

깊이 정보를 이용한 벽과 바닥 경계에서의 돼지 탐지

김재학*, 김진성*, 최윤창*, 정용화*, 박대희*, 김학재**

*고려대학교

**클래스엑트

e-mail: bbq3438@korea.ac.kr

Depth-based Pig Detection at Wall-Floor Junction

J. Kim*, J. Kim*, Y. Choi*, Y. Chung*, D. Park*, and H. Kim**

*Korea University

**ClassAct

요 약

감시 카메라 환경에서 돈사 내 돼지들을 탐지 및 추적에 관한 연구는 효율적인 돈사 관리 측면에서 중요한 이슈로 떠오르고 있다. 그러나 깊이 정보 내 노이즈와 돈방 내 돼지와 배경의 깊이 정보 값이 유사하여 개별 돼지만을 탐지하기란 쉽지 않다. 특히 천장에 설치된 센서로부터 획득된 벽과 바닥 경계에 위치한 돼지를 탐지하기 위한 방법이 요구된다. 본 논문에서는 노이즈에 덜 민감한 바닥 배경을 이용하여 바닥에 위치한 돼지의 부분을 먼저 탐지한 후, 벽에 위치한 돼지의 나머지 부분을 슈퍼픽셀과 영역확장 기법으로 탐지하는 방법을 제안한다. 실험 결과 돈방 내 벽과 바닥 경계에 위치한 돼지를 정확히 탐지하였으며, 영상 1장 당 수행시간이 5msec로 실시간 처리에 문제가 없음을 확인하였다.

1. 서 론

국내 농가의 돈사에서는 좁은 공간에 돼지들을 밀집 사육하는 구조가 대다수이다. 이러한 사육환경은 돼지들의 스트레스를 유발하며 그 결과 돼지들의 면역력을 저하시킨다. 또한 구제역 등과 같은 전염병 발생 시 피해가 빠르게 확산되는 취약한 구조를 가지고 있다. 이러한 취약점들을 보완하기 위해서 돼지들에 대한 세밀한 관리가 요구되지만 국내 농가의 상황은 관리자 1명당 약 2,000두 이상의 규모의 돼지를 관리하므로 현실적으로 불가능하다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 감시 카메라 환경에서 자동으로 이상 상황을 감시 할 수 있는 연구가 보고되었다[1-6]. 특히, 감시 카메라 환경에서 돈사 내 돼지들의 개별 행동을 자동으로 관리하는 연구는 효율적인 자동 관리 측면에서 중요한 이슈로 떠오르고 있다[5,6]. 관련 연구로는 RGB 영상에 대하여 시공간 정보와 영역확장 기법을 이용하여 근접돼지를 분할하는 방법이 제안되었다[6]. 그러나 RGB 카메라 특성상 조명, 햇빛과 같은 빛에 의한 영향을 많이 받는 취약점이 존재하며, 이로 인하여 보온등과 같은 강한 조명의 영향으로 돼지가 탐지되지 않는 문제점이 발생하였다[7]. 이러한 문제점과 조명이 꺼진 야간에도 돼지를 모니터링하기 위하여 조명/빛에 의한 영향을 받지 않는 깊이 정보를 활용해야 한다.

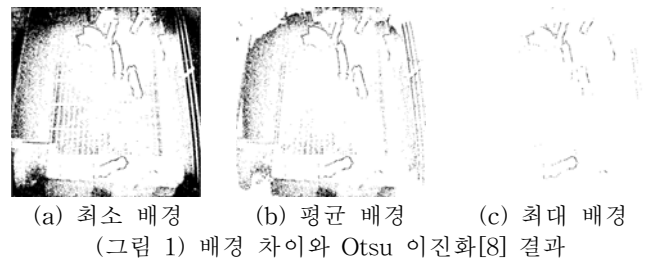
본 논문에서는 돈방의 천장에 키넥트 카메라가 설치되어 있고 여기서 획득된 깊이 정보만을 이용하여 돼지를 탐지하는 방법을 제안한다. 특히, 획득된 천장으로부터의 깊이 정보가 상이한 특성을 갖는 벽과 바닥 경계에 위치한 돼지를 탐지하는 문제를 해결하기 위하여, 노이즈에 덜 민감한 바닥 배경을 이용하여 바닥에 위치한 돼지의 부분을 먼저 탐지한 후, 벽에 위치한 돼지의 나머지 부분을 슈퍼픽셀과 영역확장 기법으로 탐지하는 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 객체 탐지 기법과 관련된 연구에 대하여 소개한다. 3장에서는 벽과 바닥 경계에 위치한 돼지를 탐지하는 방법을 소개한다. 4장에서는 제안 방법을 이용한 실험 결과에 대해 분석하고, 마지막 5장에서는

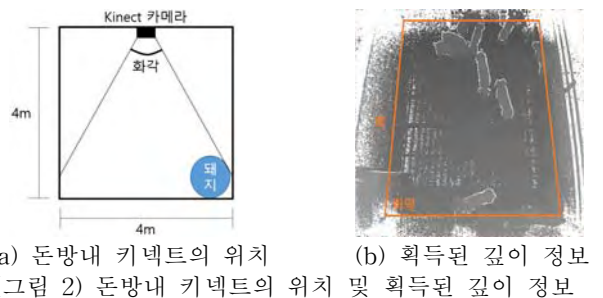
결론을 맺는다.

2. 관련 연구

통상 실내 환경에서 고정된 카메라로 객체를 탐지하는 방법은 객체들이 존재하지 않는 배경 영상을 획득한 후 입력된 영상에서 배경과의 차이를 구하고 Otsu 알고리즘[8]을 적용하여 이진화 시키는 방법을 이용한다. 그러나 저가 센서인 키넥트를 이용하여 획득된 깊이 정보에는 많은 노이즈와 일관되지 않은 깊이값이 존재하는 문제가 있다. 예를 들어, 돼지가 없는 빈 돈방을 10분간 촬영한 후 각 픽셀의 최소값/평균값/최대값을 이용하여 배경 영상을 생성하고 Otsu 이진화를 적용하면 돼지를 정확히 탐지하지 못함을 확인할 수 있다(그림 1 참조).



(a) 최소 배경 (b) 평균 배경 (c) 최대 배경
(그림 1) 배경 차이와 Otsu 이진화[8] 결과



(a) 돈방내 키넥트의 위치 (b) 획득된 깊이 정보
(그림 2) 돈방내 키넥트의 위치 및 획득된 깊이 정보

또 다른 어려움으로 키넥트의 깊이 센서는 획득된 깊이 정보가 보장되는 최대 거리(예를 들어, 키넥트2는 4.5m)와 최대 화각(예를 들어, 키넥트2는 수평 70.6°/수직 60°) 제약이 있고, 이 범위를 벗어나면 급격히 정확도가 떨어지는 문제가 있다. 예를 들어, 그림 2에 돈방의 천장에 설치된 키넥트의 모습과 여기서 획득된 깊이값을 표시하였다. 화각 제약 때문에 벽 부분에 많은 노이즈가 있고, 벽과 바닥 경계 부분이 키넥트로부터 가장 먼 거리에 위치하여 거리값의 정확도가 떨어지는 문제가 있다. 또한, 획득된 깊이 정보에서 영상의 외곽에서 안으로 들어올수록 벽 부분에서는 깊이값이 증가하고 바닥 부분에서는 깊이값이 감소하는 상이한 특성을 갖는다. 따라서 본 논문에서는 노이즈에 덜 민감한 바닥 배경을 이용하여 바닥에 위치한 돼지의 부분을 먼저 탐지한 후, 벽에 위치한 돼지의 나머지 부분을 탐지하는 방법을 제안한다.

3. 제안 방법

본 논문에서는 돈방에서 획득한 깊이 정보 영상에서 바닥에 위치한 돼지를 이용하여 벽에 위치한 돼지를 탐지하는 방법을 제안한다. 우선 바닥에 위치한 돼지 부분을 탐지하기 위하여 다소 부정확한 깊이 정보를 보정한다. 그 후 바닥에 위치한 돼지 부분을 탐지한 후, 슈퍼픽셀과 영역확장 기법을 이용하여 벽에 위치한 돼지의 부분을 탐지한다.

3.1 바닥에 위치한 돼지 부분 탐지[9]

먼저 키넥트 카메라로부터 획득한 깊이 정보를 보정하기 위하여 세 장의 프레임을 한 장의 프레임으로, 인접한 4개의 픽셀을 하나의 픽셀로 보간하는 과정을 통하여 노이즈를 제거한다. 다음으로 보정한 돈방의 배경 영상과 차영상 기법을 수행한다. 그 후 돼지가 비정상적으로 잘린 부분에 대하여 닫힘 연산을 수행한다. 마지막으로 Connected Component 분석을 하여 돼지 면적보다 작은 면적 영역을 제거하여 바닥에 위치한 돼지 부분을 탐지한다.

<알고리즘 1> 바닥에 위치한 돼지 부분 탐지 알고리즘

<p>Input</p> <p>F_{Depth} : Current depth Image (3frames)</p> <p>F_{Bkg} : Background Depth Image</p> <p>Output</p> <p>F_{Pig} : Pig Image on the floor</p>
<p>Algorithm</p> <p>Step 1 : Spatiotemporal interpolation to F_{Depth}</p> <p>Step 2 : Produce F_{Sub} by subtracting F_{Depth} from F_{Bkg}</p> <p>Step 3 : Perform dilatation and erosion to F_{Sub}</p> <p>Step 4 : Produce F_{Pig} performing connected component analysis to F_{Sub}</p>

F_{Depth} 는 깊이 정보 영상의 프레임, F_{Bkg} 는 배경 깊이 정보 영상의 프레임이며 F_{Pig} 는 바닥에 위치한 돼지만을 탐지한

영상의 프레임이다.

3.2 벽에 위치한 돼지 부분 탐지

3.1장의 방법을 적용하면 바닥에 위치한 돼지 부분은 탐지하지만 벽에 위치한 돼지의 부분은 탐지를 하지 못한다. 이를 해결하기 위하여 슈퍼픽셀과 영역확장 기법을 이용한다. 먼저 3.1의 방법을 적용 후 바닥과 벽 경계에 위치한 돼지의 부분을 탐지하기 위하여 경계를 스캔한다. 스캔하여 탐지된 돼지의 부분 중간 지점을 중심점으로 잡고 ROI를 설정한다. 그 후 원본 영상에 대하여 SLIC[10] 알고리즘을 적용한다. SLIC 알고리즘으로 잘린 영역들에 대하여 돼지 부분을 seed로 하여 인접한 영역을 돼지부분으로 포함시킨다. 이러한 방법을 반복하여 돼지 부분의 넓이가 일반적인 돼지의 넓이의 크기보다 커질 때까지 영역을 확장[11]한다. 이로써 벽에 위치한 돼지부분까지 탐지한다.

<알고리즘 2> 벽에 위치한 돼지를 탐지 알고리즘

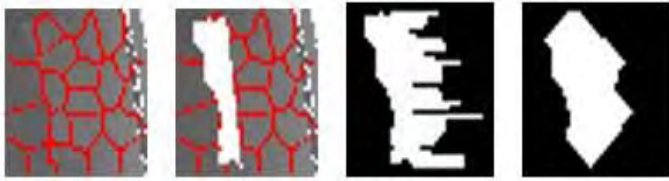
<p>Input</p> <p>F_{Pig} : Pig Image on the floor</p> <p>Output</p> <p>F_{Pig_Final} : Pig Image on the wall</p>
<p>Algorithm</p> <p>Step 1 : Find pig on the wall</p> <p>Step 2 : Perform SLIC</p> <p>Step 3 : Include adjacent area</p> <p>Step 4 : Calculate area</p> <p style="padding-left: 20px;">if area < threshold then</p> <p style="padding-left: 40px;">break</p> <p style="padding-left: 20px;">else goto step 3</p>

F_{Pig} 는 바닥에 위치한 돼지만을 탐지한 영상의 프레임, F_{Pig_Final} 는 벽에 위치한 돼지까지 탐지한 영상의 프레임이다.

4. 실험 결과

본 논문에서의 실험 환경은 Intel Core i5, Visual Studio 2015, 8GB RAM, 영상처리 라이브러리인 OpenCV 3.1의 환경에서 수행되었다[12]. 깊이 정보 영상을 획득하기 위해 돈방의 바닥으로부터 약 3m 높이의 천장에 Kinect 2 카메라를 설치하였고, 설치된 카메라를 이용하여 512×424의 해상도를 갖는 돈방의 깊이 정보 영상을 획득하였다.

획득된 깊이 정보 영상에 [9]의 방법을 이용하여 바닥에 위치한 돼지 부분을 탐지한 후, 벽과 바닥의 경계를 스캔하면서 경계에 위치한 돼지를 탐지하였다. 이후 경계에 위치한 돼지영역에 대하여 SLIC 알고리즘을 적용하여 여러 영역으로 나누고, 나누어진 영역 중 바닥에 위치한 돼지 부분을 seed로 하여 벽 방향으로 영역확장을 하였다. 영역확장은 돼지 영역이 최소 돼지크기 이상이 될 때까지 확장하였으며, 모폴로지 연산인 닫힘과 열림 연산을 이용하여 불필요하게 확장된 영역을 제거하여 벽 영역의 돼지 부분을 탐지함을 확인하였다.



SLIC알고리즘 SEED 적용 영역확장 닫힘, 열림 연산
(그림3) 제안방법을 이용하여 벽에 위치한 돼지 부분을 탐지

실험 결과, 바닥에 위치한 돼지 부분을 탐지하는데 4.63msec, 경계에 위치한 돼지 부분을 영역확장을 이용하여 벽부분 돼지를 탐지하는데 0.28msec로, 영상 1장당 처리시간이 약 5msec로 실시간 처리에 문제가 없음을 확인하였다.

5. 결 론

감시 카메라 환경에서 돈사 내 개별 돼지들의 행동을 자동으로 관리하는 연구는 효율적인 돈사 관리 측면에서 중요한 이슈로 떠오르고 있다. 또한, 돼지들의 개별 행동을 분석하기 위하여 돈사 내 돼지만을 정확히 탐지할 필요가 있다. 특히, 컬러 영상을 이용한 돈사 내 돼지 탐지는 겨울철 돈사 내 보온등 또는 야간의 조명 소등 등의 이유로 적용할 수 없으며, 이 경우 깊이 정보를 이용해야한다. 그러나 저가 센서인 키넥트로부터 획득된 깊이 정보의 여러 가지 제약 때문에 돼지의 탐지 정확도를 증가시키기 위한 방법이 필요하다. 본 논문에서는 노이즈에 덜 민감한 바닥 배경을 이용하여 바닥에 위치한 돼지의 부분을 먼저 탐지한 후, 벽에 위치한 돼지의 나머지 부분을 슈퍼픽셀과 영역확장 기법으로 탐지하는 방법을 제안하였다. 실험 결과 벽과 바닥 경계에 위치한 돼지를 탐지할 수 있음을 확인하였고, 24시간 돼지 모니터링 시스템 개발에 적용될 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2015년도 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업(No.2015R1A1A204367)과 2016년도 미래창조과학부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지역신산업선도인력양성사업(2016H1D5A1910730)으로 수행된 연구결과임.

참 고 문 헌

[1] D. Berckmans, "Automatic on-line monitoring of animals by precision livestock farming," in F. Madec, G. Clement (ed.), *Animal Production in Europe: The way forward in an changing world, in between congress of the ISAH*, Vol. 1, pp. 27-30, 2004.

[2] T. Banhazi, H. Lehr, J. Black, H. Crabtree, P. Schofield, M. Tscharke, and D. Berckmans, "Precision Livestock Farming : an International Review of Scientific and Commercial Aspects," *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, Vol. 5, No. 3, pp. 1-9, 2012.

[3] Y. Chung, H. Kim, H. Lee, D. Park, T. Jeon, and H. Chang, "A Cost-Effective Pigsty Monitoring System based on a Video Sensor," *THIS*, Vol. 8, No. 4, pp. 1481-1498, 2014.

[4] B. Shao and H. Xin, "A real-time computer vision assessment and control of thermal comfort for group-housed pigs," *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 62, pp. 15-21, 2008.

[5] 김용, 좌상숙, 이종욱, 박대희, 정용화, "이유자돈의 공격적

인 행동 탐지," 인터넷정보학회 춘계학술대회, pp. 325-326, 2014.

[6] S. Zuo, L. Jin, Y. Chung, and D. Park, "An Index Algorithm for Tracking Pigs in Pigsty," *Proc. of ICITMS*, 2014.

[7] 최윤장, 사재원, 정용화, 박대희, "보온등 환경에서 깊이 정보를 이용한 돼지 탐지," 정보처리학회 춘계학술대회, pp. 693-695, 2016.

[8] N. Otsu, "A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms," *IEEE Tr. Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 9, No. 1, pp. 62-66, 1979.

[9] Y. Choi, J. Kim, J. Kim, Y. Chung, Y. Chung, D. Park, "Parallel Processing for a Pig Monitoring System," *Proc. of WITC*, 2017.

[10] R. Achanta A. Shaji K. Smith A. Lucchi P. Fua S. Susstrunk "Slic superpixels compared to state-of-the-art superpixel methods," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell*, Vol. 34, No. 11, pp. 2274-2282, 2012.

[11] R. Adams and L. Bischof, "Seeded Region Growing", *IEEE Trans. On Image Processing*, Vol. 16, No. 6, pp. 641-647, 1994.

[12] OpenCV. Available online: <http://docs.opencv.org>.