

## 수퍼픽셀을 이용한 동영상에서의 전경 객체 검출

남진우, 양승준, \*고은진, \*장종현, 심재영  
UNIST, \*ETRI 실감감성플랫폼연구팀

junimnjw@unist.ac.kr, syang@unist.ac.kr, \*ejko@etri.re.kr, \*jangjh@etri.re.kr,  
jysim@unist.ac.kr

### Superpixel based foreground object detection from a video sequence

Jinwoo Nam, Seungjoon Yang, \*Eunjin Ko, \*Jonghyun Jang, Jae-Young Sim  
UNIST, \*ETRI

#### 요 약

본 논문에서는 고정된 카메라로 촬영한 동영상에서 수퍼픽셀(superpixel)을 이용하여 전경 객체 영역을 효과적으로 검출하는 기법을 제안한다. 기존의 픽셀 기반 전경 객체 검출 기법들은 단위 픽셀에 대한 전/배경 판단을 수행하므로 실제 전경 객체 영역에 대한 정확한 검출이 어려운 단점을 지닌다. 수퍼픽셀은 성질이 유사한 픽셀들의 집합을 의미하며 영상의 과도한 분할에 주로 사용되었다. 본 논문에서는 이러한 수퍼픽셀을 이용하여 동영상의 각 프레임을 과도 분할하고, 분할된 각각의 수퍼픽셀을 전경 객체와 배경의 판단 단위로 이용한다. 제안하는 알고리즘을 적용하여 실험한 결과 기존의 픽셀 단위 검출 기법에서 나타났던 오검출을 줄임과 동시에 전경 객체의 형태를 보다 충실하게 검출함을 확인 할 수 있다.

#### 1. 서론

최근 카메라 네트워크에 기반한 감시 카메라 시스템 및 보안 솔루션에 대한 연구가 점차 확대되고 있다. 이에 따른 영상의 제작과 보급이 원활이 이루어 지면서 대용량 영상 데이터의 압축에 대한 연구가 큰 관심을 받고 있다. 영상 정보를 분석하여 관심 있는 전경 객체를 배경과 분리하는 기술은 영상의 분석을 위해 필요할 뿐만 아니라 객체 기반의 대용량 영상 데이터를 압축하는 데에도 필요한 기술이다.

전경 객체 검출은 시간적으로 연속하는 프레임들에서 고정된 배경으로부터 움직이는 전경 객체들을 분리하는 기법으로 많은 연구들이 이루어져 왔다. Elgammal 등은 시간의 흐름에 따른 각 픽셀의 밝기값의 변화를 비모수 추정법(nonparametric method)으로 확률 모델링하여 전경 객체를 검출하였다 [1]. Li 등은 각 픽셀에서의 색상과 기울기, 픽셀 간의 상호 연관성들을 하나의 특징 벡터(feature vector)로 종합하고 이에 대한 Bayesian 모델링을 적용하여 전경 객체 검출을 시도하였다 [2]. McHugh 등은 기존의 전경 검출법에서 배경에 대한 확률 모델링이 주로 이루어진 것을 보완하여 영상의 시간적인 에르고딕 성질(ergodicity)을 만족하는 전경 모델링 기법을 제안하였다 [3].

하지만 기존의 픽셀 기반 전경 객체 검출 기법들은 픽셀 단위의 확률적 모델링에만 의존하기 때문에 전경 객체 추출의 정확도가 떨어지는 단점을 지닌다. 우선, 시간에 따른 픽셀의 밝기 차이를 단순히 고려하여 전경과 배경을 구별하는 방식은 밝기차에 대한 임계값에 따라 결과가 크게 달라진다. 또한, 시간의 흐름에 따른 조명의 변화와 바람에 움직이는 나뭇가지와 같이 배경이지만 전경으로 오검출되는 영역은 전경 객체 정확도를 저하시킨다. 이러한 오검출을 줄이기 위해서 픽셀 단위의 확률적 모델링 외에 마코프 랜덤 필드(Markov

random field)에 기반하여 한 픽셀과 주변 픽셀의 유사도를 모델링하여 전경 객체 검출에 활용할 수 있다.

본 논문에서는 앞서 언급한 기존 픽셀 기반의 전경 검출 기법들이 가지고 있는 문제점을 해결하여 의미있는 전경 객체를 보다 정확하게 검출하는 알고리즘을 제안한다. 먼저 동영상의 각 프레임을 수퍼픽셀(superpixel)에 기반하여 과도 분할(over-segmentation)한다. 수퍼픽셀은 유사 성질을 가진 인접 픽셀들의 집합을 의미한다. 각 수퍼픽셀에 속하는 픽셀들에 대해 확률 모델링을 통한 전/배경 판단을 수행한 다음, 최종 영역 판단을 수퍼픽셀 단위로 수행한다. 수퍼픽셀이 전경 객체의 영역을 잘 나타내기 때문에, 전경 객체의 형태를 보다 정확하게 추출할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 절에서는 기존 전경 객체 검출법에서 활용되는 MAP-MRF 기반의 확률 모델링에 대해 설명한다. 3 절에서는 수퍼픽셀을 전경 객체 검출에 적용하는 과정에 대해 설명한다. 4 절에서는 제안한 기법의 성능을 실험을 통해서 확인한다. 마지막으로 5 절에서는 본 논문에 대한 결론을 맺는다.

#### 2. 확률적 전/배경 모델링.

동영상에서의 전경과 배경의 분리를 위해서는 확률적 배경 모델링 기법이 주로 사용된다 [3][4]. 시간  $t$  에서 2 차원 영상을 랜덤 필드로 보고, 랜덤 변수(random variable)을  $Y^t$  라고 하자. 관찰된 랜덤 변수의 값을  $D^t$  라고 정의하면  $Y^t$  의 사후 확률(a posterior probability)  $P(Y^t | D^t)$  은 베이즈 룰(Bayes rule)에 의해 사전 확률(a priori probability)  $P(Y^t)$  와 우도(likelihood)  $P(D^t | Y^t)$  으로 표현된다.

$$P(Y^t | D^t) = \frac{P(D^t | Y^t)P(Y^t)}{P(D^t)}$$

만약 사전 확률을 고려하지 않는다면, 최대 사후 확률 (maximum a posterior probability)을 구하는 문제는 최대 가능성 (maximum likelihood)을 추정하는 것으로 근사화 될 수 있으며 이는 조건부 확률을 통해 구할 수 있다.

예를 들어, 연속하는 프레임 가운데  $k$  번째 프레임의 픽셀  $n$  에서의 밝기값을  $I^{(k)}[n]$  로 정의하고, 가까운 프레임들의 수를  $N$  이라고 한다면, 픽셀  $n$  에서 배경  $B$  에 대한 조건부 확률  $P(I^{(k)}[n] | B)$  은 다음과 같다.

$$P(I^{(k)}[n] | B) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N G(I^{(k)}[n] - I^{(k-i)}[n])$$

이 식에서의  $G$  는 평균이 0 이고 분산이  $\sigma^2$  인 가우시안(Gaussian) 확률 분포를 나타낸다. 픽셀  $n$  에서의 전경 객체 검출은 해당 픽셀에 대한 배경  $B$  에 대한 조건부 확률  $P(I^{(k)}[n] | B)$  과 전경  $F$  에 대한 조건부 확률  $P(I[n] | F)$  에 대한 비율 판단을 통해 이루어진다.

$$\begin{cases} \frac{P(I^{(k)}[n] | B)}{P(I[n] | F)} > \theta & \text{Background} \\ \frac{P(I^{(k)}[n] | B)}{P(I[n] | F)} \leq \theta & \text{Foreground} \end{cases}$$

이 식에서의  $\theta$  는 임계치로서 영상에 따라 사용자가 지정할 수 있다. 직관적으로 볼 때, 전경 픽셀에 인접한 픽셀들은 그들 또한 전경일 가능성이 높다고 볼 수 있다 [3]. 이러한 가정하에 해당 프레임에 대한 MRF 모델을 적용하여 결과적으로 전경 객체 검출에 있어서 오검출을 줄여주면서 전경의 경계를 부드럽게 만들어 주게 된다.

### 3. 슈퍼픽셀 기반 전경 객체 검출

기존의 픽셀 기반의 전경 객체 추출은 전경과 배경의 판단 기준이 픽셀이다. 따라서, 어떤 픽셀이 실제 전경 객체 영역에 속하지만, 확률 모델링의 결과에 따라 배경으로 판단되기도 한다. 슈퍼픽셀은 유사한 색상을 갖는 공간적으로 인접한 픽셀들의 집합을 의미한다. 주로 영상의 과도 분할에 널리 사용되어왔다. 전/배경 영역의 판단을 픽셀이 아닌 슈퍼픽셀 단위로 수행하게 되면, 원하는 전경 객체의 형태를 충실히 검출할 수 있다.

영상에서 임의의 슈퍼픽셀  $S_i$  에 포함된 전체 픽셀의 수를  $N_{S_i}$  라 정의하고, 이 가운데 전경에 해당하는 픽셀의 수를  $N_{S_i}(F)$  라 정의하자. 각  $S_i$  에서 전경 픽셀이 차지하는 비율을 임계값  $T \in [0,1]$  와 비교함으로써, 해당 슈퍼픽셀을 전경 객체 영역인지 배경인지 판단한다.

$$\begin{cases} \frac{N_{S_i}(F)}{N_{S_i}} > T & \text{Foreground} \\ \frac{N_{S_i}(F)}{N_{S_i}} \leq T & \text{Background} \end{cases}$$

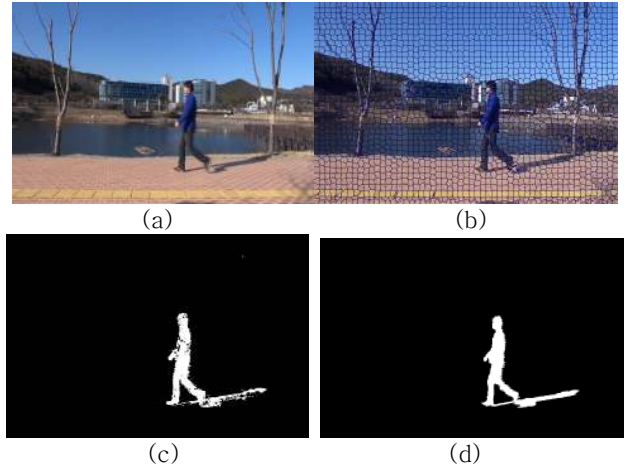


그림 1. (a)원 영상, (b)슈퍼픽셀 분할, (c)픽셀 기반 검출 결과, (d)슈퍼픽셀 기반 검출 결과.

### 4. 실험결과

제안한 알고리즘에 대한 평가를 위하여 고성능 컴퓨터를 사용하여 고정된 위치에서 일정한 시간동안 촬영한 동영상으로 실험을 수행하였다. 영상의 해상도는 720x480 이다. 그림 1 은 실험 결과이다. 그림 1(d)에 보이는 바와 같이 슈퍼픽셀 기반의 전경 객체 검출이 그림 1(c)의 픽셀 기반 검출 기법에 비해 객체의 영역을 보다 충실하게 추출함을 확인할 수 있다.

### 5. 결론

본 논문에서는 기존의 픽셀기반의 전경 객체 검출 기법에서 발생했던 오검출에 대한 문제점을 해결하기 위하여 슈퍼픽셀(super-pixel)에 기반한 확률적 전/배경 모델링을 통한 전경 객체 검출법을 제안하였다. 서로 유사성을 가지는 슈퍼픽셀을 통해 영상을 분할하고, 각 슈퍼 픽셀에 포함된 전경 객체 픽셀들의 비율을 고려하여 슈퍼픽셀 단위의 전/배경 유무를 판단하게 된다. 본 논문에서 제안한 기법을 적용한 실험결과, 기존의 픽셀기반의 검출방법에 비해 보다 전경객체의 영역에 충실한 검출 결과를 나타내었다.

### 6. 참고문헌

[1] Elgammal et al, 'Background and foreground modeling using nonparametric kernel density estimation for visual surveillance', *Proc. IEEE*, vol. 90, pp. 1151-1163, 2002

[2] L, Li., Huang, W., Gu, I., and Tian, Q.: 'Statistical modeling of complex backgrounds for foreground object detection', *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 13, no. 11, pp. 1459-1472, Nov. 2004.

[3] McHugh, J. et al., 'Foreground-adaptive background subtraction', *Proc. IEEE*, vol. 16, pp. 390-393, 2009.

[4] Migdal, J. and Grimson, W.E.L., 'Background subtraction using markov thresholds', *IEEE Workshop on Motion and Video Computing*, vol. 2, pp. 58-65, Jan. 2005,

[5] McHugh, J., 'Probabilistic Methods for Adaptive Background Subtraction.', M. S. thesis, Boston Univ, Jan. 2008.