

# 칼라와 움직임 정보를 이용한 움직이는 얼굴 영역 검출 방법

이연철<sup>0</sup>, 김은이, 박상용, 황상원, 김항준  
경북대학교 컴퓨터공학과 인공지능연구실  
(ycllee, eykim, baksang, dogdoll, kimhj)@ailab.knu.ac.kr

## Moving Face Detection using Color and Motion Information

Yeon-Chul Lee<sup>0</sup>, Eun-Yi Kim, Sang-Yong Bak, Sang-Won Hwang, Hang-Joon Kim  
Dept. of Computer Engineering, Kyungpook National University

### 요 약

본 논문은 카메라의 움직임이 있는 영상에서 움직이는 사람의 얼굴을 검출하는 방법을 제안한다. 제안된 방법에서, 얼굴 영역을 찾기 위해 피부 색깔 정보와 움직임 정보를 이용한다. 카메라의 움직임을 어파인 모션 모델(Affine Motion Model)을 이용해 제거한 후, 적응적 임계치(adaptive thresholding)를 통해 얻어진 움직임 영역 내에서만 피부 색깔 모델(skin color model)을 이용해 얼굴 영역을 검출한다. 제안된 방법은 시간에 따라 조명이 변하거나 잡음이 포함된 영상에서도 좋은 결과를 얻을 수 있다.

### 1. 서 론

사람의 얼굴을 검출하는 것은 얼굴 인식 시스템, 감시 시스템, 화상 회의등과 같은 응용 분야에서 필수 과정 중의 하나이다. 얼굴 인식 시스템에서의 첫 번째 단계는 이미지나 비디오 영상에서 얼굴 영역을 검출하는 것이다. 또한, 모델 기반 비디오 코딩에서의 합성 결과는 얼굴 특징 추출의 정확성에 상당히 의존적이다. 즉, 신뢰성 있는 얼굴 영역을 검출하는 것은 이런 응용 분야들에서는 상당히 중요한 부분이다 [1].

얼굴 영역을 추출하기 위한 많은 연구가 이루어지고 있으며, 지금까지 연구된 방법들은 신경망(neural network), 템플릿 매칭(template matching), 허프 변환(hough transform), 칼라 정보, 형태 정보, 주성분 분석(principal component analysis)등을 사용하여 얼굴 영역을 검출하였다 [2].

본 논문에서는 카메라의 움직임이 있는 영상에서 움직이는 사람의 얼굴을 검출하는 방법을 제안한다. 우선, 카메라 움직임에 의해 발생된 글로벌 모션(global motion)을 어파인 모션 모델로 보상한 후, 적응적 임계치를 통해 현재 프레임과 보상된 이전 프레임의 CDM(change detection mask) 이미지를 얻는다. 글로벌 모션 보상 단계에서 발생하는 에러를 제거하기 위해서 CDM 이미지에 모폴로지 오픈(morphological opening) 연산을 적용한 후, 수평 수직 프로파일을 통해서 움직임 영역을 검출한다. 피부 색깔 모델(skin color model)을 이용해 움직임 영역 내에서만 피부 색깔 영역을 추출한다. 그 후, 연결성 성분 분석(connected component analysis)과 사람 얼굴의 크기 정보를 이용하여 얼굴 영역을 선택한다.

### 2. 움직임 영역 발견

카메라의 움직임이 있는 연속된 두 영상에서의 움직임 발견(motion detection)은 카메라의 움직임에 의해 발생된 글로벌 모션을 보상한 후에 검출 될 수 있다. 우선 글로벌 모션(global motion)을 추정, 보상하기 위해서 어파인 모션 모델을 이용해서 표현한다 [3]. 어파인 모션 파라미터들은 LSM(Least Square Method)을 이용해 추정한다. 이 때, 최소화해야 할 에러 함수는 식 (1)과 같다.

$$E(a) = \sum_{i=1}^N \{ [v_x(x_i, y_i) - \hat{v}_x(x_i, y_i)]^2 + [v_y(x_i, y_i) - \hat{v}_y(x_i, y_i)]^2 \} \quad (1)$$

$$\hat{v}_x(x, y) = x' - x = a_1x + a_2y + a_3,$$

$$\hat{v}_y(x, y) = y' - y = a_4x + a_5y + a_6 \quad (2)$$

여기서,  $v_x$ ,  $v_y$ 는 로컬 모션 벡터(local motion vector)들이고,  $\hat{v}_x$ ,  $\hat{v}_y$ 는 글로벌 모션 벡터들이며,  $(a_1, \dots, a_6)$ 는 어파인 모션 파라미터들이다. 로컬 모션 벡터들은 Three Step Search 알고리즘을 이용하여 얻는다.

카메라의 움직임을 추정 및 보상을 통해, 움직임 영역의 검출은 연속된 두 프레임간의 밝기 차이로부터 얻어질 수 있다. 임계값을 적용하여 임계값보다 낮은 밝기 차이를 가진 부분은 변화가 없는 배경으로 구별하고, 임계값보다 큰 밝기 차이를 가진 부분은 변화가 있는 물체로써 구별하는 것이다. 이런 임계값의 선택은 획득한 영상 그 자체 뿐 아니라 시간에 따라 변하는

조명에 상당히 의존적이다. 즉, 움직임 영역 검출을 위한 임계값의 선택은 유동적으로 선택되어야 한다.

본 논문에서는 연속된 두 프레임에서 물체의 움직임을 검출하기 위한 임계값의 계산은 두 프레임에서 얻어진 밝기 차의 히스토그램이 세 개의 가우시안 분포의 혼합으로 구성되어 있다고 가정하며 [3], 이를 이용해서 가우시안 모델과 데이터 사이에서의 절대적인 차의 합이 최소가 되는 값을 임계값으로 결정한다. 임계값 선택을 위한 적합 기준 함수는 식 (3)과 같이 정의된다.

$$H(\theta) = \sum_{i=\min(d)}^{\max(d)} |P(i) - f(i)| \quad (3)$$

$$f(i) \approx \begin{cases} \frac{\phi_1}{\sqrt{2\pi\sigma_1}} e^{-\frac{1}{2}(\frac{i-\mu_1}{\sigma_1})^2}, & \min(d) \leq i < -\theta \\ \frac{\phi_2}{\sqrt{2\pi\sigma_2}} e^{-\frac{i^2}{2\sigma_2^2}}, & -\theta \leq i \leq \theta \\ \frac{\phi_3}{\sqrt{2\pi\sigma_3}} e^{-\frac{1}{2}(\frac{i-\mu_3}{\sigma_3})^2}, & \theta < i \leq \max(d) \end{cases} \quad (4)$$

여기서,  $d$ 는 두 프레임간 밝기 차의 범위이고,  $P(i)$ 는  $i$ 번째 확률 값이며,  $f(i)$ 는 세 개의 가우시안 확률 분포 값이며 식 (4) 과 같이 근사 될 수 있다.

식 (3)에서 계산된 적응적 임계값을 통해 움직임이 있는 영역과 움직임이 없는 영역으로 구별 시켜주는 이진화 영상인 CDM을 얻을 수 있으며, 식 (5)와 같이 정의된다.

$$CDM_t(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{if } |I_t(x, y) - I_{t-1}(x, y)| > \theta, \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

여기서,  $I_t(x, y)$ 와  $I_{t-1}(x, y)$ 는  $t$ 시간에서의 현재 프레임과 보상된 이전 프레임의 픽셀  $(x, y)$ 의 밝기 값이며,  $\theta$  는  $t$  시간에서의 적응적 임계값이다.

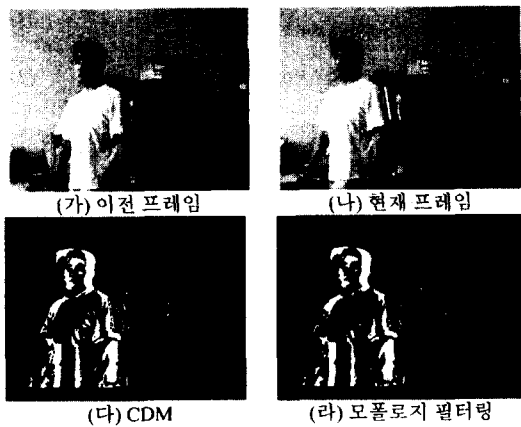


그림 1. CDM과 모폴로지 필터링

그림 1은 적응적 임계값을 사용하여 얻은 CDM을 보여주고 있다. (가)와 (나)는 카메라의 움직임이 있는 영상에서의 이전 프레임과 현재 프레임이고, (다)는 현재 프레임과 보상된 이전 프레임에서 적응적 임계값을 사용해 얻은 CDM이다. 그러나, CDM은 움직임이 없는 배경을 포함하고 있다. 이는 카메라의 움직임을 보상할 때 발생하는 에러에 의해 발생한 것이다 [4]. 이런 문제점은 모폴로지 오픈 연산을 사용함으로써 움직임 영역의 모양이나 크기에 별 다른 변화 없이 쉽게 해결할 수 있다. 그림 1의 (라)는 모폴로지 오픈 연산을 적용한 후의 CDM을 보여주고 있다.



그림 2. 수평, 수직 프로파일

움직임 영역을 발견하고 추출하기 위해, 필터링된 CDM 영상의 수평, 수직 프로파일(horizontal and vertical profile) 들이 계산하고, 프로파일의 크기를 통해 움직임 영역의 존재 여부 및 움직임 영역을 추출한다. 그림 2는 그림 1의 (라)를 수평, 수직 방향의 투영 프로파일(projection profile)들을 보여주고 있다.

그림 3은 수평, 수직 프로파일을 통해 현재 프레임에서 움직임 영역을 추출한 결과 영상이며 사각형 박스를 현재 프레임에서의 움직임 영역이다.



그림 3. 움직임 영역의 발견

### 3. 얼굴 영역 추출

얼굴 영역은 피부 색깔 모델을 이용함으로써 움직임 영역 내에서만 검출한다. 본 논문에서 사용된 피부 색깔 모델은 여러 사람들의 피부 색깔을 특징짓는 통계적인 모델이다. 그림 4는 60명의 실험 이미지로부터 얻은 사람 얼굴의 색채(chromatic) 칼라 분포이다. 그림 4에서 처럼, 사람 얼굴들의 칼라 분포는 색채 칼라 공간에서 조그만 지역에 분포되어 있고, 2D-가우시안 분포로 근사화 될 수 있다 [5]. 따라서, 피부 색깔 모델은 2D-가우시안 모델에 의해 근사화 될 수 있다. 표 1은 본 논문에서 사용된 피부 색깔 모델의 평균 및 분산 값들이다.

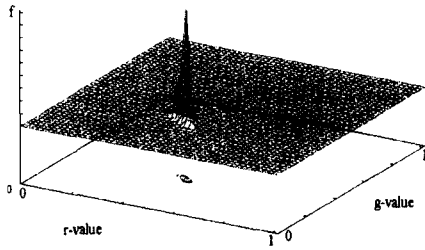
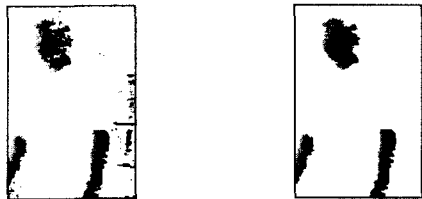


그림 4. 사람 얼굴들의 칼라 분포.

표 1. 2D-가우시안 파라미터들

Parameters	Values
$\mu_r$	117.588
$\mu_g$	79.064
$\sigma_r^2$	24.132
$\rho_{X,Y}\sigma_x\sigma_y$	-10.085
$\rho_{X,Y}\sigma_x\sigma_y$	-10.085
$\sigma_y^2$	8.748

우선, 피부 색깔 모델을 이용하여 움직임 영역내의 모든 픽셀들은 피부 색깔 성분과 비피부 색깔 성분으로 분류한다. 그러나, 피부 색깔 영역은 피부 색깔 뿐만 아니라 잡음을 포함하기 때문에 연결성 성분 분석(connected component analysis)을 이용하여 잡음을 제거하고 피부 색깔 영역 내부를 채운다. 그림 5은 피부 색깔 영역 검출 결과이다. (가)는 그림 3의 움직임 영역에서의 피부 색깔 성분들을 보여주고 있으며, (나)는 연결성 요소 분석을 통한 후의 피부 색깔 영역들이다.



(가) 피부 색깔 픽셀들 (나) 피부 색깔 영역들  
그림 5. 피부 색깔 영역 검출

그러나, 그림 5에서처럼, 움직임 영역내의 피부 색깔 영역들은 얼굴 뿐 아니라 팔과 다른 요소들을 포함할 수 있다. 진정한 얼굴 영역의 선택은 얼굴 형태의 크기 정보를 이용한다. 즉, 얼굴의 수직과 수평 크기의 비율을 이용한다. 움직임 영역 내에서만 얼굴 영역을 선택하기 때문에 이는 간단하면서도 상당히 효율적이다. 그림 6은 얼굴 영역 검출 결과이다.



그림 6. 얼굴 영역 검출 결과

#### 4. 실험 결과

제안된 방법을 평가하기 위해 카메라의 움직임이 있는 환경에서 얻은 영상들을 실험해 보았다. 입력 영상은 초당 8 프레임이고, 320x240 크기의 칼라 영상이다. 그림 7은 다양한 장소에서 얻은 칼라 영상들을 실험한 결과들이다. 제안된 방법을 142개의 칼라 영상에 실험해 보았으며, 96.2%의 정확성을 보여 주었다. 또한, 실험 영상에 가우시안 잡음을 첨가하여 실험해 보았다. 가우시안 잡음 15%까진 정확하게 얼굴 영역을 추출하였다. 이는 제안된 방법이 조명의 변화나 잡음에 강하다는 것을 보여주는 것이다.



그림 7. 다양한 장소에서의 얼굴 영역 검출 결과

#### 5. 결론

본 논문은 카메라의 움직임이 있는 칼라 영상에서 움직임이 있는 사람의 얼굴 영역을 추출하는 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 움직임 영역 내에서만 피부 색깔 모델을 이용하여 얼굴 영역을 찾음으로써 계산량 절약과 더 정확한 결과를 얻을 수 있었다. 또한, 제안된 방법은 적응적 임계치를 사용함으로써 영상에서의 조명의 변화 뿐 아니라 잡음에 강함을 보였다. 현재, 우리 여러 사람의 얼굴을 발견하고 이를 추적하는 시스템을 연구, 개발 중에 있다.

#### 참고 논문

- [1] K.W. Wong, K.M. Lam, W.C. Siu, "An efficient algorithm for human face detection and facial feature extraction under different conditions," Pattern Recognition, pp.1993-2004, 2001.
- [2] D. Maio, D. Maltoni, "Real-time face location on gray-scale static images," Pattern Recognition, pp.1525-1539, 2000.
- [3] 이연철, 김은이, 황상원, 김항준, "동영상에서의 물체의 움직임 검출 방법," 한국신호처리시스템학회 2000 추계 학술대회 논문집, pp.137-140, 2000.
- [4] Murry D., Basu A., "Motion tracking with an active camera," IEEE Trans. PAMI, pp.256-258, 1994.
- [5] S.H Park, E.Y. Kim, S.W. Hwang, Y.C. Lee, H.J. Kim, "Face Detection for security system on the internet," ICCE, pp.276-277, 2001.