

## 축사에서 비전 기반의 이동 객체 분류 방법

김성관, 이정식, 주영훈  
 군산대학교 제어로봇공학과\*

### Vision-based classification of moving objects in the cattle shed

Sung Kwan Kim, Jung Sik Lee, Young Hoon Joo  
 Kunsan National University

**Abstract** - 본 논문에서는 축사에서 비전 기반으로 이동 객체를 분류하는 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 축사 내 설치된 CCTV로부터 영상을 입력받아 Adaptive GMM 알고리즘을 이용하여 이동 객체를 추출한다. 다음, 이동 객체가 사람인지 소인지 또는 차량인지 분류하기 위해 이동 객체의 특징을 추출한다. 이동 객체 특징 추출 방법으로는 기존의 Monolithic-based 방법인 HoG 알고리즘을 개선하여 축사의 복잡한 환경에서 다양한 자세를 가지는 사람과 소 그리고 차량의 구조적 특징을 추출한다. 추출한 특징은 벡터화 하여 SVM 분류기 입력값에 적합하도록 한다. SVM 분류를 통해 이동 객체의 구조적 특징을 블록화 하여 이동 객체의 신체 모델을 생성한다. 마지막으로 생성된 신체 모델을 이용하여 이동 객체가 사람인지 소인지 또는 차량인지 분류한다.

#### 1. 서 론

최근, 우리 사회에 도난, 강도 등 사람에게 의한 물리적인 범죄와 산불, 방화, 홍수 등 재난과 재해 및 교통사고 등 주변에서 각종 사건/사고가 끊임없이 발생한다. 특히, 농촌지역은 도시지역에 비해 감시 시스템의 부재로 인해 농·축산물의 도난 범죄에 대한 노출이 잦으며 범죄자의 검거율 또한 낮은 추세이다. 경찰청이 국회에 제출한 “2013 농·축산물 도난범죄 현황” 자료에 따르면 5년(2009~2013)간 농·축산물 도난 범죄는 모두 3898건이 발생함. 연도별로는 △2009년 742건 △2010년 524건 △2011년 1108건 △2012년 1043건 △2013년(7월) 481건 등으로 해마다 늘어나는 추세이며, 검거건수와 검거율의 경우 도난 범죄 증가에도 불구하고 검거율은 떨어지고 있는 것으로 조사됐다. 이러한 범죄를 예방하기 위하여 CCTV 영상으로부터 축사의 실시간 상황을 분석하여 축사를 감시하는 지능형 영상 분석 장치의 개발이 요구 되고 있다. 축사의 감시 시스템은 RFID(Radio Frequency Identification)나 RTLS(Real Time Location System) 등을 이용하는 센서 기반 감시 시스템과 CCTV(Close Circuit Television)를 이용하는 영상 기반 감시 시스템이 있으며, 미리 설정된 영역이 침범된 경우 알람을 울리는 감시 시스템이 대부분이다[1-2]. 상기와 같은 단순한 시스템은 범죄에 대한 사후 대처가 가능하지만, 사전 대처는 불가능 하다. 또한, 축사 감시 시스템에서 축사에 진입하는 이동 객체가 사람, 소 또는 차량인지 인지하고 대처할 수 있는 시스템이 필요하며, 이동 객체가 사람, 소 또는 차량인지 인지하기 위해서는 이동 객체의 추출 방법과 분류 방법이 필요하다. 이동 객체의 추출과 분류 방법에 있어서 다음과 같은 연구가 진행 되고 있다.

먼저, 기존의 이동 객체 추출기술은 색상 정보를 이용하는 방법, 차영상을 이용한 방법, Adaptive GMM(Gaussian Mixture Model) 방법 등이 있다. 색상 정보를 이용하는 객체만이 가지는 고유의 색상을 이용하여 이동 객체를 추출하는 방법으로 구현이 간단하고 연산 속도가 빠르다는 장점이 있지만 조도 변화에 취약하며 축사와 유사한 색상 정보를 가지는 소를 추출하는데 어려운 단점이 있다. 차영상을 이용한 방법은 배경과 현재 입력된 영상과의 차를 통해 이동 객체를 추출하는 방법으로 빠른 연산속도를 가지고 있지만 급격한 변화와 배경의 움직임에 매우 민감한 단점이 있다. Adaptive GMM 방법은 시간에 따라 입력된 영상의 픽셀 변화를 학습하여 배경을 모델링하는 방법으로 색상정보를 이용하는 방법과 차영상을 이용하는 방법보다 느린 처리속도를 가진다. 하지만 픽셀 값이 변화함에 따라 환경적으로 적응하기 때문에 배경 변화에 덜 민감한 장점을 가진다[3-4]. 다음, 기존의 이동 객체 분류 기술에는 템플릿 매칭(Template matching), SIFT(Scale-Invariant Feature Transform), HoG(Histogram of Gradient) 등이 있다. 템플릿 매칭은 다양한 객체 모양의 템플릿과 이동 객체를 비교하여 일치하는 이동 객체를 추출하는 방법으로 자세 변화와 겹침에 매우 취약하다. SIFT는 자

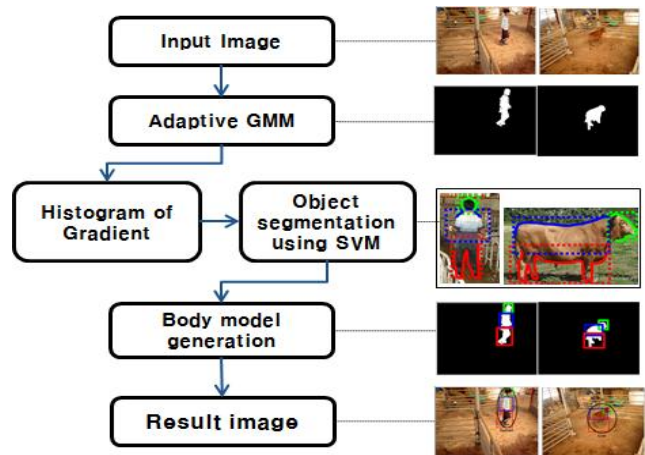
세 변화, 겹침과 조도 변화에 강인하지만 매우 느리다. 마지막으로 HoG는 영상을 블록화 하고 각 블록에 대한 기울기의 방향정보를 히스토그램 학습을 통해 이동 객체를 하나의 객체 단위로 분류하는 방법으로 형태변화가 심하지 않고 내부 패턴이 단순하면서 고유의 독특한 구조 정보를 가지는 객체를 식별하는데 유리하다.[5-6].

본 논문에서는 상기 문제점을 해결하기 위해 HoG 알고리즘과 SVM(Support Vector Machine)을 이용하여 이동 객체의 특징을 블록화 하여 인식하고 신체 모델을 생성함으로써 축사에서 사람과 소 그리고 차량을 분류하는 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 다음과 같다. 먼저, 축사 내 설치된 CCTV로부터 영상을 입력받아 Adaptive GMM 알고리즘을 이용하여 이동 객체를 추출한다. 다음, 기존의 객체 단위 추출 방법인 HoG 알고리즘을 개선하여 축사의 복잡한 환경에서 다양한 자세를 가지는 사람과 소 그리고 차량이 가지는 구조적 특징을 추출한다. 추출한 특징은 벡터화 하여 SVM 분류기 입력값에 적합하도록 한다. SVM 분류를 통해 이동 객체가 가지는 구조적 특징을 블록화 하여 이동 객체의 신체 모델을 생성한다. 마지막으로 생성된 신체 모델을 이용하여 이동 객체가 사람인지 소인지 차량인지 분류한다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 전체 시스템 블록도

본 논문에서 제안하는 축사에서 비전 기반의 이동 객체 분류 방법의 시스템 블록도는 그림 1과 같다.



<그림 1> 축사에서 비전 기반의 이동 객체 분류 방법

제안하는 방법은 입력 영상에서 Adaptive GMM 알고리즘을 적용하여 이동 객체를 추출한다. 다음, HoG 알고리즘을 이용해 이동 객체의 구조적 특징을 추출한다. SVM 분류를 통해 이동 객체의 구조적 특징을 블록화 하여 이동 객체의 신체 모델을 생성한다. 마지막으로 생성된 신체 모델을 이용하여 이동 객체가 사람인지 소인지 차량인지 분류한다.

##### 2.2 축사 내 이동 객체 추출 방법

축사 내 입력 영상에서 이동 객체를 추출하기 위하여 Adaptive GMM 알고리즘을 이용한다. Adaptive GMM은 주어진 표본 데이터 집합의 분

포 밀도를 확률밀도 함수로 모델링하는 방법으로 복수 개의 가우시안 확률밀도함수로 데이터의 분포를 모델링 하는 방법이다. 본 논문에서 Adaptive GMM은 다음 식 1과 같이 정의된다.

$$p(x|\lambda) = \sum_{i=1}^N p(x|k_i, \lambda_i) P(k_i) \quad (1)$$

여기서,  $p(x|k_i, \lambda_i)$ 는  $k_i$  번째 성분 파라미터  $\lambda_i$  로 이루어진 확률밀도 함수를 의미하며,  $P(k_i)$ 는 혼합 가중치로 각 확률밀도 함수의 상대적인 중요도를 의미한다. Adaptive GMM을 이용하여 추출한 이동 객체는 조도변화에 따른 잡음을 포함하고 있기 때문에 모폴로지(Morphology)연산 중 침식(Erosion), 팽창(Closing) 연산을 통해 노이즈를 제거한다. 노이즈를 제거한 영상은 배경 영상을 제외한 이동 객체의 영상:  $Mb(x, y)$ 이 출력된다.

### 2.3 추출한 이동 객체의 분류 방법

추출한 이동 객체를 분류하기 위해 HoG알고리즘과 SVM을 이용하여 이동 객체의 특징을 블록화 하여 인식하고 신체 모델을 생성함으로써 축사에서 사람과 소 그리고 차량을 분류하는 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 먼저, HoG알고리즘을 이용하여 이동 객체의 특징을 추출한다. HoG알고리즘은 국소 영역에 대한 밝기의 분포방향을 히스토그램으로 얻어 이를 특징 벡터로 나타내는 것으로서 객체의 구조 정보로 사용된다. 본 논문에서의 HoG알고리즘의 적용 과정은 다음과 같다. 먼저, 추출한 이동 객체 영상의 에지를 간단한 Centered(-1, 0, 1)마스크를 이용하여 구한다. 영상의 에지를 구하는 과정은 다음 식 2와 같다.

$$\begin{aligned} d_x(x, y) &= Mb(x+1, y) - Mb(x-1, y) \\ d_y(x, y) &= Mb(x, y+1) - Mb(x, y-1) \end{aligned} \quad (2)$$

다음, 추출한 에지에 대한 기울기의 크기와 방향을 구하는 과정은 다음 식 3과 같다.

$$\begin{aligned} m(x, y) &= \sqrt{d_x(x, y)^2 + d_y(x, y)^2} \\ \theta(x, y) &= \tan^{-1} \frac{d_y(x, y)}{d_x(x, y)} \end{aligned} \quad (3)$$

여기서  $m(x, y)$ 는  $x, y$  좌표에서 기울기의 크기를 나타내며,  $\theta(x, y)$ 는  $x, y$  좌표에서 기울기의 방향을 나타낸다. 다음,  $m(x, y)$ 의 변화와  $\theta(x, y)$ 를 이용하여 히스토그램을  $8\text{pixel}$ 의 셀마다 하나씩 만들고,  $0^\circ \sim \pm 180^\circ$ 를  $20^\circ$  간격으로 9등분 하여 히스토그램을 작성한다. 각 히스토그램은 블록 단위로 정규화 하며 각 블록은  $2 \times 2$ 셀이 겹치는 형식으로 이루어진다. 본 논문에서의 입력영상을  $7 \times 15$ 블록으로 구분하여 벡터:  $\mathbf{V}$ 를 구하면 총 특징 정보는 3780개가 출력된다. 모든 특징 정보는  $\mathbf{V}$ 의 원소  $\mathbf{V} = (\mathbf{V} \ni n, n = 1, 2, 3, \dots, 3780)$ 이며 SVM 분류기의 입력데이터로 사용하기 위한 특징 벡터이다. 추출된 특징 벡터는 SVM을 이용하여 학습한다. 본 논문에서는 학습 데이터를 작성하기 위해 사람(얼굴, 몸통, 다리 블록), 소(얼굴, 몸통, 다리 블록), 차량 블록 각 500개, 총 3500개의 다양한 영상을 학습하였다. 분류 대상은 다음 식 4와 같다.

$$\text{Segmentation Object} = \begin{cases} \text{Human}(H_f, H_b, H_l) \\ \text{Cow}(C_f, C_b, C_l) \\ \text{Car}(Car_b, Car_l) \end{cases} \quad (4)$$

여기서  $\text{Human}(H_f, H_b, H_l)$ 은 사람의 얼굴, 몸통, 다리를 나타내며,  $\text{Cow}(C_f, C_b, C_l)$ 는 소의 얼굴, 몸통, 다리를 나타내고,  $\text{Car}(Car_b, Car_l)$ 는 차의 몸통과 바퀴를 나타낸다. 마지막으로 이동 객체의 블록을 이용하여 신체 모델을 생성하고 사람과 소 그리고 차량을 분류한다.

### 3. 실험 및 결과 고찰

본 논문에서 사용한 입력 영상은 축사 내 설치된 CCTV로부터 실시간 입력 받은  $768 \times 576$ 해상도의 RGB컬러 영상이다. 입력 영상에 Adaptive GMM알고리즘을 이용하여 축사 내부의 이동 객체를 추출하고, HoG알고리즘과 SVM을 이용하여 이동 객체의 구조적 특징을 블록

별로 추출한다. 추출한 특징 블록을 이용하여 신체 모델을 생성함으로써 축사 내 이동 객체를 분류한다.



(a-d): 축사 내 사람의 분류, (e-h): 축사 내 소의 분류  
**<그림 2> 축사 내 이동 객체 분류 실험 결과**

### 4. 결 론

본 논문에서는 비전을 기반으로 축사에서 이동 객체를 분류하는 방법을 제안하였다. 제안한 방법은 CCTV의 입력 영상을 분석하여 축사 내부의 이동 객체가 사람, 소 또는 차량인지 분류 할 수 있음을 보였다. 또한, 향후 축사 내부의 다양한 상황을 인지하는 축사 감시 시스템으로 발전 할 수 있을 것이다.

**감사의 글:** 본 연구는 2015년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단(과제번호: NRF-2015R1A2A2A05001610)과 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP)(No. 20144030200590)의 지원을 받아 수행한 연구입니다.

### [참 고 문 헌]

- [1] A. S. Voulodimos, C. Z. Patrikakis, A. B. Sideridis, V. A. Ntakis and E. M. Xylouri, "A complete farm management system based on animal identification using RFID technology," *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 2, No. 70, pp. 380-388, 2010.
- [2] S. M. C. Porto, C. Arcidiacono, A. Giummarra, U. Anguzza and G. Cascone, "Localisation and identification performances of a real-time location system based on ultra wide band technology for monitoring and tracking dairy cow behaviour in a semi-open free-stall barn," *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 108, pp. 221-229, 2014.
- [3] R. Khan, A. Hanbury, J. Stöttinger and A. Bais, "Color based skin classification," *Pattern Recognition Letters*, Vol. 33, No. 2, pp. 157-163, 2012.
- [4] Z. Zivkovic, "Improved Adaptive Gaussian Mixture Model for Background Subtraction," *International Conference on Pattern Recognition ICPR*, Vol. 2 pp. 28-31, 2004.
- [5] C. Turner, H. Knobloch, J. Richards, P. Richards, T. T. Mottram, D. Marlin, and M. A. Chambers, "Development of a device for sampling cattle breath," *Biosystems Engineering*, Vol. 112, No. 2, pp. 75-81, 2012.
- [6] Y. Pang, Y. Yuan, X. Li and J. Pan, "Efficient HOG human detection," *Signal Processing*, Vol. 91, No. 4, pp. 773-781, 2011.