

돼지 머리 제거를 위한 영상 처리

안한세*, 최원석*, 이한해솔*, 정용화*, 박대희*

*고려대학교 컴퓨터융합소프트웨어학과

e-mail: hansahn@korea.ac.kr

Image Processing for Pig's Head Removal

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

*Dept. of Computer Convergence Software, Korea University

요 약

돈사에서 돼지의 무게는 돼지의 건강이나 성장 상태, 출하 여부, 사육 환경, 사료 배급을 결정하는 주요 요인 중 하나이다. 이에 따라 돈사에서 돼지의 무게를 측정하는 것은 중요한 문제이다. 돼지의 무게 측정을 위해 Top-view 카메라에서 획득한 영상으로부터 돼지의 픽셀 수를 정확히 측정하기 위해서는 돼지의 머리 부분을 제거할 필요가 있다. 본 논문에서는 Convex-hull을 이용하여 돼지 모양에서의 오목 점과 돼지의 중심으로부터의 거리 정보를 이용함으로써 돼지의 머리를 효과적으로 탐지 및 제거하는 방법을 제안한다. 먼저, 이진화된 돼지의 이미지에서 Convex-hull 알고리즘을 수행 후, 돼지의 중심점 좌표로부터 일정 굴곡 이상의 오목 점 중 가장 가까운 점의 좌표를 획득한다. 이후 앞서 획득한 점의 좌표와 중심점의 좌표 사이 일정 길이와 각도를 가지는 또 다른 점의 좌표를 획득하고, 두 점을 기준으로 돼지의 몸통과 머리를 분리하였다. 실험결과, 높은 정확도와 적은 수행시간으로 돼지의 머리를 탐지하고 제거할 수 있음을 확인하였다.

1. 서론

돈사에서 돼지의 무게는 돼지의 건강이나 성장 상태, 출하 여부, 사육 환경, 사료 배급을 결정하는 주요 요인 중 하나이다[1, 2]. 이에 따라 돈사에서 돼지의 무게를 측정하는 것은 중요한 문제이다. 돼지의 무게를 측정하는 방법 중 일반적으로 사용되는 방법은 저울을 이용하여 무게를 측정하는 방법이 있다. 그러나 이러한 방법은 인력을 소모하기 때문에 번거로울 뿐만 아니라 작업 시간이 많이 소요된다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 저울에서 직접 돼지의 무게를 측정하는 대신, 돈사 천장에 Top-view 카메라를 설치하고 돼지들의 픽셀 수를 이용하여 돼지의 무게를 측정하는 방법이 제안되고 있다[3-6]. 예를 들면, [3]의 제안방법은 Top-view 카메라로부터 측정된 돼지의 픽셀 수를 이용하여 측정된 돼지의 무게와 실제 측정된 돼지의 무게와의 관계를 보여준다. 돼지는 같은 자세에서도 머리를 숙이거나 들고 있는 특징을 지니기 때문에, 정확한 픽셀 수 측정을 위해서는 돼지의 머리를 제거할 필요가 있다. 돼지의 머리를 제거하기 위해 최근 Morphological 연산과 딥러닝 기법을 적용한 방법이 수행되었지만[1], 수행시간이 많이 소요되는 문제가 있다.

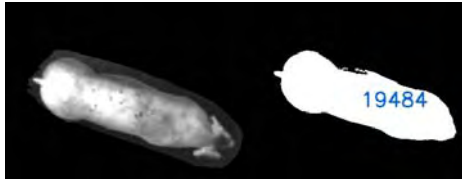
앞서 언급한 기존 방법[1]의 처리속도 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 Convex-hull과 돼지 중심으로부터의 거리 정보를 이용한 영상처리 방법을 제안한다. 먼저, 이진화된 돼지의 이미지에서 돼지의 머리를 탐지하기 위해 Convex-hull로부터 얻어낸 오목 점 중 돼지의 목 부분

에 형성되는 점을 이용한다. 즉, 돼지 목 부분의 오목 점들을 정확하게 탐지할 수 있다면, 이 점들을 이용하여 돼지의 머리 부분을 정확하게 분리하고 제거할 수 있다. 앞서 언급한 특징을 탐지하고 Convex-hull과 돼지 중심으로부터의 거리 정보를 이용한 영상처리를 통해 빠르고 정확하게 돼지의 머리를 분리하는 방법을 제안한다.

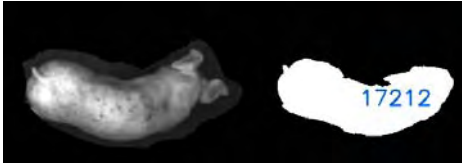
2. 제안방법

2.1 전처리

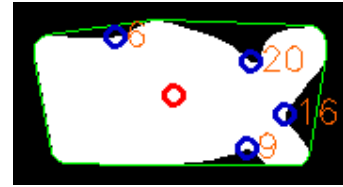
본 논문에서는 1280 × 720 해상도의 이미지를 기준으로 하며, 3.2m 높이에서 Top-view 카메라가 설치된 환경을 가정한다. 돼지는 자세에 따라 픽셀 수의 차이가 존재하기 때문에 돼지의 자세를 판정한 후 픽셀 수를 획득한다. 예를 들면, 굽은 자세를 가진 돼지의 픽셀 수는 똑바로 선 자세를 가진 돼지에 비해 픽셀 수가 적으며, 몸통의 굽은 정도가 클수록 픽셀 수의 오차가 커진다. 그림 1과 2는 각각 이진화된 돼지의 똑바로 선 자세의 픽셀 수와 굽은 자세의 픽셀 수를 보여준다. 자세에 따른 픽셀 수의 오차를 줄이기 위하여, 사전에 돼지의 자세를 판정하고 똑바로 선 자세의 돼지 한 마리 이미지를 가정한다. 또한, 연산량 최소화 및 정확도 향상을 위하여 돼지의 둔부 위치를 사전에 판정하여 중심에서부터 둔부까지 제거한 이미지라고 가정한다. 이후 이진화 기법[7]을 이용하여 돼지의 위치를 파악하고, 미디언 블러 기법을 적용하여 돼지 이미지 내의 노이즈를 제거한다.



(그림 1) 똑바로 선 돼지의 픽셀 수



(그림 2) 굽은 돼지의 픽셀 수



(그림 3) 오목 점과 굴곡 값

2.2 Convex-hull 알고리즘 수행

전처리 된 돼지의 이미지에 에지 검출[8]을 수행하여 돼지의 에지 정보를 도출하고, 이를 이용하여 돼지의 외곽선 정보를 획득한다. 그 후 앞서 획득한 외곽선 정보를 이용하여 Convex-hull 알고리즘[9]을 수행한다. 일정 크기 이상의 Hull에 오목 점의 굴곡 값을 계산한다[10]. 이 오목 점들 중 돼지의 머리 부분에 위치하는 오목 점은 일정 굴곡(약 7픽셀) 이상의 오목 점을 가진다. 그림 3은 알고리즘 1을 이용하여 획득한 머리 부분의 오목 점들과 굴곡 값을 보여준다.

Algorithm 1. Find Convex-hull from Pig

Input

preprocessed binary image frame of single pig

Output

contours : Point Vector Array of Contours

defects : Array of Convexity Defects

index : index where contour area is maximum

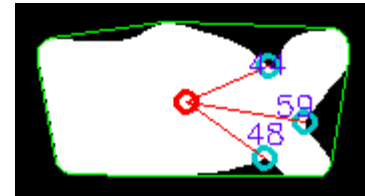
Algorithm

```

find canny edge from input frame;
find contour vector using canny edge;
maxarea = 0;
for i = 0 to i < contours.size() do
    if contourArea(contours[i]) > maxarea then
        maxarea = contourArea(contours[i]);
        index = i;
for i = 0 to i < contours.size() do
    find convex Hull;
    if hull[i].size() > 3 then
        find convexity defects;
return contours, defects, index;
    
```

2.3 돼지 머리 탐지 및 분리 수행

앞서 획득한 오목 점들 중 돼지의 목 부분의 오목 점들은 일정 굴곡(약 7픽셀) 이상을 가지며, 오목 점들 중 중심으로부터 가장 가까운 두 점이라는 특징을 가진다. 그림 4는 오목 점과 중심으로부터의 거리를 보여준다. 두 점의 좌표를 획득하기 위해 연결 요소 레이블링 기법을 이용하여 돼지의 중심의 좌표를 획득한다. 일정 굴곡(약 9픽셀) 이상의 오목 점 중 중심의 좌표로부터 가장 가까운 점의 좌표를 획득한다. 그 후 일정 굴곡 값(약 7픽셀)을 가지는 점 중 앞서 획득한 점과 중심 사이 일정 각도(약 30°~110°)를 가지는 점 중 중심과 가장 가까운 점의 좌표를 획득한다. 획득한 두 점의 좌표를 이진화된 원본 돼지 이미지에 앞서 획득한 두 점의 좌표를 연결하여 돼지의 머리와 몸통의 경계선을 획득한다. 그 후, 연결 요소 레이블링 기법을 통하여 돼지 이미지의 영역 중 가장 작은 영역을 분리하여 돼지의 머리 부분을 제거한다. 그림 5는 이진화된 원본 돼지 이미지를 보여주며, 그림 6은 그림 5의 돼지 이미지에서 알고리즘 2를 이용하여 머리가 제거된 돼지의 이미지를 보여준다.



(그림 4) 오목 점과 중심으로부터의 거리



(그림 5) 이진화된 원본 돼지 이미지



(그림 6) 머리와 몸통이 분리된 돼지

Algorithm 2. Find and Remove Pig's Head
Input binary image frame of single pig contours : Point Vector Array of Contours defects : Array of Convexity Defects index : index where contour area is maximum
Output binary image frame of single pig's body
Algorithm find center point by connected component labeling; set min_dist to enough large integer value; for j = 0 to defects[index].size() do Vec4i v = defects[index][j]; depth = v[3] / 256.0; if 9<=depth then dist = distance from center to faridx; if min_dist > dist then min_dist = dist; Point A = contours[index][v[2]]; reset min_dist; for j = 0 to j < defects[index].size() do Vec4i v = defects[index][j]; depth = v[3] / 256.0; if 7<=depth then if contours[index][v[2]] == Point A then continue; dist = distance from center to faridx; angle = angle from center, Point A, ptFar; if min_dist > dist && 30 < angle < 100 then min_dist = dist; Point B = contours[index][v[2]]; draw line between Point A to Point B; find largest area by connected component labeling; return frame;

3. 실험결과

본 실험은 충청북도 청주시에 위치한 충북대학교의 9 마리 돼지(110~115일령, 90~98kg, Duroc × Landrace × Yorkshire)가 활동하는 돈사에서 수행되었다. 영상 촬영을 위해 돈사의 중앙을 기준으로 3.2m 높이의 천장에 Intel® RealSense D435 카메라를 설치하였고 이를 통해 1280 × 720 해상도의 돼지들의 활동 영상을 획득하였다. 또한, 본 실험은 Intel® Core i7-7700 3.60 GHz CPU, 12GB RAM, Visual Studio 2017, OpenCV 3.4[11] 환경에서 수행되었다. 본 논문에서는 수집된 원본 영상으로부터 돼지의 머리를 제거하기 위해 원본 영상의 독립된 돼지들을 활용하였다. 돼지의 픽셀 수를 측정하기 위한 적합한 자세의 돼지 이미지를 육안으로 판별한 후 전처리 과정을 수행하여 135장의 전처리 이미지를 생성하였다. 앞서 생성한 전처리 이미지에서 돼지 머리를 탐지하기 위해 연결 요소 레이블

링 기법을 사용하여 돼지의 중심점의 좌표를 획득한다. 이후 Convex-hull 알고리즘을 사용하여 일정 굴곡 이상의 두 오목 점의 좌표를 획득하여 두 오목 점을 연결한다. 마지막으로, 연결된 부분을 기준으로 연결 요소 레이블링 기법을 이용하여 돼지 머리를 제거한다.

기존 방법[1]과 제안방법의 정확도 비교를 위해 돼지 이미지 135장에 대한 Ground-truth를 생성하여 비교하였다. 참 긍정(TP)은 돼지의 픽셀 수가 예측된 픽셀 수와 같을 경우, 거짓 검출(FP)은 돼지의 머리 부분이 아닌 곳을 제거하였을 경우, 거짓 부정(FN) 머리 부분을 제거하지 못한 경우로 정의하였다. 본 논문의 정확도(ACC)는 다음과 같이 계산하였다.

$$ACC = \frac{TP}{TP + FN + FP} \quad (1)$$

또한, 본 실험에서 실시간 정확도는 수행시간 대비 정확도를 30 FPS(frame per second)에서 분석하기 위해서 계산한 것으로, [12]에 따라 계산하였다.

실험결과, 돼지 이미지 135장에 대하여 돼지 한 마리당 평균 0.98의 정확도로 돼지의 머리를 판정 및 제거할 수 있었으며, 수행시간은 평균 2.48msec로 측정되었다. 반면, 기존 방법[2]은 135장에 대하여 돼지 한 마리당 평균 0.94의 정확도로 머리판정 및 제거에 성공하였으며, 수행시간은 평균 579.37msec로 측정되었다. 표 1은 기존 방법과 제안방법의 정확도와 수행시간, 실시간 정확도[12]를 비교한 표이다.

<표 1> 기존 방법과 제안방법 수행시간 비교

	정확도	수행시간 (msec)	실시간 정확도[12]
기존 방법[1]	0.94	579.37	0.03
제안방법	0.98	2.48	0.99

4. 결론

본 논문에서는 Convex-hull로부터 얻어낸 오목 점들의 좌표와 중심으로부터의 거리 정보를 이용하여 돼지의 머리를 탐지 및 분리하는 방법을 제안하였다. 돼지는 머리 부분에 일정 굴곡 이상의 값을 갖는 오목 점을 가지며 그러한 오목 점들 중 돼지의 중심에서 가장 가까운 두 오목 점의 좌표를 획득하면 돼지의 목 부분을 추정할 수 있음을 확인하였다. 획득한 두 오목 점의 좌표를 연결하여 돼지의 머리와 몸통을 분리하는 경계선을 획득할 수 있으며, 획득한 경계선에 연결 요소 레이블링 기법을 이용하여 돼지의 머리 부분을 제거할 수 있음을 확인하였다. 실험결과, 올바른 자세로 판정된 돼지에서 머리와 몸통 부분을 분리하는 기준점이 되는 돼지의 목 부분을 탐지 및 분리함으로써 기존 방법[1]보다 적은 시간에 돼지의 머리와 몸통을 정확히 분리할 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.

issue 9, pp. 1501-1512, 2006.

[11] Open Source Computer Vision: 'OpenCV'. Available at <http://opencv.org>, accessed December 2018

[12] S. Jaewon, et al, "Fast Pig Detection with a Top-View Camera Under Various Illumination Conditions." *Symmetry* 11.2, pp. 266, 2019.

참고문헌

[1] K. Jun, S. Kim, H. Ji, "Estimating Pig Weights from Images Without Constraint on Posture And Illumination." *Computers and Electronics in Agriculture* Vol. 153, pp. 169-176, 2018.

[2] B. Nabil and E. Jørgensen, "Determination of Live Weight of Pigs from Dimensions Measured Using Image Analysis." *Computers and electronics in agriculture*, Vol. 15, issue 1, pp. 57-72, 1996.

[3] H. Guo, et al, "LSSA_CAU: An Interactive 3d Point Clouds Analysis Software For Body Measurement of Livestock with Similar Forms of Cows or Pigs." *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 138, pp. 60-68, 2017.

[4] M. Kashima, et al, "Weight Estimation of Pigs Using Top-View Image Processing." *International Conference Image Analysis and Recognition*, pp. 496-503, 2014.

[5] C. Shi, G. Teng, 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.

[6] A. Pezzuolo, et al, "On-Barn Pig Weight Estimation Based on Body Measurements by a Kinect v1 Depth Camera." *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 148, pp. 29-36, 2018.

[7] N. Otsu, "A Threshold Selection Method From Gray-Level Histograms" *IEEE Trans. Syst. Man Cybern.*, Vol. 9, Issue 1, pp. 62-66, 1979.

[8] W. Rong, et al, "An Improved CANNY Edge Detection Algorithm" *IEEE International Conference on Mechatronics and Automation*, pp. 577-582, 2014.

[9] C. In-Kyu, and J. Yoo, "Hand Shape Recognition Based on Geometric Feature Using the Convex-Hull." *Journal of the Korea institute of Information and Communication Engineering*, Vol. 18 Issue 8, pp. 1931-1940, 2014.

[10] E. Rahtu, M. Salo and J Heikkila, "A New Convexity Measure Based on a Probabilistic Interpretation of Images." *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 28