을 제안한다.

2. 제안 방법

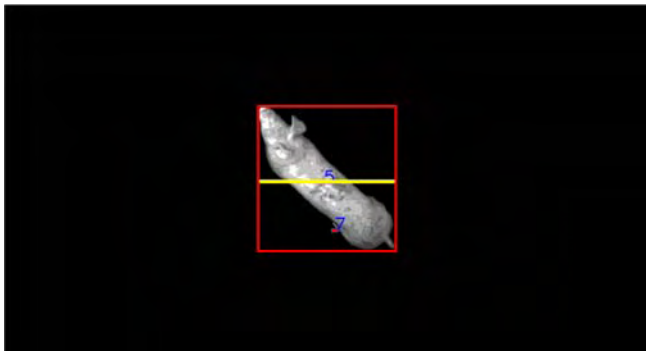
기존 연구의 수행 시간은 수 TFLOPS(테라플롭스)의 성능의 GPU를 사용하여 연산하여도 짧게는 100 ms부터 길게는 수 초까지 소요된다[7]. 이러한 방법은 CPU에서 수행할 경우 수행 시간이 최대 10 배 이상 증가하게 되는데[8, 9], 이는 실시간으로 이미지를 처리하기 어려운 시간이다. 따라서 본 논문에서는 돼지의 자세를 결정하기 위해 영상처리 기법을 사용하여 돼지의 자세를 결정하는 방법을 제안한다.

먼저, 그림 1과 같이 수행 시간을 줄이기 위해, 1280 × 720 크기의 원본 이미지를 640 × 360 크기로 축소한다. 축소된 이미지에 연결 요소 레이블링 (Connected component labeling) 기법을 사용하여 개별 돼지를 분리하고 돼지 각각의 크롭 된 이미지, 픽셀 크기 그리고 중심점을 얻는다.



(그림 1) 제안 방법의 전반적인 수행 과정

이때 그림 2와 같이 개별 이미지의 픽셀 수가 일반적인 돼지의 크기를 벗어났다고 생각되는 경우, 해당 이미지를 노이즈 또는 겹침 돼지로 판단하여 이후 과정을 수행하지 않는다. 픽셀의 수가 일반적인 돼지의 픽셀 값의 범위에 있을 때 나머지 과정을 수행한다. 우선, 분리된 이미지에서 연결 요소 레이블링 과정에서 획득한 중심점으로부터 그림의 노란 선분과 같이 x축과 평행한 방향으로 돼지를 지나는 선분을 연결한다. 연결된 선분의 중심점을 기준으로 나뉜 두 선분의 길이를 비교하여 길이의 차이가 최장 변의 0.03 이상일 경우 돼지의 자세가 굽어 있다고 판단하고, 길이 차가 0.03 이하이면 돼지의 자세가 바르다고 판단한다.



(그림 2) 노이즈가 박스로 잡힌 이미지

아래의 알고리즘은 돼지의 자세를 결정하는데 사용하는 슈도코드이다.

Algorithm 1. Pig's pose estimation using image processing

```

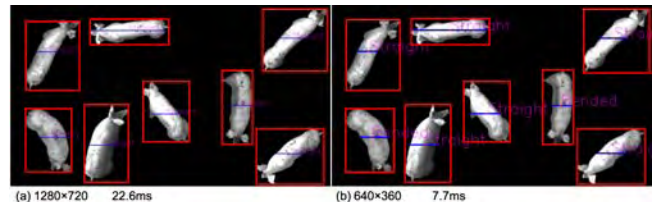
x = x coordinate of center point
y = y coordinate of center point
colour[x][y] = brightness of image at (x, y)

poseDetection( int y,
               double colour [ ][ ],
               bool& result )
{
    Set startPoint, endPoint to 0
    For p = lableLeft to lableRight
        If (colour[p][y] != 0 & startPoint = 0)
            Set startPoint to p
        If (colour[p][y] = 0 & startPoint != 0)
            Set endPoint to p
        Break
    Set left to (x - startPoint)
    Set right to (endPoint - x)
    If left - right > longestSegment * 0.03
        Set result to 'bended'
    Else
        Set result to 'straight'
}
    
```

3. 실험 결과

본 실험을 위해 충북대학교 돈사 내부에 돈사의 중앙을 기준으로 3.2 m 높이의 천장에 Intel® RealSense D435 카메라를 설치하고, 돼지 (110~115일령, 90~98kg, Duroc × Landrace × Yorkshire) 9 마리의 활동을 녹화하여 1280 × 720 크기의 해상도를 갖는 30 FPS(frames per second)의 영상을 획득하였다.

본 논문의 제안 방법은 Windows 10, AMD Ryzen™ 7 2700X 프로세서와 16GB 메모리의 환경에서 수행하였고, OpenPose의 실험 과정은 Intel i7 6850K 프로세서 그리고 GeForce 1080Ti의 환경에서 수행하였다.



(그림 3) 해상도 별 판정이 완료된 이미지와 수행 시간

그림 3은 해상도별 수행 시간을 비교하기 위해, 각각 1280 × 720의 해상도와 640 × 360의 해상도의 이미지를 사용하여 실험한 결과를 보여준다. 1280 × 720의 경우 수행 시간은 22.6 ms로 측정되었고, 640 × 360으로 해상도

를 축소하여 실험한 경우 7.8 ms로 측정되었다.

$$\text{정확도} = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (1)$$

위의 수식은 본 논문에서 사용한 정확도의 공식이다. 본 논문에서의 정확도는 올바르게 판단한 횟수를 전체 판단 횟수(이미지 전체의 돼지의 수)로 나눈 값을 의미한다.

본 논문에서는 카메라로부터 획득한 영상에서 서로 떨어져 있는 돼지를 기준으로 돼지의 자세를 판정하는 방법을 제안하였다. 실험 결과, 8 마리 돼지가 포함된 1280 × 720의 해상도를 갖는 원본 이미지를 수행 시간을 개선하기 위해 640 × 320의 크기로 축소하여 실험하였고, 평균 수행 시간은 7.8 ms로 측정되었다.



(그림 4) 해상도를 축소하여 실험한 이미지 중 오류 발생 이미지

본 실험에서 크기 변환을 하지 않은 원본 이미지는 0.99의 정확도를 보였으나, 수행 시간 개선을 위해 이미지의 가로와 세로 픽셀을 0.5 배 축소한 이미지의 경우 30장 중 3 마리에서 그림 4와 같이 일부 돼지들의 자세 판정이 제대로 이루어지지 않는 경우가 있었다. 하지만 이 경우 굽은 자세라고 판정되기 때문에 이후 머리 제거와 무게 추정을 위한 연산은 진행되지 않는다. 표 1은 기존 방법인 OpenPose와 제안 방법의 수행 시간, 정확도 그리고 실시간 정확도[10]를 비교한 결과이다.

<표 1> OpenPose와 제안 방법 비교

| | 수행 시간 | 정확도 | 실시간 정확도[10] |
|---------------|---------|------|-------------|
| OpenPose [11] | 77.0 ms | 0.89 | 0.75 |
| 제안 방법 | 7.8 ms | 0.98 | 0.99 |

4. 결론

돼지 무게 추정의 정확도를 높이기 위해서 돼지의 머리 제거는 필수적이다. 또한, 돼지의 머리를 정확히 제거하기 위해 돼지의 자세가 적합한지 판정이 필요하다. 본

논문에서는 영상처리 기법을 이용하여 빠르고 정확하게 돼지의 자세를 판정하는 방법을 제안하였다. 즉, 돼지의 중심점 정보만으로 돼지의 자세를 판정함으로써 추후에 수행될 돼지 머리의 제거에 본 실험의 결과를 적용할 수 있음을 확인하였다. 또한, 제안 방법과 기존의 딥러닝을 이용한 OpenPose와 비교 실험한 결과 정확도의 손실 없이 수행 시간을 크게 단축하여 판정 결과를 실시간 영상 처리에 활용할 수 있음을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 2018년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업(2018R1D1A1A09081924)과 2016년도 미래창조과학부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지역신산업선도인력양성사업(2016H1D5A1910730)으로 수행된 연구결과임.

참고문헌

[1] 엄천일, 정중훈, “컴퓨터 시각을 이용한 돼지 무게 예측시스템의 개발,” 한국농업기계학회지, Vol. 29, No. 3, pp. 275-280, 2004.

[2] M. Kashiha, C. Bahr, S. Ott, C. Moons, T. Niewold, F. Odberg, and D. Berckmans, “Automatic Weight Estimation of Individual Pigs Using Image Analysis,” *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 107, pp. 38-44, 2014.

[3] M. Kashiha, C. Bahr, S. Ott, C. Moons, T. Niewold, F. Odberg, and D. Berckmans, “Weight Estimation of Pigs Using Top-View Image Processing,” *Image Analysis and Recognition*, pp. 496-503, 2014.

[4] C. Shi, G. Teng, and Z. Li, “An Approach of Pig Weight Estimation using Binocular Stereo System based on LabVIEW,” *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 129, pp. 37-43, 2016.

[5] L. Ke, M. Chang, H. Qi, and S. Lyu, “Multi-scale Supervised Network for Human Pose Estimation,” *IEEE International Conference on Image Processing*, pp. 564-568, 2018.

[6] G. Hidalgo, “OpenPose: Real-time Multi-person Keypoint Detection Library for Body, Face, and Hands Estimation,” Retrieved April from <https://github.com/CMU-Perceptual-Computing-Lab/openpose/blob/master/doc/output.md>, 2018..

[7] 이동석, “인셉션을 이용한 다단 CNN 기반 실시간 자세 추정 연구,” 전북대학교 석사학위 논문, 2016.

[8] 양지현, 김준형, “초분광 영상의 실시간 탐지 알고리즘 (ACE)에 대한 CPU와 GPU 기반 성능 비교,” *대한전기학회 정보및제어 논문집*, pp. 335-336, 2016.

[9] I. Said, P. Fortin, J. Lamotte, and H. Calandra, “Leveraging the Accelerated Processing Units for

Seismic Imaging: A Performance and Power Efficiency Comparison Against CPUs and GPUs,” *The International Journal of High Performance Computing Applications*, Vol. 32, pp. 819 - 837, 2018.

[10] J Sa, Y. Choi, H. Lee, Y. Chung, D. Park, and J. Cho, “Fast Pig Detection with a Top-View Camera under Various Illumination Conditions,” *Symmetry*, Vol. 11 No. 2, pp. 266, 2019.

[11] Z. Cao, G. hidalgo, T. simon, W. S. En, and Y. Sheikh, “OpenPose: Realtime Multi-person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields,” *arXiv preprint arXiv:1812.08008*, 2018.