

# 깊이 정보를 이용한 승가하는 소의 머리 탐지

정연우, 김진한\*, 최동휘\*, 정용화\*, 박대희\*, 김석\*\*, 장흥희\*\*\*

\*고려대학교 컴퓨터정보학과

\*\*경상대학교 수의과대학

\*\*\*경상대학교 축산학과

e-mail : ychungy@korea.ac.kr

## Detection of the Head of a Mounting Cow using Depth Information

Y. Chung, J. Kim\*, D. Choi\*, Y. Chung\*, D. Park\*, S. Kim\*\*, H. Chang\*\*\*

\*Dept. of Computer & Information Science, Korea University

\*\*Col. of Veterinary Medicine, Gyeongsang National University

\*\*\*Dept. of Animal Science, Gyeongsang National University

### 요 약

본 연구에서는 비디오 감시 시스템을 기반으로 한우 축사에서 야간 승가 행위 검출을 위한 최적의 방법을 제안한다. 특히 축사 환경에서는 소들간의 겹침 등 다양한 어려움이 발생하기 때문에, 이를 극복하기 위하여 깊이 정보를 이용하여 승가하는 소의 머리를 자동으로 탐지한다. 즉, 소가 네 발로 걸어다니는 통상의 경우 소의 등 높이가 1.3m 정도인데 반해 앞발을 들어 승가하는 경우에는 소의 높이가 1.7m 까지 높아짐에 착안하여, 축사 측면에 설치된 깊이 카메라로부터 소까지의 거리 차이를 이용하면 발정기 탐지를 위한 승가 행위를 자동으로 검출할 수 있음을 확인하였다.

### 1. 서론

최근 각종 범죄 또는 상황 인지를 위한 감시 카메라의 사용이 공공시설뿐 아니라 농촌의 축사나 농작물들에 대한 보안 및 관리에도 많이 사용되고 있다. 한우 축사에 있어 발정 주기중의 수의사를 통한 인공수정은 한우 농가의 소득 증대와 밀접히 연관된 중요한 이슈이다. 즉, 발정 주기 중 인공수정 적기를 포착하여 수태율을 높이는 것이 관건이지만, 다수의 사육 두수로 인해 발정 발견이 원활하지 않은 문제가 있다. 대부분의 일반 축사는 축사 주인이 직접 발정기를 확인하고 인공수정을 진행하게 되지만, 암소의 인공수정 적기는 승가 행위 등의 발정 징후가 시작되고 발정 징후가 종료되는 약 20 시간 내외이기 때문에 축사 주변에서 꾸준한 관찰이 요구된다. 또한, 축사 주인이 발견하기 힘든 취약 시간(야간)에 발정 주기가 찾아오는 경우 발정 주기 탐지가 어렵다는 문제가 있다[1].

이러한 문제를 해결하기 위해 자동 감시 환경을 구축하면 축사 주인이 볼 수 없는 취약 시간에도 자동으로 감시를 할 수 있고, 인적 낭비를 막을 수 있다. 또한, 최적의 발정 주기를 탐지하여 인공수정을 하기 때문에 비용의 낭비를 최소화하여 효율적으로 농가를 운영할 수 있게 된다. 이러한 주제와 관련되어 대부분의 연구는 유럽에서 이루어졌는데, 주로 소의 발에 가속도계 센서 등을 부착하여 감시하는 방법은 센서의 고장 등에 의한 유지보수 어려움이 있다[1]. 이러한 문제를 해결하기 위하여 본 연구팀에서는 소리 신호를 이용한 방법을 제안하였으나 잡음 등의 이

유로 제안 방법 단독으로 활용되기에는 제약이 따른다[2]. 또한, 영상 카메라로 승가 행위를 자동 탐지하기 위하여 통상의 CCTV 처럼 축사를 tilted downward-view 로 모니터링하는 경우, 승가하는 소의 모습과 원근에 따른 어려움, 특히 소들간의 겹침에 의한 문제 등이 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 카메라를 축사 펜스 밖에서 side-view 를 제공하도록 설치하고 높이 차이를 이용하여 승가하는 소의 머리를 자동으로 탐지하는 방법을 제안하였다[3,4]. 실험 결과, 통상의 승가 행위는 자동 탐지가 가능하지만 승가 행위가 축사의 펜스 등 시설물에 가려 육안으로 탐지가 안되는 경우에는 자동으로도 탐지할 수 없는 문제가 발생하였다. 특히, 어떠한 영상 카메라를 이용하여도 야간 영상의 해상도 저하에 따른 정확도 문제를 피할 수 없다.

본 논문에서는 깊이 정보를 이용하여 한우 축사에서의 야간 승가 행위를 자동으로 검출하는 방법을 제안한다. 통상적으로 소가 네발로 걸어다니는 경우 소의 등 높이가 1.3m 정도인데 반해 앞발을 들어 승가하는 경우에는 소의 높이가 1.7m 까지 높아짐에 착안하여 바닥으로부터의 높이 차이를 모니터링한다. 즉, 승가가 가능한 모니터링 대상의 축사 바닥 면적이 주어지면 tilted downward-view 의 깊이 카메라에 대한 설치 높이가 정해지고, 이 값들을 이용하여 축사 바닥의 각 지점으로부터 카메라까지의 거리를 계산할 수 있다. 설명을 위하여 발정기를 탐지하기 위한 소들이 있는 방을 “우방”이라 지칭할 때, 모니터링하는 우방 내에는 소 외에 장애물이 없어 우방내 각 지점에서

카메라까지의 거리를 손쉽게 도출한다. 만약 우방내 어떤 지점에 소가 있다면 조금전 도출한 바닥까지의 거리와 상이한 값을 가지며, 이를 이용하면 바닥(배경) 위에 위치한 유일한 개체인 소(전경)를 정확히 탐지할 수 있다. 특히, 발정기를 탐지하고자 하는 야간에 우방내에서 1.7m 높이의 개체가 있다면 승가 행위 또는 방범 상황이라고 판단할 수 있다(본 논문에서는 방범 상황에 대해서는 언급하지 않음).

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 관련 연구 및 승가 행위 검출에 따른 어려움을 살펴보고, 3 장에서 깊이 정보를 이용한 승가 검출을 설명한다. 마지막으로 4 장에서 결론을 맺는다.

## 2. 영상 정보를 이용한 승가 검출

먼저 tilted downward-view 로 모니터링하는 경우의 자동 승가 검출에 따른 문제점을 설명하면 그림 1 과 같다. 즉, 그림 1(a)와 (b)에서처럼 승가하는 소의 모습 차이에 따른 문제가 있고, 같은 승가라도 원근에 따라 크기 차이가 확연하며, 특히 앞에 있는 소에 의해 가려진 경우의 승가 검출에는 많은 어려움이 따른다.



(a) 근거리 승가



(b) 원거리 승가

(그림 1) tilted downward-view 의 문제점

이러한 문제를 해결하기 위하여 본 연구팀에서는 카메라를 축사 펜스 밖에서 side-view 를 제공하도록 설치하고 높이 차이를 이용하여 승가하는 소의 머리를 자동으로 탐지하는 방법을 제안하였다[3,4]. 즉, GMM 으로 움직임을 검출하고 Optical Flow 를 이용하여 움직임 방향과 크기를 확인한다. 실험 결과, 통상

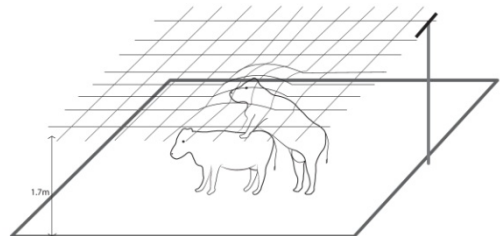
의 승가 행위는 자동 탐지가 가능하지만 그림 2 에서처럼 승가 행위가 축사의 펜스 등 복잡한 시설물에 가려 육안으로 탐지가 안되는 경우에는 자동으로도 탐지할 수 없는 문제가 발생하였다. 특히, 어떠한 컬러 카메라를 이용하여도 야간 영상의 해상도 저하에 따른 정확도 문제를 피할 수 없다는 점에서 새로운 방법의 접근이 필요하다.



(그림 2) side-view 의 문제점

## 3. 영상 정보를 이용한 승가 검출

먼저, 우방의 바닥 중 승가가 가능한 위치에는 소 외에 어떠한 장애물도 없고 소가 승가하는 경우를 제외하고는 소의 높이가 1.7m 까지 높아지지 않는다고 가정한다. 또한, 승가하는 소 뒤에 또 다른 소가 승가하더라도 이 두 마리의 승가하는 소 머리를 확인할 수 있을 정도의 높이에 깊이 카메라가 설치되어 있다고 가정한다. 이러한 가정하에서 깊이 카메라를 이용하여 승가하는 소의 머리를 탐지하는 문제는 우방의 바닥 중 승가가 가능한 위치에 1.7m 높이의 물체가 있는지를 확인하는 문제로 단순화될 수 있다. 즉, 어느 위치/어느 방향에서의 승가인지에 따라, 그리고 앞에 장애물이 있는지 여부에 따라 영상 카메라에 나타나는 승가의 모습은 각각 다르지만, 그림 3 과 같이 높이 정보를 이용하면 이러한 차이점들을 극복하고 승가 여부를 매우 정확히 검출할 수 있다.



(그림 3) 1.7m 높이의 물체 탐지 문제

계산을 단순화하기 위하여 승가 가능한 바닥 면적  $l_x \times l_y$  을  $b \times b$  크기의 블록으로 구분하고, 각 블록의

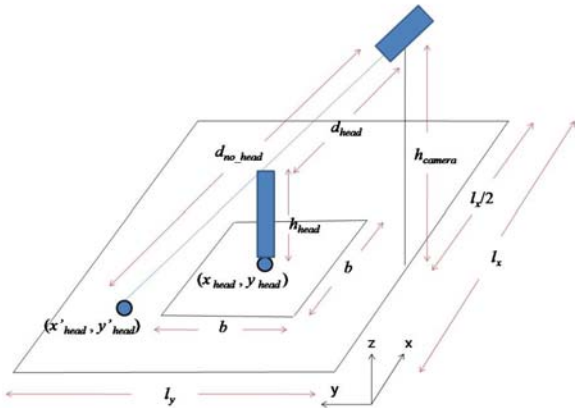
중앙에  $1.7m(h_{head})$  높이의 물체가 있는지를 확인하는 문제를 고려하자. 그림 4 와 같이 깊이 카메라가 설치된 환경에서  $(x_{head}, y_{head})$ 에 위치한 어떤 블록에  $h_{head}$  높이의 물체가 있다면, 해당되는 위치  $(x'_{head}, y'_{head})$ 에서 카메라까지의 거리가  $d_{no\_head}$ 가 아니라  $d_{head}$ 가 된다(수식 (1), (2)참조). 즉,  $l_x/b \times l_y/b$  각각의 블록에 대하여 사진에  $[x'_{head}, y'_{head}, d_{no\_head}, d_{head}]$  값을 테이블에 저장해둔 후, 입력되는 깊이 정보에서  $(x'_{head}, y'_{head})$ 에 위치한 값이  $d_{no\_head}$  인지  $d_{head}$  인지만을 확인함으로써 승가 여부를 판단할 수 있다.

$$x'_{head} = x_{head} + (x_{head} - \frac{1}{2}l_x) \times (\frac{h_{head}}{h_{camera} - h_{head}}) \quad (1)$$

$$y'_{head} = y_{head} + y_{head} \times (\frac{h_{head}}{h_{camera} - h_{head}})$$

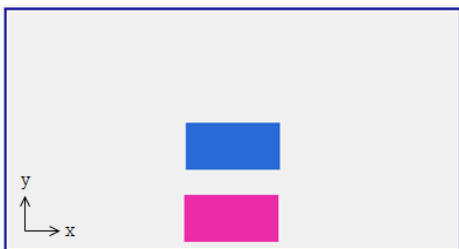
$$d_{head} = \sqrt{(x_{head} - \frac{1}{2}l_x)^2 + (y_{head})^2 + (h_{camera} - h_{head})^2} \quad (2)$$

$$d_{no\_head} = \sqrt{(x'_{head} - \frac{1}{2}l_x)^2 + (y'_{head})^2 + (h_{camera})^2}$$

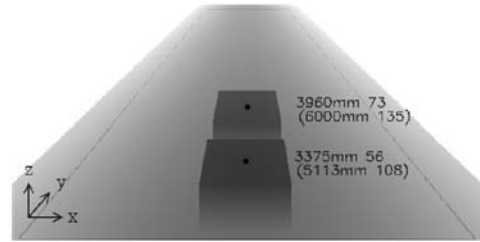


(그림 4)  $(x_{head}, y_{head})$ 에  $h_{head}$  높이 물체가 있는 경우

실험을 위하여 시판중인 마이크로소프트사의 윈도우용 키넥트[5,6]를 3m 높이에 설치하였고, 키가 1.7m 인 사람을 촬영한 결과 제안 방법으로 해당 위치에 1.7m 높이의 사람이 있는지 확인하였다. 그러나 현재 시판중인 키넥트는 높이 3m 에서 가로/세로 각각 3m/3m 의 바닥 면적만을 모니터링할 수 있다는 제약이 있다. 이러한 제약을 감안하여 한우사의 가로/세로 각각 10m/5m 우방에서 높이 5m 에 고성능의 깊이 카메라가 설치되어 있다고 가정하고 가상의 데이터(우방내 빨간색과 파랑색으로 표시한 두마리 소가 동시에 승가한다고 가정)를 생성하였다(그림 5(a) 참조).



(a) 측사 내 해당 좌표에 승가 소가 있다고 가정



(b) 가정된 깊이카메라의 예상 데이터 (그림 5) 1.7m 높이 물체 두 개가 겹친 경우

가상의 데이터로 실험한 결과, 승가하는 소(빨간색 표시) 뒤에 또 다른 소가 승가(파랑색 표시)하더라도 이 두 마리의 승가하는 소 머리를 확인할 수 있음을 확인하였다(그림 5(b)참조). 즉, 승가하는 빨간색 소의 중앙 위치에서 카메라까지의 거리는 3.375m 이고 깊이값은 1.5~10m 범위 내에서 인지가 가능하다고 가정할 때 값 56 을 갖는다(만약 빨간색 소가 그 위치에서 승가하지 않는다면 카메라까지의 거리는 5.113m 이고 깊이값은 108 을 갖는다.). 또한, 앞의 소에 가려서 승가하는 파랑색 소도 중앙 위치에서 카메라까지의 거리는 3.96m 이고 깊이값은 73 을 갖는다(만약 파랑색 소가 그 위치에서 승가하지 않는다면 카메라까지의 거리는 6.0m 이고 깊이값은 135 을 갖는다.). 즉, 깊이 정보를 이용하면 뒤에서 승가하는 파랑색 소를 정확히 구분할 수 있다.

제안 방법은 [3,4]에서처럼 GMM/optical flow/color histogramming/segmentation 등 복잡한 계산과정 없이 미리 계산된 바닥까지의 거리와 실제 거리만을 단순 비교함으로써 야간의 승가 행위를 매우 빠르고 정확히 탐지할 수 있다. 즉, 어느 위치/어느 방향에서의 승가인지에 따라, 그리고 앞에 장애물이 있는지 여부에 따라 영상 카메라에 나타나는 승가의 모습은 각각 다르지만, 거리 정보를 이용하면 이러한 차이점들을 극복하고 매우 정확히 검출할 수 있다. 또한, 현재 시판중인 키넥트의 한계로 실제 한우사에 적용하지는 못하였지만 키넥트 센서를 여러 개 사용하거나 성능이 우수한 깊이 카메라를 사용한다면 제안 방법의 제약 사항은 없다고 판단된다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 측사 감시 카메라 환경에서 승가 행위를 자동으로 검출하기 위한 최적의 방법을 제안하였다. 실험 결과, 통상의 영상 카메라를 이용할 경우 발생하는 여러 어려움이 깊이 정보를 이용함으로써 일시에 제거되고 매우 정확한 야간 승가 검출이 가능함을 확인하였다. 향후 연구로, 실제 측사 환경에서 승가 여부를 탐지하는 실험과 깊이 정보를 이용한 추적(트래킹) 기술과 연계하면 더욱 완벽한 측사 감시 카메라 환경이 가능할 것으로 기대된다.

#### 감사의 글

본 연구는 농림수산물식품부 첨단생산기술개발사업과 BK21 Plus 사업의 지원에 의해 이루어진 것임+

### 참고문헌

- [1] M. Saint-Dizier and S. Chastant-Maillard, "Towards an Automated Detection of Oestrus in Dairy Cattle," *Reprod. Domest. Anim.*, Vol. 47, pp. 1056-1061, 2012.
- [2] Y. Chung, J. Lee, S. Oh, D. Park, H. Chang, and S. Kim, "Automatic Detection of Cow's Oestrus in Audio Surveillance System," *Asian-Aus. J. Anim. Sci.*, Vol. 26, pp. 1030-1037, 2013
- [3] 최동휘, 김희곤, 정용화, 박대회, "한우사에서 승가 검출을 위한 카메라 위치," *정보처리학회추계학술대회*, pp. 1439-1441, 2013.
- [4] D. Choi, H. Kim, Y. Chung, and D. Park, "Automated Detection of Cattle Monitoring using Motion and Color Information," *Proc. of ICCTAI*, 2014.
- [5] <http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/>
- [6] J. Han, L. Shao, D. Xu, and J. Shotton, "Enhanced Computer Vision with Microsoft Kinect Sensor: A Review," *IEEE Tr. Cybernetics*, Vol. 43, pp. 1318-1334, 2013.