

피부색과 가변 경계마스킹 필터를 이용한 원거리 얼굴 검출 개선 방법

정회원 이 동 수*, 종신회원 염 석 원*, 김 신 환*

Improved face detection method at a distance with skin-color and variable edge-mask filtering

Dong-Su Lee* *Regular Member*, Seokwon Yeom*^o, Shin-Hwan Kim* *Lifelong Members*

요 약

원거리에서의 획득한 영상은 해상도가 낮고 블러링과 잡음에 의한 영향이 크다. 이러한 문제점들은 얼굴 검출 과정에서 보다 많은 오류영역을 산출할 수 있다. 본 논문에서는 AdaBoost 필터와 얼굴의 색상과 외형 정보를 이용한 순차적인 검증 단계를 적용한 얼굴 검출 방법을 제안한다. AdaBoost 방법으로 검출된 오류(false alarm)는 피부색 필터와 가변 경계마스킹 필터로 순차적으로 제거된다. 피부색 필터는 사각 윈도우 영역과 화소 별로 적용되는 두 단계로 구성되어 최종적으로 이진 얼굴 클러스터 영상을 구성한다. 기존의 고정된 경계마스킹 필터의 단점을 해결하기 위하여 얼굴 클러스터영역에 부합하는 타원을 추정하여 경계마스킹의 크기를 산출하고 가로-세로 비율의 적정성을 검토한다. 실험에서는 CCTV와 스마트 폰으로 획득한 영상을 이용하여 제안된 얼굴 검출 방법이 원거리에서 획득한 영상의 얼굴 검출에 효과적임을 보인다.

Key Words : face detection, AdaBoost filter, skin-color test, variable edge-mask, long distance

ABSTRACT

Face detection at a distance faces is very challenging since images are often degraded by blurring and noise as well as low resolution. This paper proposes an improved face detection method with AdaBoost filtering and sequential testing stages with color and shape information. The conventional AdaBoost filter detects face regions but often generates false alarms. The face detection method is improved by adopting sequential testing stages in order to remove false alarms. The testing stages comprise skin-color test and variable edge-mask filtering. The skin-color filtering is composed of two steps, which involve rectangular window regions and individual pixels to generate binary face clusters. The size of the variable edge-mask is determined by the ellipse which is estimated from the face cluster. The validation of the horizontal and vertical ratio of the mask is also investigated. In the experiments, the efficacy of the proposed algorithm is proved by images captured by a CCTV and a smart-phone

I. 서 론

최근 CCTV 시스템은 보안과 감시를 위하여 설치

와 활용이 증가하고 있다. 그러나 CCTV로 획득한 영상의 분석은 일반적으로 전문적인 인력에 의하여 수동적으로 수행되므로 시간과 자원이 소모가 크다^[1].

※ 본 연구는 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초과학연구사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2011-0003853)

* 대구대학교 정보통신공학부(yeom@daegu.ac.kr), (° : 교신저자)

논문번호 : KICS2011-12-628, 접수일자 : 2011년 12월 22일, 최종논문접수일자 : 2012년 1월 27일

또한 원거리에서 얼굴 인식은 포즈와 표정의 변화에 의하여 발생하는 기존의 어려움뿐만 아니라 저해상도, 블러링(blurring)과 잡음에 의해서 발생하는 화질의 저하를 극복해야 한다^{2,31}. 일반적으로 얼굴 검출을 위하여 AdaBoost 알고리즘을 사용할 수 있다^{4,51}. 그러나 AdaBoost 방법은 얼굴이 아닌 영역을 다수 포함하여 오류(false alarm)을 제거하기 위한 방법이 연구되어 왔다⁶⁻⁸¹.

본 논문에서는 순차적인 검증 단계를 AdaBoost 필터와 함께 사용하여 얼굴 검출 방법을 개선한다. 얼굴 검증 단계는 피부색 필터와 가변 경계 마스크 필터로 이루어져 있다. 피부색 필터는 얼굴의 색상정보를 활용하고^{6,7,91} 가변 경계 마스크 필터는 얼굴 형태(shape)에 따른 마스크를 이용하여 오류 영역을 제거한다. 본 논문의 피부색 필터는 Adaboost필터에 의하여 검출된 얼굴 후보 윈도우 영역과 윈도우 영역 내의 개별 화소에 대하여 적용되는 두 단계로 구성되어 얼굴 영역의 이진 클러스터를 산출한다. 얼굴 경계 마스크의 활용은 [10]에서 연구되었지만 본 논문에서는 기존의 고정된 마스크의 문제점을 해결하기 위하여 가변 마스크 방법을 제안한다. 가변 마스크는 추출된 얼굴 영역의 이진 클러스터의 Chi-square 확률 분포를 이용하여 타원을 추정하고 타원의 크기에 따라서 마스크의 크기를 가변적으로 조정하는 방법이다. 또한 마스크의 가로와 세로 크기 비율의 유효성을 검토한다. 최종적인 얼굴영역은 피부색 테스트를 통과한 얼굴 후보 윈도우의 에지영상과 가변마스크의 상관으로 결정한다. 실험 및 시뮬레이션에서는 CCTV와 스마트폰으로 원거리에서 얼굴 영상을 획득하여 제안된 방법이 AdaBoost 방법으로 검출된 오류를 효과적으로 제거할 수 있음을 보인다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 원거리에서의 얼굴 검출 방법을 소개하고 3장에서는 제안된 방법을 이용하여 얼굴 검출 실험 결과를 보여준다. 그리고 4장에서 결론으로 끝을 맺는다.

II. 원거리 얼굴 검출 방법

제안된 얼굴 검출 시스템은 AdaBoost 필터, 피부색 필터, 가변 경계마스크 필터 테스트로 구성된다. 먼저 얼굴 후보 영역을 추출하기 하기 위하여 AdaBoost 필터가 수행된다. 그리고 피부색 필터와 가변 경계마스크 필터는 AdaBoost 필터에서 검출된 얼굴 후보 영역 중에 얼굴이 아닌 오류 영역을 제거한다. 그림 1은 제안된 얼굴 검출 방법에 대한 전체 흐름도를 보여준다.

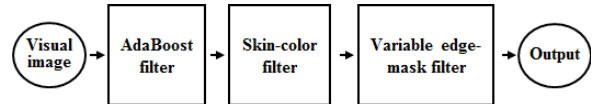


그림 1. 제안된 얼굴 검출 방법의 전체 흐름도
Fig. 1. Block diagram of the proposed face detection method.

2.1. AdaBoost 필터

AdaBoost 필터는 신뢰할 수 있는 얼굴 검출기로 널리 알려져 있다⁴¹. AdaBoost 학습 알고리즘은 약한 분류기로부터 강한 분류기를 획득하는 과정이다. 약한 분류기 학습 알고리즘은 얼굴 영역과 비 얼굴 영역으로 잘 분리된 단일 사각 특징(rectangle feature)을 선택하기 위해서 설계한다.

표 1. AdaBoost 학습 알고리즘
Table 1. AdaBoost training algorithm.

<ol style="list-style-type: none"> 1. 학습에 필요한 데이터를 다음과 같이 $(x_1, y_1), \dots, (x_N, y_N)$로 구성한다. 여기서 x_N은 학습 데이터이고 x_i에 따라서 $y_i = +1$가 일 경우는 얼굴 영상이고 $y_i = -1$일 경우는 얼굴이 아닌 영상이다. 2. $y_i = +1, -1$에 대해서 가중치 $w_1(i) = 1/2m, 1/2l$을 초기화한다. 여기서 m과 l은 각각 얼굴이 아닌 영상과 얼굴 영상의 개수이다. 3. $t = 1, \dots, T$: <ol style="list-style-type: none"> 가) 가중치를 정규화한다. $w_t(i) = \frac{w_t(i)}{\sum_{j=1}^N w_t(j)}$ 각각의 특징점 j에 대해서 분류기(classifier) h_j을 학습시킨다. 각각의 에러는 $\epsilon_j = \sum_{i=1}^N w_i h_j(x_i) - y_i$으로 계산된다. 나) 최저의 에러 값 ϵ_t를 가지는 분류기를 선택한다. 다) 가중치를 갱신한다. $w_{t+1}(i) = w_t(i) \beta_t^{1 - \epsilon_i}$ <p>여기서 만약 영상 x_i가 정확하게 분류되었다면 $\epsilon_i = 0$ 그렇지 않으면 $\epsilon_i = 1$이다. 그리고 $\beta_t = \epsilon_t / (1 - \epsilon_t)$이다.</p> 4. 최종적으로 결정되는 강한 분류기는 다음과 같다.

$$H(x) = \begin{cases} 1, & \sum_{t=1}^T \alpha_t h_t(x) \geq \frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \alpha_t \\ -1, & \text{otherwise} \end{cases}$$

여기서 $\alpha_t = \log \frac{1}{\beta_t}$ 이다.

얼굴 검출의 수행 시간을 줄이기 위하여 Cascade 방법을 이용하여 수행한다. 그림 2는 AdaBoost 필터를 이용한 얼굴 검출 과정을 보여준다.

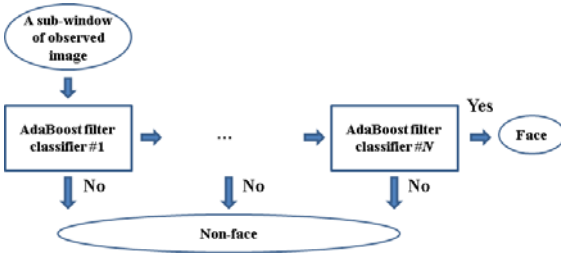


그림 2. AdaBoost 필터를 이용한 얼굴 검출 과정
Fig. 2. Face detection procedure using AdaBoost filtering.

2.2. 피부색 필터

AdaBoost 필터에 의해서 선택된 얼굴 후보 영역은 얼굴의 피부색을 검증하기 위하여 테스트된다. 얼굴의 색상 정보는 AdaBoost 필터에 의하여 검출된 사각 윈도우 영역의 평균과 윈도우 영역내의 각 화소별로 검증되어 이진 클러스터 영상을 구성한다. 윈도우 영역 테스트에서 다음 식(1)의 조건을 만족하지 못하는 사각 윈도우는 오류로 간주되어 제거된다.

$$\begin{cases} \{m_r > \epsilon_r\} \cap \{m_g > \epsilon_g\} \cap \{m_b > \epsilon_b\} \cap \\ \{m_r > m_g\} \cap \{m_r > m_b\} \cap \\ \{\max(m_r, m_g, m_b) - \min(m_r, m_g, m_b) > \epsilon_d\} \end{cases} \quad (1)$$

위의 식에서 m_r, m_g, m_b 는 각각 후보 윈도우 영역의 Red, Green, Blue 성분의 평균을 나타낸다. 그리고 $\epsilon_r, \epsilon_g, \epsilon_b, \epsilon_d$ 는 피부색을 결정하는 문턱치이다. 기호 “ \cap ”는 각 연산자의 논리곱을 나타낸다. $\epsilon_r, \epsilon_g, \epsilon_b, \epsilon_d$ 는 각각 실험에서 95, 40, 20, 15로 정한다. 피부색 필터를 통과한 윈도우 영역에 대해서 각 화소별로 피부색을 검증하여 이진 클러스터 영상을 구성한다. 이진 클러스터 영상은 다음 식(2)의 화소별 피부색 필터로 결정된다. 식(2)을 통과하는 화소는 1이고 통과하지 못하는 화소는 0의 값을 할당한다.

$$\begin{cases} \{I_r(j) > \epsilon_r\} \cap \{I_g(j) > \epsilon_g\} \cap \{I_b(j) > \epsilon_b\} \cap \\ \{I_r(j) > I_g(j)\} \cap \{I_r(j) > I_b(j)\} \cap \\ \left\{ \begin{aligned} &\max(I_r(j), I_g(j), I_b(j)) - \\ &\min(I_r(j), I_g(j), I_b(j)) > \epsilon_d \end{aligned} \right\} \end{cases} \quad (2)$$

위의 식에서 $I_r(j), I_g(j), I_b(j)$ 는 윈도우 영역 내의 j 번째 화소의 Red, Green, Blue 성분을 나타낸다.

2.3. 가변 경계마스크 필터

가변 경계마스크 필터는 피부색 필터에서 선택된 얼굴 후보 영역에서 대해서 얼굴 형태를 고려한 마스크를 이용하여 얼굴 영역을 검증한다. 그림 3은 가변 경계마스크 필터를 이용한 테스트 과정의 흐름도이다.

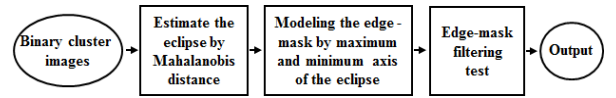


그림 3. 가변 경계마스크 필터 테스트의 전체 흐름도
Fig. 3. Block diagram of the variable edge-mask filtering test.

이진 클러스터 영상을 이용한 타원(ellipse) 추정 은 중심으로부터 바깥 테두리까지의 마할라노비스 거리(Mahalanobis distance)를 이용하여 계산한다. 먼저 이진 클러스터 영역의 화소 값이 1인 좌표로부터 2차원 열벡터 $\mathbf{x}_j = [x_j, y_j]^t$ 을 구성한다. 여기서 x_j 와 y_j 는 각각 j 번째 화소의 x 와 y 축 좌표 값이다. 이진 클러스터의 중심은 평균 벡터(\mathbf{m}_x)를 이용하여 계산한다.

$$\mathbf{m}_x = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \mathbf{x}_j \quad (3)$$

이진 클러스터의 공분산 행렬(Σ_{xx})은 좌표 벡터와 평균 벡터를 이용하여 식(4)와 같이 계산한다^[11].

$$\Sigma_{xx} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (\mathbf{x}_j - \mathbf{m}_x)(\mathbf{x}_j - \mathbf{m}_x)^t \quad (4)$$

위의 식에서 n 은 윈도우 영역 안에서 식(2)을 통과한 화소 값이 1인 이진 클러스터 영상의 화소 수이고 t 는 전치 행렬을 나타낸다. 주성분 분석은 공분산 행렬의 고유값(eigenvalue) 행렬($\Lambda = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 \\ 0 & \lambda_2 \end{bmatrix}$, $\lambda_1 > \lambda_2 > 0$)과 고유벡터(eigenvector) 행렬($\mathbf{E} = [\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2]$)을 이용하여 계산된다. 마할라노비스 거리(Δ)는 평균 벡터와 공분산 행렬을 이용하여 계산할 수 있으며 $\Delta \sim \chi_2^2$ 로

가정하여 90%의 신뢰구간(confidence interval)에서 Chi-square 역 누적 분포 함수(cumulative distribution function, CDF)로 타원을 추정한다^[12].

$$\Delta = (\mathbf{x}_j - \mathbf{m}_x)^t \Sigma_{xx}^{-1} (\mathbf{x}_j - \mathbf{m}_x) \quad (5)$$

가변 경계마스크는 마할라노비스 거리와 Chi-square 분포에 따른 타원의 장축(l_{max})과 단축(l_{min})을 구하고 장축과 단축의 크기에 따라서 경계마스크의 크기를 모델링한다.

$$l_{max} = k\sqrt{\lambda_1} \quad (6)$$

$$l_{min} = k\sqrt{\lambda_2} \quad (7)$$

위의 식에서 k 는 Chi-square 분포의 CDF를 90%로 하는 상수이다. 따라서 가변 경계마스크는 l_{max} 와 l_{min} 을 두 변으로 그림 4와 같이 구성한다.

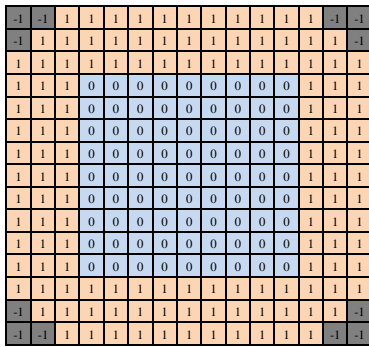


그림 4. 가변 경계마스크의 예($l_{max} = l_{min} = 15$)
Fig. 4. Variable edge-mask sample.

또한 가변 경계마스크는 실제 얼굴 비율을 고려하여 가로와 세로 비율을 식(8)과 같이 제한한다.

$$\frac{l_{max}}{l_{min}} < 1.5 \quad (8)$$

그러므로 가변 경계마스크는 검출된 이진 클러스터의 크기에 따라서 가변적인 크기의 경계마스크를 사용하여 얼굴 검출이 가능하다. 또한 가변 경계마스크의 가로와 세로의 비율을 실제 얼굴의 형태를 고려하여 제한 할 수 있다. 그림 5는 가변 경계마스크를 추출하는 과정을 보여준다.

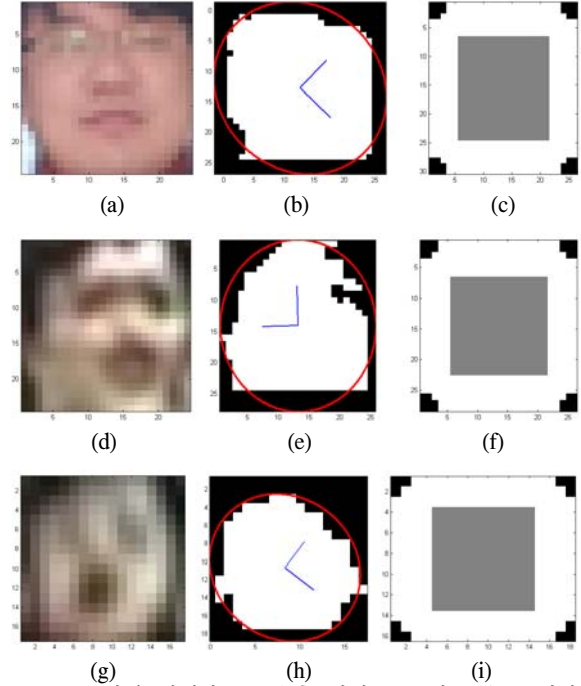


그림 5. 가변 경계마스크 추출 과정, (a) 얼굴 후보 영역, (b) 이진 클러스터 영상과 추정된 타원, (c) 가변 경계마스크, (d) 얼굴 후보 영역, (e) 이진 클러스터 영상과 추정된 타원, (f) 가변 경계마스크, (g) 얼굴 후보 영역, (h) 이진 클러스터 영상과 추정된 타원, (i) 가변 경계마스크.

Fig. 5. Variable edge-mask design process, (a) face candidate region, (b) binary cluster image and the estimated ellipse, (c) variable edge-mask, (d) face candidate region, (e) binary cluster image and the estimated ellipse, (f) variable edge-mask, (g) face candidate region, (h) binary cluster image and the estimated ellipse, (i) variable edge-mask.

가변 경계마스크 필터에 의한 얼굴 검증 테스트는 윈도우 영역내의 검출된 에지 영상과 마스크와의 상관으로 결정되며 다음 식(9)의 조건을 만족한다.

$$\sum_{j=1}^{n_w} |h_e(j)w_e(j)| > \epsilon_e \quad (9)$$

위의 식에서 h_e 는 경계마스크이고 w_e 는 윈도우 영역의 에지 영상으로 실험에서 Canny 에지 영상검출기를 이용하였다. ϵ_e 는 가변 경계마스크 필터 테스트의 문턱치이다.

2.4. 성능 평가(performance evaluation)

오류 검출율(r_{FA})은 일반적인 AdaBoost 방법과 제안된 방법을 비교하기 위하여 식(10)과 같이 정의한다.

$$r_{FA} = \frac{\text{얼굴 영역이 포함되지 않은 윈도우 수}}{\text{전체 검출된 윈도우 수}} \quad (10)$$

얼굴 영역을 포함하는 윈도우는 얼굴이 사각윈도우의 반 이상을 점유하는 경우로 정한다.

III. 실험

실험에서는 원거리에 있는 사람의 영상을 CCTV와 스마트폰 카메라를 이용하여 획득하였다. 그림 6(a)-6(c)는 실내에서 촬영한 CCTV 영상이고 그림 6(d)와 6(e)는 실내에서 촬영한 스마트폰 카메라 영상이다. 그림 6(f)와 6(g)는 실외에서 촬영한 CCTV 영상이다.

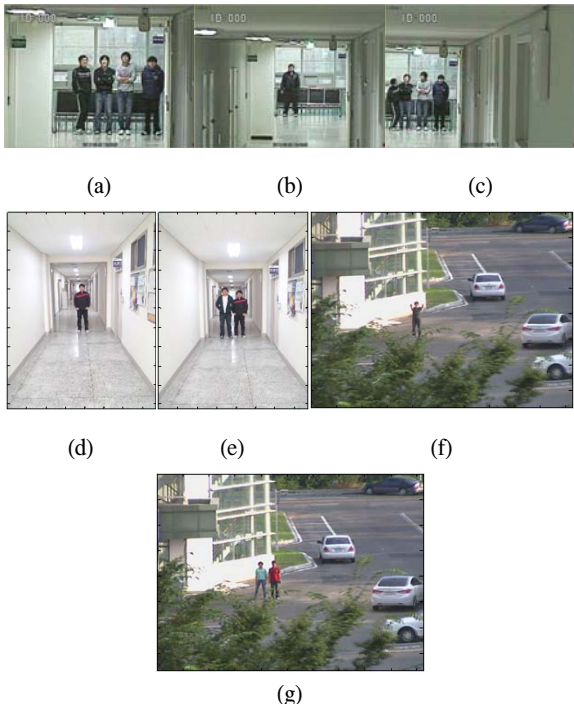


그림 6. CCTV 및 스마트폰 카메라를 이용하여 획득한 영상 샘플, (a) 테스트 영상 1, (b) 테스트 영상 2, (c) 테스트 영상 3, (d) 테스트 영상 4, (e) 테스트 영상 5, (f) 테스트 영상 6, (g) 테스트 영상 7
Fig. 6. Test images acquired by a CCTV and a smart-phone, (a) Test image 1, (b) Test image 2, (c) Test image 3, (d) Test image 4, (e) Test image 5, (f) Test image 6, (g) Test image 7.

그림 7은 제안된 방법으로 수행하는 각 단계별 얼굴 후보 영역을 보여준다. 그림 7(a)는 AdaBoost 필터에 의해서 검출된 윈도우 영역이고 그림 7(b)는 윈도우 영역의 평균을 이용한 피부색 필터를 통과한 윈도우 영역을 보여준다. 그림 7(c)는 Canny 경계 검출 방법으로 획득한 경계 영상이고 그림 7(d)는 가변 경계마스크 필터에 의해서 검출된 윈도우 영역이다.

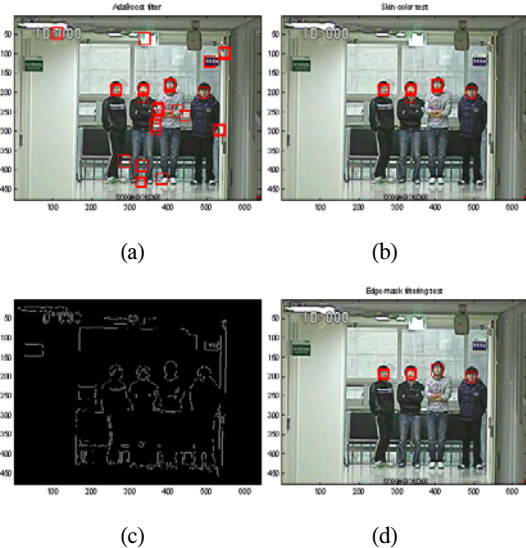


그림 7. 테스트 영상 1 실험 결과(실내 CCTV), (a) AdaBoost 필터, (b) 피부색 필터(윈도우 영역 테스트), (c) 그림 7(a)의 경계 영상(Canny), (d) 가변 경계마스크 필터
Fig. 7. Experimental result of Test image 1 (CCTV indoor), (a) AdaBoost filter, (b) skin-color filtering (window test), (c) Canny edge image of Fig. 7(a), (d) variable edge-mask filtering test.

그림 8부터 그림 10은 일반적인 AdaBoost와 제안된 방법을 이용한 얼굴 검출 방법들에 대한 결과이다. 그림 8은 실내에서 획득한 CCTV에 의한 실험 결과(테스트 영상 2, 3)이고 그림 9는 실내에서 촬영한 스마트폰 카메라에 의한 실험 결과(테스트 영상 4, 5)이다. 그림 10은 실외에서 촬영한 CCTV에 의한 실험 결과(테스트 영상 6, 7)이다.

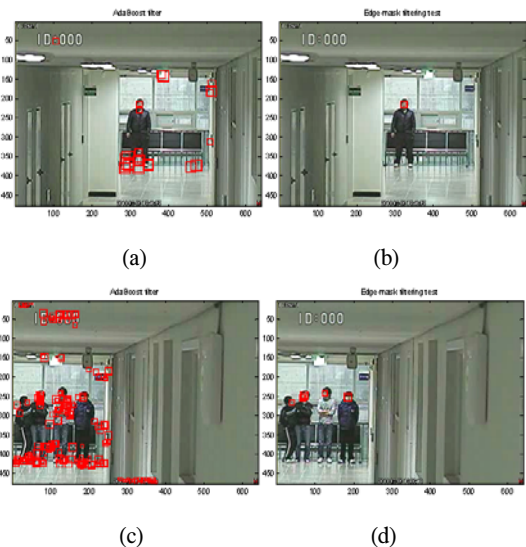


그림 8. 실험 결과(실내 CCTV), 테스트 영상 2, (a) AdaBoost 필터, (b) 제안된 방법, 테스트 영상 3, (c) AdaBoost 필터, (d) 제안된 방법
Fig. 8. Experimental results (CCTV indoor), Test image 2, (a) AdaBoost filter, (b) proposed method, Test image 3, (c) AdaBoost filter, (d) proposed method.

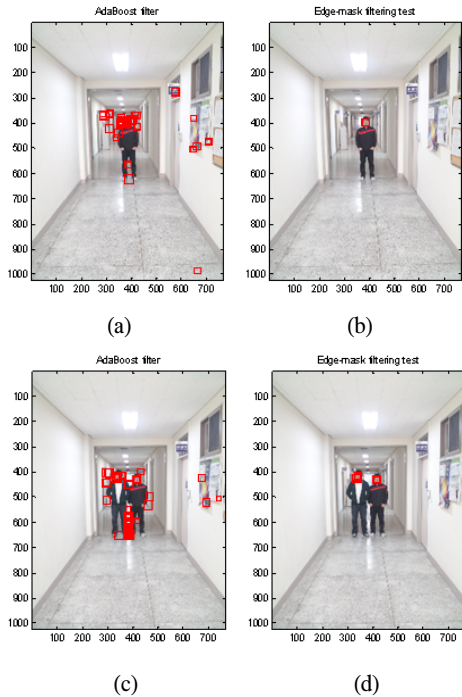


그림 9. 실험 결과(실내 스마트폰 카메라), 테스트 영상 4, (a) AdaBoost 필터, (b) 제안된 방법, 테스트 영상 5, (c) AdaBoost 필터, (d) 제안된 방법
 Fig. 9. Experimental results (smart-phone indoor), Test image 4, (a) AdaBoost filter, (b) proposed method, Test image 5, (c) AdaBoost filter, (d) proposed method.

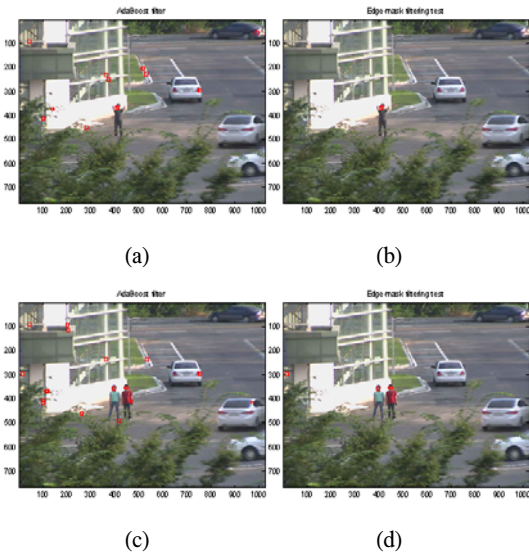


그림 10. 실험 결과(실외 CCTV), 테스트 영상 6, (a) AdaBoost 필터, (b) 제안된 방법, 테스트 영상 7, (c) AdaBoost 필터, (d) 제안된 방법
 Fig. 10. Experimental results (CCTV outdoor), Test image 6, (a) AdaBoost filter, (b) proposed method, Test image 7, (c) AdaBoost filter, (d) proposed method.

그림 11은 카메라로부터 얼굴까지의 거리에 따른 평균 l_{max} 를 나타낸다. 얼굴의 크기는 카메라 시야각이 동일한 경우 거리가 멀어질수록 작아지는 경향을 보

인다. 얼굴 영역의 크기와 더불어 잡음과 배경은 원거리 얼굴 검출에 영향을 미친다. 그림 12는 일반적인 AdaBoost 필터와 제안된 방법에 의해서 수행된 얼굴 검출의 성능 평가를 보여준다. 그림 12에서 보는 것처럼 AdaBoost 필터에 의한 오류 검출률(r_{FA})은 평균 0.827이고 제안된 방법은 평균 0.042의 오류 검출을 보인다. 따라서 제안된 방법이 일반적인 AdaBoost 필터로 검출된 오류의 94.9%를 제거함을 보인다.

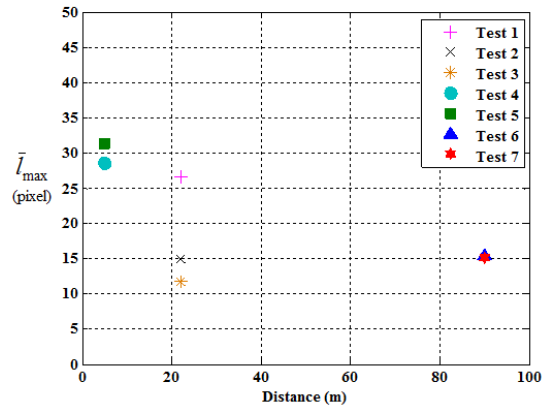


그림 11. 거리에 따른 평균 l_{max} 크기 변화
 Fig. 11. Difference of the average l_{max} size according to the distance.

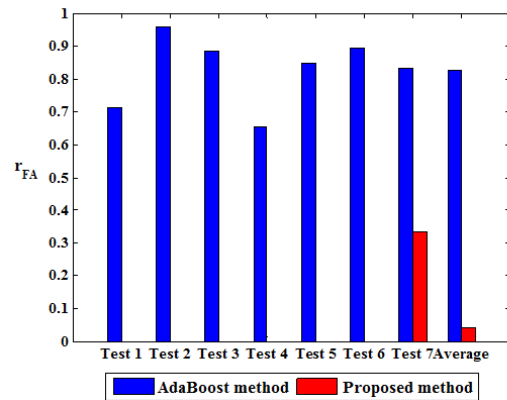


그림 12. 오류 검출율에 의한 성능 평가
 Fig. 12. Performance evaluated by the false alarm rate.

그림 13은 피부색 및 가변 경계마스킹 필터를 이용한 얼굴 검증 수행 시간에 대한 결과이다. 실험은 Intel Core i5 CPU 3.3 GHz이며 MATLAB Ver. 7.10 환경에서 구현하였다. 실험 결과 피부색 필터를 이용한 얼굴 검증 평균 수행 시간은 약 1.9초이고 가변 경계마스킹 필터를 이용한 얼굴 검증 평균 수행 시간은 약 4.5초이다. MATLAB의 수행시간은 수초가 소요되지만 C 프로그래밍 또는 전용하드웨어의 사용으로 실시간 운용이 가능하다.

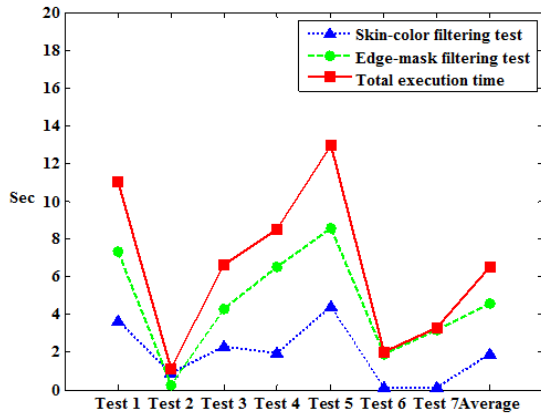


그림 13. 피부색과 가변 경계마스크 필터에 의한 얼굴 검증 수행 시간
 Fig. 13. Execution time of the skin-color and variable edge-mask filtering test.

IV. 결 론

본 논문에서 원거리에서의 획득한 영상을 위한 개선된 얼굴 검출 방법을 제안하였다. 원거리에서 획득한 영상의 얼굴 검출은 적은 해상도와 블러링과 잡음의 영향으로 어려움이 더해진다. AdaBoost 얼굴 검출은 원거리 영상에서 많은 오류를 산출하므로 이를 제거하기 위하여 얼굴의 피부색과 외형정보를 이용한 순차적인 얼굴검증 단계를 제안하였다. 피부색 필터는 윈도우 영역의 평균과 개별화소별로 적용되어 이진 클러스터 영상을 만든다. 이진 클러스터 영상으로 가변 경계마스크의 크기를 결정하고 경계마스크와 에지 윈도우 영상과의 상관으로 최종 얼굴 윈도우 영역을 결정한다. 제안된 방법은 기존 AdaBoost 필터로 산출된 오류를 94.9% 제거함을 보였다. 얼굴의 색상과 외형 정보는 얼굴의 주요한 특징이므로 얼굴 검출을 위하여 효과적으로 이용될 수 있었다. 향후 측면과 가려진 얼굴 영상의 검출을 위한 다중 프레임을 이용한 방법의 연구를 계획하고 있다.

참 고 문 헌

[1] W. Zhao, R. Chellappa, P. J. Phillips, and A. Rosenfeld, "Face recognition : a literature survey," *ACM Computing Surveys*, 35(4), pp. 399-458, December, 2003.
 [2] S. C. Park, M. K. Park, and M. G. Kang, "Super-resolution image reconstruction: a technical overview," *IEEE Signal processing*

magazine, 20(3), pp. 21-36, May, 2003.
 [3] S. Farsui, M. Elad, and P. Milanfar, "Video-to-video dynamic super-resolution for grayscale and color sequences," *EURASIP Journal of Applied Signal Processing*, pp. 1-15, January, 2006.
 [4] P. Viola and M. J. Jones, "Robust real-time face detection," *International Journal of Computer Vision*, 57, pp. 137-154, May, 2004.
 [5] M. H. Yang, D. J. Kriegman, and N. Ahuja, "Detecting faces in images: a survey," *IEEE Trans, pattern Analysis and Machine Intelligence*, 24, pp. 34-58, January, 2002.
 [6] R. Vincenzo and U. Lisa, "An improvement of AdaBoost for face-detection with motion and color information," *14th International Conference on Image Analysis and Processing, ICIAP 2007*, pp. 518-523, September, 2007.
 [7] Y.-W Wu and X.-Y Ai, "Face detection in color images using AdaBoost algorithm based on skin color information," *Knowledge Discovery and Data Mining, WKDD 2008*, pp. 339-342, January, 2008.
 [8] 김정현, 등축, 김진영, 강동중, "혼합 약한 분류기를 이용한 AdaBoost 알고리즘의 성능 개선 방법," *제어.로봇.시스템학회 논문지*, 15(5), pp. 457-464, 5월, 2009.
 [9] J. Kovac, P. Peer, and F. Solina, "Human skin color clustering for face detection," *EUROCON 2003. Computer as a Tool. The IEEE Region 8*, 2, pp. 144-148, September, 2003.
 [10] 김지성, 정지훈, 안명성, "원거리 CCTV에서 촬영된 저해상도 영상의 얼굴인식," *2010년도 신호처리합동학술대회 논문집*, 23(1), pp. 367-369, 10월, 2010.
 [11] R. C. Gonzalez, *Digital Image Processing 2/E* (Prentice-Hall Inc., 2003).
 [12] C. Bishop, *Pattern recognition and machine learning*, (Springer, 2006).

이 동 수 (Dong-Su Lee)

정회원



2007년 대구대학교 정보통신
공학부 졸업

2009년 대구대학교 정보통신
공학부 석사

2009년~현재 대구대학교 정보
통신 공학부 박사과정

<관심분야> 신호 및 영상처리, 통신공학

염 석 원 (Seok Won Yeom)

중신회원



1997년 한국전력 사원

1999년 고려대학교 전자공학과
석사

2006년 코네티컷 대학교 전자
공학과 박사

2006~2007년 코네티컷 대학
교 박사 후 연구원

2007년~현재 대구대학교 정보통신공학부 조교수

2009년~현재 Marquis Who's Who in America

<관심분야> 신호 및 영상처리, 광정보처리, 패턴인
식, Target tracking

김 신 환 (Shin-Hwan Kim)

중신회원



1975년 한국항공대학교 통신공
학과 졸업

1983년 전북대학교 전기공학과
석사

1988년 동경대학교 전자공학과
박사

1983년~현재 대구대학교 정보

통신공학부 교수

<관심분야> 영상 및 비디오 코딩, 스테레오 영상
처리