

# Image Segmentation of Adjoining Pigs Using Spatio-Temporal Information

Jaewon Sa<sup>†</sup> · Seungyup Han<sup>\*\*</sup> · Sangjin Lee<sup>\*\*</sup> · Heegon Kim<sup>\*\*\*</sup> · Sungju Lee<sup>\*\*\*\*</sup> ·  
Yongwha Chung<sup>\*\*\*\*\*</sup> · Daihee Park<sup>\*\*\*\*</sup>

## ABSTRACT

Recently, automatic video monitoring of individual pigs is emerging as an important issue in the management of group-housed pigs. Although a rich variety of studies have been reported on video monitoring techniques in intensive pig farming, it still requires further elaboration. In particular, when there exist adjoining pigs in a crowd pig room, it is necessary to have a way of separating adjoining pigs from the perspective of an image processing technique. In this paper, we propose an efficient image segmentation solution using both spatio-temporal information and region growing method for the identification of individual pigs in video surveillance systems. The experimental results with the videos obtained from a pig farm located in Sejong illustrated the efficiency of the proposed method.

**Keywords :** Image Segmentation, Spatio-Temporal Information, Video Surveillance System

## 시공간 정보를 이용한 근접 돼지의 영상 분할

사재원<sup>†</sup> · 한승엽<sup>\*\*</sup> · 이상진<sup>\*\*</sup> · 김희곤<sup>\*\*\*</sup> · 이성주<sup>\*\*\*\*</sup> · 정응화<sup>\*\*\*\*\*</sup> · 박대희<sup>\*\*\*\*</sup>

## 요 약

최근, 축산 농가에서 돈사 내 개별 돼지들의 자동 영상 모니터링 기법이 중요한 이슈로 떠오르고 있다. 현재까지 이를 위한 다양한 연구들이 소개되어 왔지만, 아직도 추가적인 연구 노력이 요구된다. 특히, 혼잡한 돈방에서 움직이는 근접한 돼지들의 객체 식별을 위한 연구가 영상 처리 분야 입장에서 요구된다. 본 논문에서는 감시카메라 환경에서 움직이는 근접한 돼지들의 객체 식별을 위한 해법으로써 시공간 정보와 영역 확장 기법을 이용한 효율적인 영상 분할 방법론을 새롭게 제안한다. 실제로 세종에 위치한 한 돈사에서 취득한 영상 정보를 이용하여 본 논문에서 제안한 시스템의 성능을 실험적으로 검증하였다.

**키워드 :** 영상 분할, 시공간 정보, 영상 감시 시스템

## 1. 서 론

현재, 좁은 공간에서 다수의 돼지들을 밀집 사육하는 국내에서는 구제역 등과 같은 전염병 발생 시 피해가 빠르게 확산되는 매우 취약한 구조를 가지고 있는 것이 현실이다. 이러한 축산 농가의 구조적 문제점을 해결하고자 하는 해결책 중 하나로, 최근 급속하게 발전하는 IT 기술과 농·축산업과

의 융합 기술(Computer and Electronics in Agriculture)이라는 새로운 연구 분야가 선진 외국을 중심으로 활발하게 진행되고 있다[1, 2]. 본 논문에서는 이러한 연구들 중 비디오 센서 환경에서의 돼지 모니터링 시스템에 관한 연구를 대상으로 한다.

돈사에서 촬영된 돼지의 영상 처리 및 해석 과정에서 발생하는 어려움 중, 혼잡한 돈방에서 움직이는 근접한 돼지들의 객체 식별을 위한 연구가 영상처리 분야 입장에서 요구된다. 즉, 움직이는 돼지들을 탐지 및 추적을 하는 경우, 컬러가 유사한 두 마리 이상의 돼지가 서로 근접하게 되면 하나의 돼지로 탐지되는 객체 식별의 오탐지 문제가 발생하여 돼지들을 지속적으로 추적하기 어렵다[5, 6]. 이러한 문제는 영상처리 학계에서 영상 분할(Image Segmentation)이라는 주제로 분류되는 분야로 그동안 많은 연구들[7-12]이 있어왔으나, 본 연구에서 다루는 문제에는 직접적으로 단순 적용하는 것은 어렵다.

\* This research was supported by Basic Science Research Program (through the NRF funded by the Ministry of Education, Science and Technology, No. 2012R1A1A2043679) and BK21 Plus Program.

\*\* 이 논문은 2015년도 한국정보처리학회 춘계학술발표대회에서 '시공간 정보를 이용한 근접 돼지 구분'의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것임.

† 준 회 원 : 고려대학교 컴퓨터정보학과 석사과정

\*\* 준 회 원 : 고려대학교 컴퓨터정보학과 학사과정

\*\*\* 준 회 원 : 고려대학교 컴퓨터정보학과 박사과정

\*\*\*\* 정 회 원 : 고려대학교 컴퓨터정보학과 교수

\*\*\*\*\* 총신회원 : 고려대학교 컴퓨터정보학과 교수

Manuscript Received: July 3, 2015

Accepted: August 11, 2015

\* Corresponding Author: Yongwha Chung(ychungy@korea.ac.kr)

본 논문에서는 면역력이 약한 생후 1개월 된 이유 자돈 (약 20마리)들이 하나의 돈방에 있고 이를 top view 카메라로 24시간 동안 연속 모니터링하는 상황을 설정하였으며, 영상카메라로부터 입력되는 프레임 내의 정보와 프레임 간의 정보를 활용한 시공간 정보(Spatio-temporal Information)와 영상분할에서 이미 검증된 영역 확장 기법(Region Growing Method)을 사용하여 근접한 돼지들을 영상 분리하는 새로운 방법론을 제안한다. 즉, 개별 돼지로 레이블링 된 이전 프레임의 정보를 현재 프레임에 투영하고, 이전 프레임 정보가 투영된 현재 프레임에서 아직 영역 구분이 되지 않은 부분(불확정 영역)에 대하여 경사 정보(Gradient Information)를 이용하여 영역 확장 기법을 적용하였다. 실제로 세종시에 위치한 한 돈사에서 취득한 영상 정보를 이용하여 본 논문에서 제안한 시스템의 성능을 실험적으로 검증하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서 영상 분할과 관련된 연구방법론의 문헌 고찰들을 간략하게 기술하고, 3절에서 본 논문에서 제안하는 시공간 정보와 영역 확장 기법을 이용하여 근접 돼지들을 영상 분할하는 방법론을 상세히 기술한다. 4절에서는 실험 결과 및 성능 분석을, 마지막으로 5절에서는 결론 및 향후 연구 과제에 대해 논한다.

## 2. 배경

### 2.1 돼지 트래킹(Pig Tracking)

감시 카메라 환경에서 돈사 내 이상 상황을 자동으로 탐지하는 방법 중 하나는 차영상 방법(Frame Difference)을 이용하는 것이다[5, 6]. 프레임 간 정보인 시간 정보(Temporal Information)를 이용하는 차영상 방법은 이전 프레임(또는 배경 프레임)과 현재 프레임 간의 픽셀 변화를 계산하고 움직임을 탐지하는 방법이다. 움직임을 탐지되면 탐지된 공간을 이동하는 돼지로 구분하여 번호를 부여하고, 이를 통해 움직임을 추적한다. 그러나 추적 중인 돼지가 다른 돼지에 근접하면 두 마리의 돼지들이 하나의 돼지로 탐지되는 문제가 발생한다. 즉, 두 마리의 돼지로 분리되지 않는 상황이 발생하여 돈사 내의 개별적인 돼지들을 지속적으로 추적하기 어렵다. Fig. 1은 두 마리의 돼지가 근접한 경우 하나의 돼지로 탐지되는 상황을 보여준다.

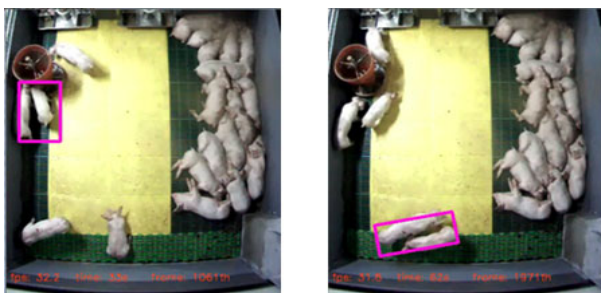


Fig. 1. Segmentation Problem of Adjoining Pigs

근접 돼지 구분 문제를 해결하기 위한 방법으로 [9]에서는

돼지에 서로 다른 색을 칠하고, 그 색상을 기반으로 개별 돼지의 위치를 추적하였다. 또한, [10]에서는 개별 돼지를 구분하기 위하여 돼지의 등에 서로 다른 표식을 사용하여 추적하는 방법을 제안하였다. 그러나 하나의 돈방에 20마리 이상의 돼지가 있고 하루에 1kg씩 성장하는 개별 돼지에게 서로 다른 색을 칠하거나 서로 다른 표식을 하는 것 자체가 쉽지 않은 문제이다. 뿐만 아니라 관리인 1인당 2,000마리 정도의 돼지를 관리하는 국내 상황에서 이러한 작업을 수행하는 것이 추가 부담이 되며, 돼지들에게도 예상하지 못한 스트레스를 주어 돈사 내의 생산성에 문제를 야기할 수 있다. 따라서 돼지에 인위적인 표식 없이(markerless) 24시간 동안 자동으로 돼지들을 추적하기 위해서, 두 마리 이상의 근접 돼지들을 분리하여 개별적으로 탐지할 수 있는 방법이 필요하다.

### 2.2 객체 구분(Object Segmentation)

근접 객체를 구분하는 방법 중, [11]에서는 side view 또는 tilted-down view 카메라로 입력된 영상에서 근접한 사람들을 구분하는 방법을 제안하였다. 즉, side view 또는 tilted-down view 카메라에서는 사람들의 신체 중 머리가 가장 높은 곳에 있기 때문에, 사람의 머리를 탐지함으로써 근접한 사람들을 구분할 수 있었다. 그러나 이러한 휴리스틱 알고리즘은 본 논문에서 가정하는 top view로 입력된 영상에는 적용할 수 없는 한계가 있다.

[12]에서는 본 논문과 유사하게 top view 영상에서 근접 돼지들을 침식(erosion)/팽창(dilation)의 모폴로지 기법으로 구분하는 방법을 제안하였으나, 두 돼지의 근접 부분이 넓은 경우 구분이 되지 못하는 한계가 있다. 예를 들어, 근접 돼지 구분에 기반한 트래킹 실험 결과, 개별 돼지에 대한 트래킹 실패까지의 평균 프레임 수가 8개에 불과하다는 문제가 있었다.

[13]에서는 top view로 입력된 세포 영상에서 근접 세포들을 구분하는 방법을 제안하였다. 즉, 영역 확장 기법의 변형인 워터셰드(Watershed) 방법을 이용하여 근접 세포를 구분할 수 있음을 확인할 수 있었다. 사실 워터셰드는 근접 객체 구분의 기법으로 가장 많이 이용되는 방법[14, 15]으로, top view로 입력되는 돈방 모니터링에도 적용할 수 있다. 그러나 프레임 내 정보인 공간 정보(Spatial Information)만을 이용하는 워터셰드 방법은 혼잡한 돈방 내의 근접 돼지를 구분하는 데 한계가 있다. 본 논문에서는 제안 방법과의 비교를 위하여 일반적인 워터셰드[16]를 이용한 실험을 수행하였고, 그 분석 결과를 4절에서 설명한다.

## 3. 제안 방법

본 논문에서는 근접 돼지 분리 문제를 해결하기 위해 시공간 정보와 영역 확장(Region Growing) 기법을 이용한다. 즉, 개별 돼지로 레이블링 된 이전 프레임의 정보를 현재 프레임에 투영하고, 이전 프레임의 정보가 투영된 현재 프레임에서 아직 영역 구분이 되지 않은 부분(불확정 영역)에 대하여 경사 정보를 이용하여 영역 확장 기법을 적용한다.

3.1 이진화 영상

개별 돼지를 분리하기 위해서는 배경과 돼지를 분리할 필요가 있다. 획득한 영상에서 조명에 의해 생기는 돼지의 그림자 또는 배경의 잡영과 같은 노이즈를 제거하기 위해 Hue-Saturation-Value(HSV)의 값을 조절하고, 이 결과영상을 사용하여 이진화한다. Fig. 2는 컬러 정보를 이용하여 배경과 분리된 돼지 객체를 보여준다. 또한, background subtraction을 수행하여 확인된 움직임이 있는 돼지들의 영역이 개별 돼지 영역의 크기보다 큰 경우(즉, 돼지들이 근접한 경우) 해당 영역을 관심 영역으로 설정하고 근접 돼지 구분 알고리즘을 적용한다.



Fig. 2. Preprocessing Image of Binarization

3.2 이전 프레임 정보를 이용한 영역 구분

본 논문에서는 근접 돼지 분리 문제를 해결하기 위해서 먼저 이전 프레임 정보를 이용하여 대략적인 영역 구분을 수행한다. 먼저, 돼지들이 근접하지 않은 프레임에 대해서는 컬러 정보와 background subtraction을 이용하여 정확히 움직이는 돼지 영역을 구분(Fig. 3(a) 참조)할 수 있다고 가정한다. 만약, Fig. 3(b)와 같이 근접 돼지가 구분되지 않는 경우에는 이전 프레임의 영역 구분 정보를 현재 프레임에 투영하여 Fig. 3(c)와 같이 현재 프레임을 변환한다. 변환된 현재 프레임에서 아직 영역이 정해지지 않은 “불확정 영역”(Fig. 3(c)의 흰색으로 표현)에 대해서는 다음에 설명하는 영역 확장 기법을 적용하여 최종 영역을 구분한다.

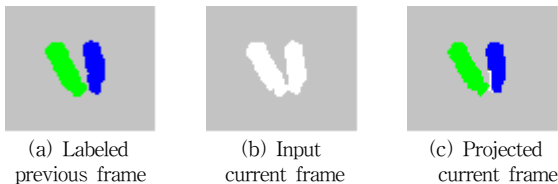


Fig. 3. Conversion of Current Frame using Previous Frame Information

3.3 영역 확장 기법을 이용한 근접 돼지 경계 구분

현재 프레임 내의 불확정 영역은 최초의 현재 프레임(Fig. 3(c)의 흰색으로 표현된 영역)과 비교하여 작은 부분

이고, 현재 레이블링 된 픽셀(seed)로부터 영역 확장을 적용하여 근접 돼지를 구분할 수 있다. 그러나 불확정 영역 내의 픽셀들을 어떠한 순서로 영역 확장하는지에 따라 경계 구분의 정확도가 차이가 발생할 수 있다.

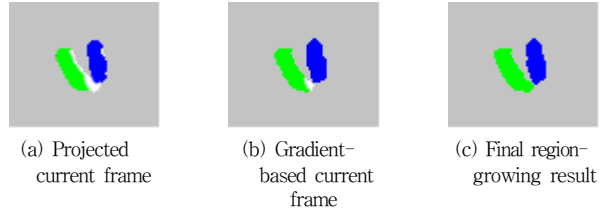


Fig. 4. Result of Final Segmentation

본 논문에서는 불확정 영역의 경사 정보(Gradient Information)를 이용하여 돼지 간 경계가 될 수 없는 부분을 먼저 확장하고 경계가 될 수 있는 부분은 나중에 확장하는 방법으로 확장 순서를 조정한다. 이러한 과정을 반복적으로 수행하면 불확정 영역에 서서히 경계가 나타나고 Fig. 4(d)와 같이 근접한 두 마리의 돼지를 개별적으로 구분할 수 있다. 또한, 이렇게 구분된 현재 프레임의 결과는 다음 프레임의 근접 돼지를 구분하기 위한 정보로 활용되어, 연속되는 프레임에서의 근접 돼지 구분이 가능하다.

마지막으로, 본 논문에서 제안하는 근접 돼지 구분 방법을 의사 코드로 정리하면 아래와 같다. 먼저, 영상에서 근접한 돼지가 있는 부분을 관심 영역(Region of Interest)으로 지정하고 프레임의 크기를 가로(width) 및 세로(height)의 크기로 설정한다.  $L_{prev}$ 는 레이블링 된 이전 프레임,  $I_{cur}$ 는 입력된 현재 프레임이다. 또한,  $P_{cur}$ 는  $I_{cur}$ 에  $L_{prev}$ 를 투영(project)한 프레임이고, 여기에 존재하는 불확정 영역을 영역 확장 기법을 적용하여 최종 레이블링 된 현재 프레임  $L_{cur}$ 를 생성한다.

Adjoining Pigs Segmentation Algorithm

<p><b>Input</b></p> <p><math>L_{prev}</math> : Labeled previous frame</p> <p><math>I_{cur}</math> : Input current frame</p> <p><b>Output</b></p> <p><math>L_{cur}</math> : Labeled current frame</p>
<p><b>Algorithm</b></p> <p><b>Step 1:</b> Create gradient image, <math>I_{grad}</math></p> <p><b>Step 2:</b> Project <math>L_{prev}</math> into <math>I_{cur}</math> to make <math>P_{cur}</math></p> <p><b>Step 3:</b> Combine <math>P_{cur}</math> with <math>I_{grad}</math></p> <p><b>Step 4:</b> Modify <math>P_{cur}</math> to make <math>L_{cur}</math></p> <p><b>while</b> empty space exists <b>do</b></p> <p style="padding-left: 20px;"><b>for</b> <math>y \leftarrow 1</math> <b>to</b> <math>y &lt; height - 1</math> <b>do</b></p> <p style="padding-left: 40px;"><b>for</b> <math>x \leftarrow 1</math> <b>to</b> <math>x &lt; width - 1</math> <b>do</b></p> <p style="padding-left: 60px;"><b>for</b> <math>k \leftarrow -1</math> <b>to</b> <math>k \leq 1</math> <b>do</b></p> <p style="padding-left: 80px;"><b>for</b> <math>l \leftarrow -1</math> <b>to</b> <math>l \leq 1</math> <b>do</b></p> <p style="padding-left: 100px;"><b>if</b> <math>P_{cur}(x, y)</math> is empty space</p> <p style="padding-left: 120px;"><b>if</b> <math>P_{cur}(x+l, y+k)</math> is Labeling Data</p> <p style="padding-left: 140px;"><math>P_{cur}(x, y) \leftarrow P_{cur}(x+l, y+k)</math></p> <p><b>Step 5:</b> Copy modified image <math>P_{cur}</math> into <math>L_{cur}</math></p>

## 4. 실험

### 4.1 실험 환경

영상을 촬영할 돈사의 중앙 위치를 기준으로 약 4.8m 높이의 천장에 카메라를 설치하였고, 설치된 카메라를 이용하여 돈사에서 활동하는 돼지들을 녹화한 640×480의 해상도를 갖는 영상을 획득하였다(Fig. 5(a) 참조). 통상 감시 카메라 환경에서는 설치된 카메라의 시야각이 넓기 때문에, 녹화된 영상에는 관심 영역보다 넓은 구역이 표시된다. 따라서, 돈사 내 하나의 돈방만을 포함하도록 관심 영역을 설정하였다(Fig. 5(b) 참조).

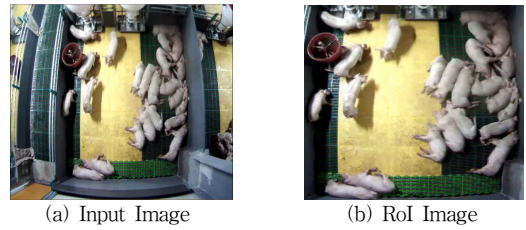


Fig. 5. Input and ROI Images

### 4.2 실험 결과

Fig. 6과 7은 연속적인 프레임 입력에 대해서 OpenCV에서 제공하는 워터셰드 기법[16]과 제안 방법을 각각 적용한

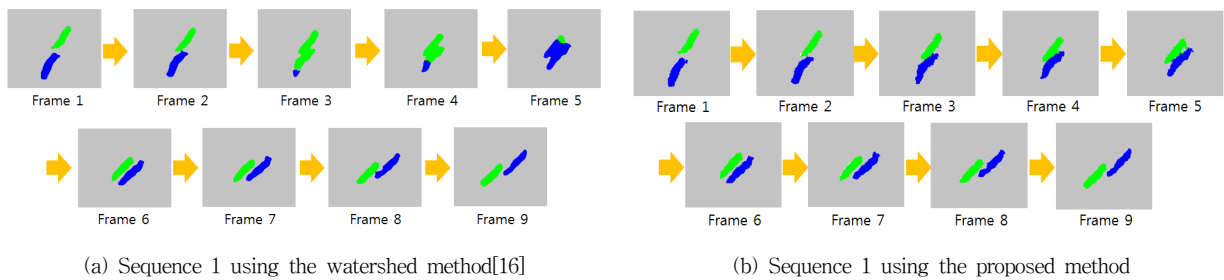


Fig. 6. Images of Sequence 1

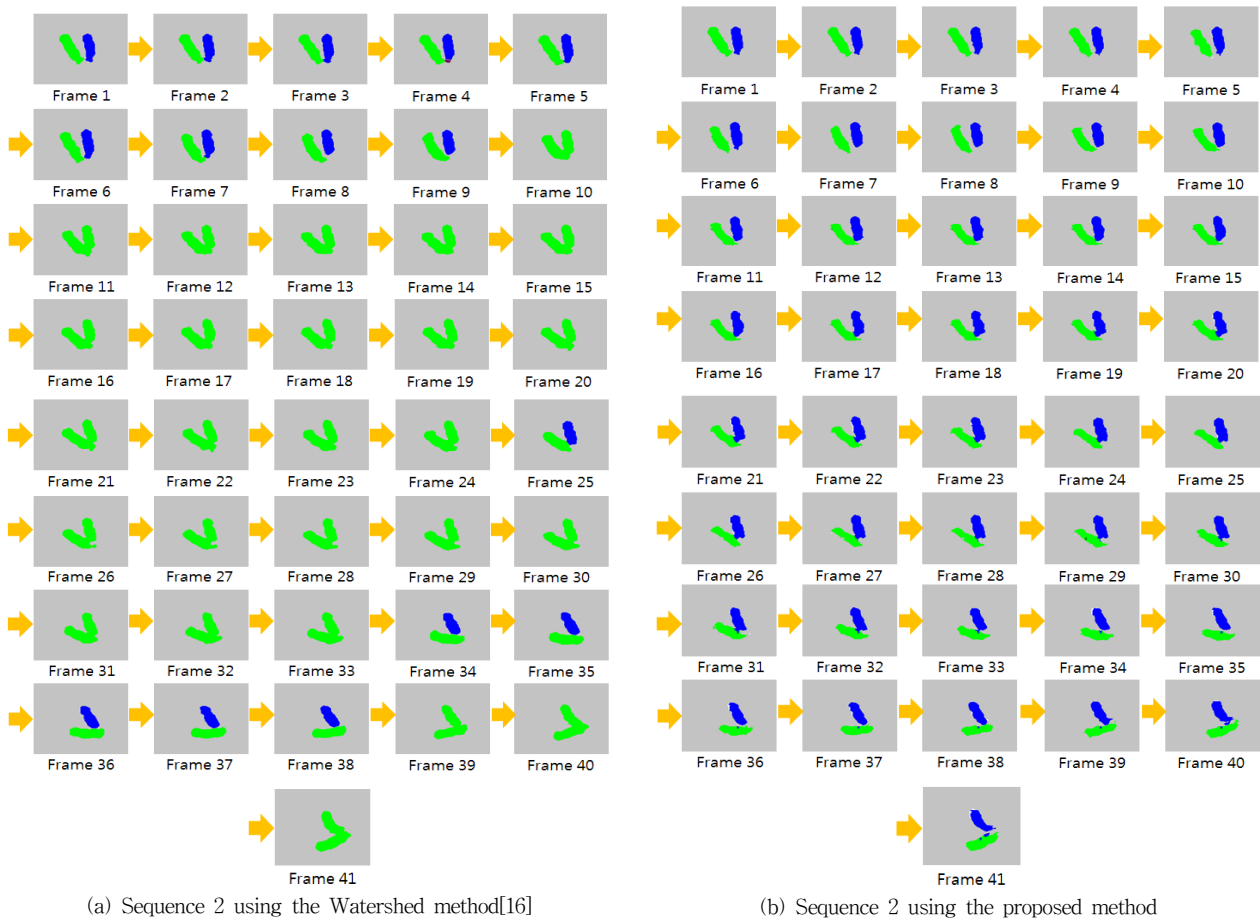


Fig. 7. Images of Sequence 2

결과를 보여준다. 예를 들어, 비디오 시퀀스 1은 총 9장으로, 프레임 1번은 돼지들이 근접하기 직전의 프레임이고, 프레임 9번까지 연속적인 근접 돼지 영상을 나타낸다. 레이블링 처리된 프레임 2번( $L_{cur}$ )은, 돼지가 근접하기 직전의 레이블링 처리된 프레임 1번( $L_{prev}$ )을 입력된 현재 프레임( $I_{cur}$ )에 투영하고( $P_{cur}$ ) 경사 정보를 이용하여 영역 확장함으로써 근접 돼지를 분리한 결과이다. 따라서 제안 방법을 순차적으로 적용하면 모든 프레임에서 근접 돼지를 분리할 수 있음을 확인하였다. 두 돼지의 근접 부분이 넓어 침식(erosion)/팽창(dilation) 등의 모폴로지 기법[12]이나 워터셰드 기법[13-15]을 적용하여도 분리하기 어려운 문제이나, 제안 방법을 이용하여 정확히 근접 돼지를 분리할 수 있었다.

마지막으로 제안 방법의 정확도를 수치화하기 위하여 다음과 같은 근접 돼지 구분 정확도를 정의하였다. 즉, OpenCV에서 제공하는 워터셰드 기법[16]과 본 논문에서 제안한 방법을 이용하여 돼지 객체가 근접한 두 경우의 시퀀스에 적용하여 정확도를 측정하였다. 먼저, 정확도 측정을 하기 위해 각각의 분리 방법을 사용하여 매 프레임의 근접 돼지에 해당하는 전체 객체 픽셀 개수와 개별 돼지로 정확히 분리된 객체 픽셀 개수를 파악한다. 매 프레임에서 파악된 각각의 픽셀 개수를 전체 프레임 구간에 대하여 누적 후, 개별 객체로 정확히 분리된 총 픽셀의 개수를 근접 돼지 전체에 해당하는 총 픽셀의 개수로 나눔으로써 분리 정확도(ground-truth 대비 %)를 계산한다.

Table 1. Accuracy Comparison

Sequence Type	Method	Accuracy(%)
Sequence 1 (9 frames)	proposed method	99.58
	watershed method	82.20
Sequence 2 (41 frames)	proposed method	99.06
	watershed method	62.86

Table 1은 두 시퀀스에서 각각의 객체 분리 방법을 이용하여 근접한 돼지를 분리한 정확도를 나타낸다. 기존의 워터셰드 기법을 이용하여 근접 돼지를 분리할 경우 분리 정확도가 첫 번째 시퀀스의 경우 약 82.20%, 두 번째 시퀀스에서 약 62.86%의 수치로 나타났다. 본 논문에서 제안한 방법을 이용하여 근접 돼지를 분리할 경우의 분리 정확도는 첫 번째 시퀀스에서 약 99.58%, 두 번째 시퀀스에서 약 99.06%로, 기존의 워터셰드 방법보다 본 논문에서 제안한 방법의 객체 분리 정확도가 수치적으로 우수함을 확인하였다. 또한, 본 연구의 최종 목표가 개별 돼지를 24시간 자동 추적하는 것임을 감안할 때, 두 번째 비디오 시퀀스에서 워터셰드 기법으로는 근접 돼지를 구분하지 못하는 프레임들이 발생하지만, 제안 방법으로는 모든 프레임에서 근접 돼지를 구분할 수 있음을 확인하였다.

### 5. 결 론

감시 카메라 환경에서 돈사 내 개별 돼지들의 행동을 자동으로 관리하는 연구는 효율적인 돈사 관리 측면에서 중요

한 이슈로 떠오르고 있다. 그러나 전처리 과정에서 움직이는 돼지가 근접할 경우 돼지들이 하나로 탐지되기 때문에 지속적으로 개별 돼지를 추적하기 어렵다. 본 논문에서는 시공간 정보와 영역 확장 기법을 사용하여 근접 돼지 분리 문제를 해결하였다. 즉, 개별 돼지로 레이블링 된 이전 프레임의 정보를 현재 프레임에 투영한 후, 남은 불확정 영역에 경사 정보를 이용하여 영역 확장을 적용하였다. 실험 결과, 연속적인 프레임에 대해서 근접 돼지의 경계가 정확히 구분됨을 확인하였다. 향후 연구로, 제안 방법을 확장하여 개별 돼지를 24시간 자동 추적하는 연구를 진행할 계획이다.

### References

- [1] D. Berckmans, "Automatic on-line monitoring of animals by precision livestock farming," *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," *TIIS*, 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] L. Jin, S. Zuo, J. Lee, D. Park, and Y. Chung, "Aggressive Behavior Detection of Weaning Pigs," in *Proceeding of the KSII Fall Conference*, Seoul, pp.325-326, 2014.
- [6] S. Zuo, L. Jin, Y. Chung, and D. Park, "An Index Algorithm for Tracking Pigs in Pigsty," in *Proceeding of ICITMS*, 2014.
- [7] R. Haralick and L. Shapiro, "Survey: Image Segmentation Techniques," *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, Vol.29, 1985.
- [8] T. Yoo, *Insight into Images: Principles and Practice for Segmentation, Registration, and Image Analysis*, AK Peters Ltd, 2004.
- [9] J. Navarro-Jover, M. Alcaniz-Raya, V. Gomez, S. Balasch, J. Moreno, V. Grau-Colomer, and A. Torres, "An automatic colour-based computer vision algorithm for tracking the position of piglets," *Spanish Journal of Agricultural Research*, Vol.7, No.3, pp.535-549, 2009.
- [10] M. Kashiha, C. Bahr, S. Ott, C. Moons, T. Niewold, F. Odberg, and D. Berckmans, "Automatic identification of marked pigs in a pen using image pattern recognition," *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol.93, pp.111-120, 2013.

[11] I. Haritaoglu, D. Harwood, and L. Davis, "W4: Real-Time Surveillance of People and Their Activities," *IEEE PAMI*, Vol.22, No.8, pp.809-830, 2000.

[12] N. McFarlane and C. Schofield, "Segmentation and Tracking of Piglets in Images," *Machine Vision and Applications*, Vol.8, pp.187-193, 1995.

[13] P. Geetha, R. Nidhya, A. Kumar, and K. Selvi, "Cell segmentation and NC ratio analysis for biopsy images using marker controlled watershed algorithm," in *Proceeding of ICGCCEE*, pp.1-5, 2014.

[14] L. Vicent and P. Soille, "Watershed in Digital Space: An Efficient Algorithm based on Immersion Simulation," *IEEE PAMI*, Vol.13, No.6, pp.583-598, 1991.

[15] S. Beucher, "The Watershed Transformation applied to Image Segmentation," *Scanning Microscopy-Supplement*, pp.299-314, 1992.

[16] OpenCV [Internet], <http://docs.opencv.org>.



**김희곤**

e-mail : khg86@korea.ac.kr  
 2011년 고려대학교 컴퓨터정보학과(학사)  
 2013년 고려대학교 컴퓨터정보학과(석사)  
 2013년~현 재 고려대학교 컴퓨터정보학과  
 박사과정  
 관심분야: 병렬처리, 영상처리



**이성주**

e-mail : peacfeel@korea.ac.kr  
 2006년 고려대학교 전산학과(학사)  
 2008년 고려대학교 전산학과(석사)  
 2013년 고려대학교 전산학과(박사)  
 2013년~2015년 고려대학교 컴퓨터정보학과  
 연구교수  
 2015년~현 재 고려대학교 컴퓨터정보학과 교수  
 관심분야: 멀티코어, 에너지 효율성, 정보보호



**사재원**

e-mail : sjwon92@korea.ac.kr  
 2015년 고려대학교 컴퓨터정보학과(학사)  
 2015년~현 재 고려대학교 컴퓨터정보학과  
 석사과정  
 관심분야: 병렬처리, 영상처리



**정용화**

e-mail : ychungy@korea.ac.kr  
 1984년 한양대학교 전자통신공학과(학사)  
 1986년 한양대학교 전자통신공학과(석사)  
 1997년 U. of Southern California(박사)  
 1986년~2003년 한국전자통신연구원  
 생체인식기술연구팀(팀장)  
 2003년~현 재 고려대학교 컴퓨터정보학과 교수  
 관심분야: 병렬처리, 영상처리, 축산 IT



**한승엽**

e-mail : hansy91@korea.ac.kr  
 2009년~현 재 고려대학교 컴퓨터정보학과  
 학사과정  
 관심분야: 병렬처리, 영상처리



**박대희**

e-mail : dhpark@korea.ac.kr  
 1982년 고려대학교 수학과(학사)  
 1984년 고려대학교 수학과(석사)  
 1989년 플로리다 주립대학 전산학과(석사)  
 1992년 플로리다 주립대학 전산학과(박사)  
 1993년~현 재 고려대학교 컴퓨터정보학과  
 교수  
 관심분야: 데이터마이닝, 인공지능, 축산 IT



**이상진**

e-mail : op7267@korea.ac.kr  
 2010년~현 재 고려대학교 컴퓨터정보학과  
 학사과정  
 관심분야: 영상처리