
스마트 폰에서 취득한 얼굴영상에서 아이라인 검출에 관한 연구

구하성* · 송호근**

A Study on the Eye-line Detection from Facial Image taken by Smart Phone

HaSung Koo* · HoGeun Song**

요 약

본 논문에서는 얼굴영상에서 눈과 아이라인을 추출하는 방법을 제안한다. 기존의 논문은 눈동자의 위치를 추출하는 것이 대부분이나, 본 논문에서는 눈의 위치뿐만 아니라 아이라인까지 추출함으로써 얼굴 응용분야에 다양하게 적용될 수 있다. 입력영상은 스마트폰 카메라로 정면을 찍은 얼굴 사진을 실험 자료로 하였으며, 기본적으로 영상은 1명의 얼굴로 제한하며, 배경은 어느 곳에서나 찍을 수 있고, 조명의 상태는 일정하지 않으며, 인종에 관한 제약은 없다. 제안하는 방법은 입력영상에서 Harr 분류기를 이용하여 얼굴후보영역 추출하고 얼굴 후보영역에서 눈의 위치 후보영역을 설정하였다. 눈의 후보영역에서 팽창연산을 이용하여 값이 큰 부분을 추출하고, 이 영상을 지역적인 이진화를 하여 눈과 눈썹을 분리하는 방법을 제안하였다. 그 후 Hsu가 제안한 EyemapC를 이용한 영상을 이진화하여 눈이 있는 부분과 눈이 없는 부분을 분리한 후, 그 눈의 윤곽선을 추출하고 최적타원 추정을 이용하여 아이라인을 검출하였다.

ABSTRACT

In this paper, the extract method of eye and eye-line from picture of a person is proposed. Most of existing papers are to extract the position of eyeball but in this paper, by extracting not only the position of eyeball but also eye-line, it can be applied to the face application program variously. The experimental data of the input picture is a full face photograph taken by smart phone, basically the picture is limited to the face of one person and back ground can be taken from every where and no restriction of race. The proposed method is to extract face candidate area by using Harr Classifier and set up the candidate area of eye position from face candidate area. To extract high value from eye candidate area using dilate operation, and proposed the method to classify eye and eyelash by local thresholding of the picture. After that, using thresholding image from eyemapC that Hsu's suggested, and separated the area with eye and without eye. Finally extract the contour of eye and detect eye-line using optimum ellipse estimation.

키워드

아이라인 검출, Harr 분류기, 팽창연산, 최적타원추정

Key word

eyeline detect, Harr Classifier, dilate operation, optimum ellipse estimation

* 정회원 : 한서대학교 컴퓨터정보공학과 교수

접수일자 : 2011. 08. 11

** 정회원 : 한서대학교 컴퓨터정보공학과 교수(교신저자, hksong@hanseo.ac.kr)

심사완료일자 : 2011. 09. 03

I. 서 론

영상에서 얼굴을 추출하여 인식하는 기술은 이제서 미래의 일이 아니고 많은 부분 연구가 이루어져 실제로 상용화 되고 있는 단계이다. 그러나 얼굴인식은 지문, 망막 등의 여타의 생체인식에 비해 입력기의 값이 비싸며, 타인을 자신으로 인식하는 오류와 자신을 타인으로 인식하는 오류 사이에서 적절한 지점을 찾기 어렵다는 단점이 있다. 그러므로 얼굴에서 특징점을 추출하여 수행할 수 있는 여러 가지 응용분야들이 많이 연구되어지고 있다.

대표적인 예로는 몽타주 예측, 비디오 인텍싱, 2D얼굴에서 3D얼굴변환 등이 있다. 현재 스마트폰이 급격히 대중화 되면서 스마트 폰에 장착된 카메라에서 취득한 얼굴 영상에서 얼굴 부분을 추출하여 연예인과 닮은 점을 인식하고 측정하여 점수화하거나, 얼굴의 못생긴 척도를 각종 게이시 UI를 통해 보여주기도 하며, 그 사람의 얼굴의 사주관상과 성형 후 모습을 비교해주며, 갑자기 살이 쪼 모습을 보여주는 등 여러 가지 앱들이 선풍적인 인기를 끌고 있다.

이러한 종류의 앱들은 스마트폰에서 라이브로 영상이 취득되며, 조명과 배경이 일정하지 않은 곳에서 한 사람의 얼굴을 찍게 된다. 또한, 이러한 종류의 앱들은 정확하게 얼굴의 눈,코,입들을 추출하는 것이 아니라 가이드라인을 주어 사용자가 직접 눈,코,입들을 손가락으로 터치하게 한다. 본 논문에서는 배경과 조명에 관계없이 스마트폰에 장착된 카메라로 얼굴영상을 취득한 후 눈,코,입을 정확하게 검출하여 다양한 얼굴 앱의 엔진으로 사용하고자하는 가장 첫 번째 단계로 눈과 눈의 아이라인을 정확하게 추출하고자 한다. 기존의 논문들은 눈을 추출하는 것이 대부분이나 눈과 눈의 아이라인을 같이 추출함으로써 눈화장의 자동생성 앱과 눈웃음 표정, 윙크 등의 자동생성 앱 등에도 다양하게 쓰일 수 있다.

눈과 입의 위치를 찾는 연구로는 색정보를 이용하여 얼굴, 눈 영역을 추출하고 두 눈의 대칭성을 반영하는 평가함수를 적용하여 눈을 인식하는 방법, 눈동자와 흰자위사이의 명도 분포를 반영하는 마스크를 적용하여 눈의 위치를 찾는 방법, 얼굴영역에서 정해진 제약조건을 만족하는 눈동자 한 쌍이 찾아질 때까지

문턱치(threshold)를 변화하며 이진화를 반복 수행함으로써 눈을 찾는 방법, 고유 얼굴 개념을 확장한 고유 눈(eigen eye)과 고유입(eigen mouth)을 이용하여 눈과 입을 찾는 방법이 있다[1,2,3]. 이들 연구에서는 눈을 인식하는 과정에 중점을 두고 입의 대략적 위치만을 인식하였다.

입술 형태를 찾는 연구로서 입 영역에서 에지를 구하고 사이각, 방향, 곡률(curvature)등의 조건을 조사하여 입술의 외곽선을 인식하는 방법, 색 정보를 사용하여 입술 영역을 추출하고 위와 아래 입술의 외곽선을 각각 4차와 2차 방정식으로 근사화시키는 방법, Kalman 필터와 입술 색 모델을 사용하여 입술을 인식하는 방법, 색 정보와 HMM(Hidden Markov Model)을 이용하여 입술 영역을 찾고 Snake algorithm 방법을 이용하여 입술의 외곽선을 인식하는 방법 등이 있으며 얼굴의 주된 성분을 이용하여 PCA(Principal Component Analysis)방법이나 Harr 분류기를 이용하는 방법 등이 있다[4,5].

본 논문에서는 일반적으로 사용되는 스마트폰을 이용하여 자기 자신을 찍은 얼굴사진과 다인종 사진을 습득하기 위해 인터넷에서 구한 얼굴이 주된 영역으로 된 사진을 실험 영상으로 하였으며, 찍힌 영상 내에서는 1인의 얼굴만 존재하며, 배경과 조명 그리고 사진의 선명도에는 제약을 주지 않았다. 이는 실제 구현 목표를 스마트폰으로 찍은 자기 자신 얼굴을 대상시스템을 개발하기 위해서이다.

제안하는 방법은 입력영상에서 Harr 분류기[6]를 이용하여 얼굴후보영역 추출하고 얼굴 후보영역에서 눈의 위치 후보영역을 설정하였다. 눈의 후보영역에서 팽창연산을 이용하여 값이 큰 부분을 추출하고, 이 영상을 지역적인 이진화를 하여 눈과 눈썹을 분리하는 방법을 제안하였다. 그 후 Hsu가 제안한 EyemapC[7]를 이용한 영상을 이진화하여 눈이 있는 부분과 눈이 없는 부분을 분리한 후, 그 눈의 윤곽선을 추출하고 최적 타원 추정법을 사용하여 아이라인을 검출하였다. 아래의 그림 1은 본 논문에서 제안 아이라인 검출의 시스템 블록도이다.

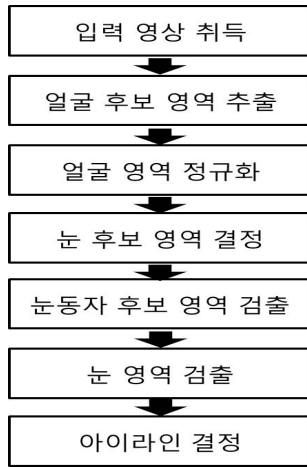


그림 1. 제안된 시스템 블록 다이어그램
Fig. 1. Proposed system block diagram

II. 얼굴영역 추출과 눈후보영역 추출

2.1. 얼굴영역의 추출 및 정규화

주어진 얼굴 사진에서 얼굴영역을 추출하기 위해서 Paul-Viola와 Michael-Jones가 개발한 얼굴 검출기를 사용하였다. Viola-Jones 분류기는 낮은 거절 비율로 높은 검출율을 얻기 위하여 캐스캐이드의 각각 노드에서 AdaBoost를 수행한다. 알고리즘은 식 (1)과 같이 단일 결정을 하며 식 (2)와 같은 분류 함수를 사용하며 알고리즘의 특성은 다음과 같다[6].

$$f_i = \begin{cases} +1 & v_i \geq t_i \\ -1 & v_i < t_i \end{cases} \quad (1)$$

$$F = \text{sign}(w_1 f_1 + w_2 f_2 + \dots + w_n f_n) \quad (2)$$

가) Viola-Jones 분류기는 유사-하르 입력 특징들을 사용한다. 즉, 사각형 영상 영역의 합 또는 차의 임계값이 적용된다.

나) Viola-Jones 분류기는 적분 영상(integral image)을 사용함으로써 사각형 영역 또는 45도 회전된 사각형 영역에서의 합계 연산을 매우 빠르게 수행한다. 적분 영상을 이용함으로써 유사-하르 입력 특징들을 빠르게 계산

할 수 있다.

다) Viola-Jones 분류기는 높은 검출율과 약한 거절 비율을 갖는 이진 분류노드를 만들기 위하여 통계적 부스팅을 사용한다.

라) Viola-Jones 분류기는 약한 분류기 노드를 이용하여 거절 캐스캐이드를 구성한다. 첫 번째 분류기 집단은 많은 실수를 포함하지만 물체를 포함하고 있는 영역을 가장 잘 찾아내는 것으로 선택된다. 다음 분류기 집단은 약한 거절을 갖는 두 번째로 검출 성능이 좋은 것으로 선택하고, 이러한 방식을 반복한다. 실험 단계에서는 전체 캐스캐이드를 다 통과한 경우에만 찾고자 하는 객체로 검출된다. 아래의 그림2는 실험 자료에서 얼굴후보영역이 추출된 예이다.



그림 2. 얼굴영역 추출의 예
Fig.2. Example of facial region extraction



그림 3. 정규화의 예
Fig.3. Example of generalization

위의 그림 3은 512X512크기로 얼굴영역을 정규화한 것이다.

2.2. 눈 후보 영역의 추출

눈의 후보 영역은 그림3에서와 같이 정규화된 얼굴 후보 영역에서 상하좌우 각각 10% 영역을 제외한 후 좌상단 412X412 영역을 좌측눈의 후보 영역으로 설정 하였으며 우상단 412X412 영역을 우측눈의 후보영역으로 설정하였다. 아래의 그림 4는 우측눈과 좌측눈의 후보 설정의 예이다.

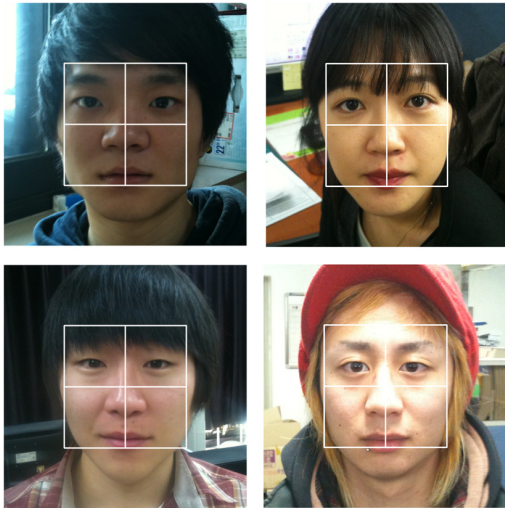


그림 4. 좌우측 눈의 후보영역 설정 예
Fig4. Example of setting candidate area between eyes

III. 눈동자와 아이라인 검출

3.1. 눈동자 후보대상 검출

일반적으로 눈은 얼굴의 모든 곳에서 명암대비가 가장 높은 곳이므로 얼굴 특징점 추출에 있어 가장 찾기 좋은 영역으로 알려져 있다. 그러나 명암으로 이진화 할 경우 눈썹과 같이 이진화되고 모발 등의 잡음이 발생하여 눈의 영역을 정확하게 찾기 힘들게 된다. 그러므로 이진화한 후 라벨링을 하여 눈썹 부분이 상대적으로 분산 값이 적다는 것으로 눈 영역을 판단하기도 하며, Canny edge 등으로 에지의 수를 판단하는 방법과 상기한 방법

을 하이브리드하게 고려한 후 평가함수를 이용하여 추출하는 방법이 있다. 그러나, 이와 같은 방법들은 서양인의 경우 눈이 움푹하게 들어가 2D영상에서 눈과 눈썹이 붙어있게 보이는 경우는 추출이 매우 힘든 단점이 있다. 이러한 예는 영화배우 Tom Cruise의 경우가 대표적인 예이다. Hsu는 명암영역에서 식 (3)과 같은 EyeMapL을 제안하였다[7].

$$\text{EyeMapL} = \frac{Y(x,y) \oplus g_{\sigma}(x,y)}{y(x,y)} \quad (3)$$

식(3)에서 \oplus 는 팽창연산을 의미한다. 이는 명암대비가 큰 부분이 팽창되어 원래의 값보다 큰 값을 가지므로 원래의 값으로 나누면 어두운 부분과 하얀부분이 만나는 공간에서 큰 값을 가지게 되어 눈동자 검출에 적합한 변수가 된다. 그러나 이 연산을 하였을 때, 눈동자 부분만 아니라 눈썹과 피부가 만나는 곳, 머리카락과 피부가 만나는 곳에서도 역시 큰 값을 가지게 된다. 그러나, 얼굴 후보영역에서 적어도 눈동자의 명암대비는 인종에 관계없이 가장 큰 값을 가지는 것으로 조사되었다. 본 논문에서는 그림 4의 눈의 후보영역에서 EyeMapL을 계산하여 0에서 255로 정규화한 후 상위 3%내외만을 추출하므로써 눈동자영역이 주된 성분을 가지는 영상을 만들었다. 아래 그림 5는 EyeMapL을 이용하여 눈동자 후보 영역에서 식 (3)의 값이 상위 3%가 되는 영역을 나타낸 것이다.

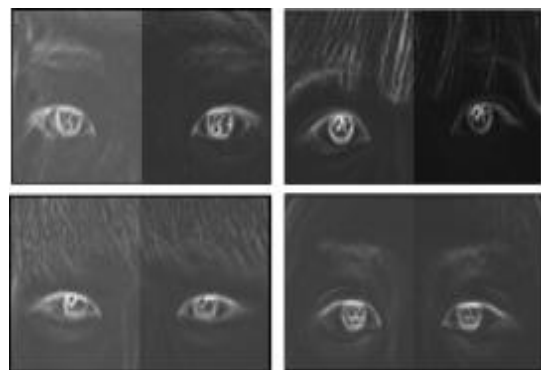


그림 5. EyeMapL을 이용한 눈동자 후보
Fig. 5.Candidated eyeballs using EyeMapL

이 그림에서 보여주듯이 눈동자 부분이 잘 나타나긴 하나 눈썹과 피부가 만나는 영역 그리고 머리카락과 피부가 만나는 영역도 어느 정도 같이 나타나므로 눈과 눈이 아닌 부분을 분리하여야 한다. 그림 6은 그림 5의 영상에서 평균을 이용하여 지역적인 이진화를 한 영상이다.

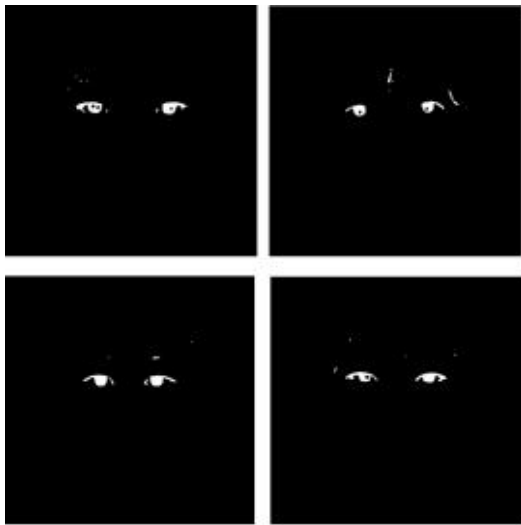


그림 6. 눈영역 후보
Fig. 6. Candedated eye region

그림 6에서 나타나듯이 눈이 가장 주된 성분이나 그 외의 성분도 같이 나타나므로 이 영상을 침식과 팽창연산을 한 후 라벨링하면 눈이 아닌 부분을 제거되어 그림 7에서 사각형으로 나타내어진 눈동자 후보 영역을 검출할 수 있게 된다.

3.2. 눈동자 영역과 아이라인 검출

명암으로 이진화하면 밝은 부분과 어두운 부분으로 이진화 하게 된다. 이는 눈동자 검출에는 적합한 도구 이나 눈영역 전체를 추출하기에는 부적합하다. 이는 구해진 눈영역을 명암으로 이진화하면 흰동자와 검은동자가 분리되기 때문이다. 그러므로 피부와 피부가 아닌 부분으로 이진화 할 수 있다면 눈의 영역만을 추출할 수 있게 된다. Hsu는 색상영역에서 식 (4)와 같은 EyeMapC를 제안하였다[7,12].

$$\text{EyeMapC} = \frac{1}{3} \{ (C_b^2) + (\overline{C_r})^2 + (C_b / C_r) \} \quad (4)$$

식 (4) EyeMapC를 제안하여 눈의 특징점을 추출하였다. 식 (4)에서 $C_b^2, \overline{C_r}, (C_b / C_r)$ 는 0에서 255 사이의 값으로 정규화한 값이며, 이 식은 일반적으로 눈의 색이 C_b 값이 높고 C_r 값이 낮다는 데 근거하고 있다. 아래의 그림8은 실험 대상의 EyeMapC영상이다.



그림 7. 눈후보영역검출
Fig. 7. Extracting candedated eye region



그림 8. EyemapC 영상
Fig. 8. EyemapC image

그림에서 알 수 있듯이 이 영상은 피부와 피부가 아닌 성분으로 잘 분리됨을 알 수 있었다. 그러므로 이 영상에서 그림7에서 구해진 후보 영역을 EyeMapC 영상에 대입하여 그 영역에서 평균과 분산 값을 이용하여 이진화하면 그림 9와 같은 눈동자영역을 검출할 수 있었다.

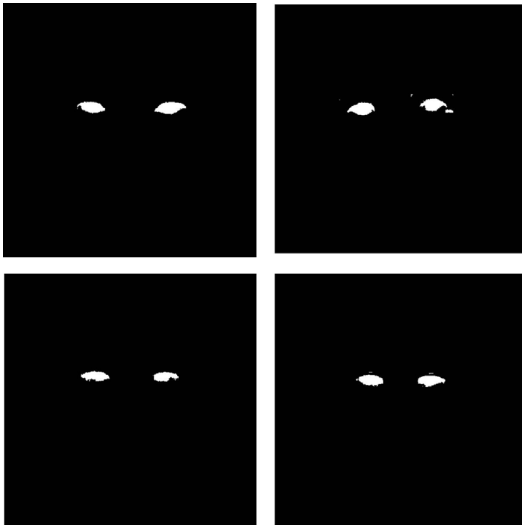


그림 9. 눈영역 검출
Fig 9. Extracting eye region



그림 10. 아이라인추출
Fig. 10. Extracting eye-line

그림 9에서 나타난 이진화된 눈 영상의 외곽선을 구하고 최적타원 근사법을 이용하여 눈동자 외곽선 최적 타원을 구하면 그림 10에서와 같이 아이라인을 추출할 수 있었다.

IV. 실험

실험은 실제 스마트폰 사용 환경과 비슷하게 구성하기 위해 배경과 조명에 상관없이 스마트폰으로 영상을 취득하였으며, 사진 한 장당 한명으로 제한한 200장의 실험 자료를 구성하였으며, 흑인과 백인의 사진을 많이 취득하지 못해 인터넷에서 흑인과 백인의 사진을 20장 취득하였다. 실험을 구현한 컴퓨터는 MacBook Air이며, 램은 2기가, CPU 듀얼코어 1.84Ghz이고, 운영체제는 Windows 7 32bit용이며, MicroSoft Visual C++ 9.0을 이용하였으며 OpenCV 2.0 라이브러리를 사용하였다. 아래 표1.은 각 단계별 오류율을 보여 주고 있다.

표1. 실험결과
Table 1.Experiment

실험단계	오출된 갯수	오추출율
얼굴영역추출	0	0%
눈후보영역결정	0	0%
눈후보영역검출	2	0.9%
눈영역 검출	3	0.9%
아이라인 추출	5	1.2%
전체오추출개수	10	4.5%

표1의 실험 결과는 실험 자료의 구성에 따라 틀려질 수도 있겠으나 220장의 실험 자료를 가능하면 다양한 곳과 다양한 배경에서 취득하고자 하였다. 아래의 그림 11은 오추출의 사례이다. 첫 번째 남자인 경우에는 최적의 타원 추정법으로 연산을 할 때 오른쪽 눈이 실제 눈보다 더 크게 타원이 추출된 경우이며, 아래의 여자인 경우 머리카락이 길게 눈을 덮어서 눈영역이 잘못된 검출되어 타원이 잘못 추출된 경우이다. 이 경우 좌우눈이 크게 틀리지 않다는 점을 이용하여 다시 영역을 찾는 알고리즘이 개발되어야 할 것이다.

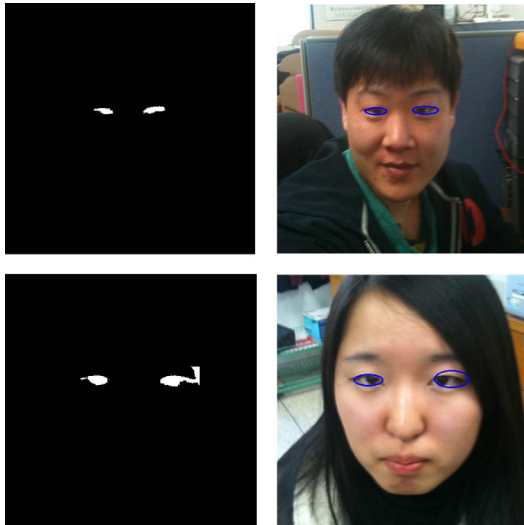


그림11. 오추출의 사례
Fig 11. Example of failed extraction

V. 결 론

본 연구는 스마트폰이 대세가 된 지금 스마트폰에서 각종 얼굴앱에 적용되는 얼굴엔진을 만들기 위한 첫 단계로 눈과 아이라인을 검출하였다. 기존의 연구의 대부분은 눈의 위치만을 파악하는 것이나 스마트폰에서 얼굴의 표정변화 그리고 자동화장 생성 등을 만들어내기 위해서는 아이라인 추출이 필수적이다. 본 연구는 얼굴의 주변 정보를 이용해 후보영역을 탐지하고 최종적으로는 피부와 피부가 아닌 영역으로 이진화하여 눈의 모습을 비교적 정확하게 검출한 후 외곽선을 이용하여 눈의 아이라인을 추출하였다. 향후얼굴에서 머리카락이 눈을 덮는 경우의 연구와 자동 눈화장, 눈웃음, 윙크 등과 같이 아이라인을 정교하게 찾아야 되는 앱을 위해서는 본 연구에서 찾아진 타원의 라인 부분에서 좀 더 세밀하게 검토했어 눈의 영역과 피부의 영역을 분리하는 기법을 개발하여야 할 것이며, 좌우눈의 형태가 거의 비슷하게 나오는 점을 이용하여 수정하는 알고리즘 그리고 안경제거 알고리즘도 개발하여야 할 것이다.

참고문헌

- [1] 이상섭, 이수영, 이중규 “조명 환경에 강인한 얼굴 인식 성능향상을 위한 Bilateral 필터 기반 조명 정규화 방법에 관한 연구.” 전자공학회, 제47권, sp편, 제4호, pp.420-426, 2010.
- [2] Young Kyung Park, Seok Lai Park, Joong Kyu Kim, “Retinex method based on adaptive smoothing for illumination invariant face recognition.” Signal Processing, Vol.88, Issue. 8, pp.1929-1945, Aug 2008.
- [3] 황대동, 박영재, 김계영, “적응적 피부영역 검출을 이용한 얼굴탐지”, 정보과학회논문지 : 컴퓨팅의 실제, 제 16권 제 1호 ,pp35-44,2010
- [4] 박영재, 장석우, 김계영, “눈 주위의 피부색을 이용한 피부영역검출과 입술검출에 관한 연구”, 한국컴퓨터정보학회, 제14권, 제4호, pp.19-30, 2009.
- [5] 조현종, 강민구, 문승빈, “조명 변화 환경에서 PCA 기반 얼굴인식 알고리즘의 신뢰도에 대한 연구,” 전자공학회 논문지-CI, pp.19-26, 2009.
- [6] P. Viola, M. Jones. “Rapid object detection using a boosted cascade of simple features. ” Proceedings of IEEE Conference on Automatic Face Gesture Recognition. pp. 91-96. May 2004.
- [7] R.L Hsu. M. Abdel Mottaleb, “Face Detection in Color Images,” IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.24, No.5, pp.696-706, 2002.
- [8] J. Shih, C. Lee, and C. Yang. “An Adult Image Identification System Employing Image Reterieval Technique.” Pattern Recognition Letters, vol.28, pp.2367-2374, 2007.
- [9] K. M. Lee “Component based detection and verification, “Patten Recognition Letter, Vol.29, pp.200-214. 2008.

저자소개



구하성(Ha-Sung Koo)

1989년 광운대학교
전자통신공학과 학사
1991년 광운대학교
전자통신공학과
영상처리전공 석사

1995년 광운대학교 전자통신공학과 영상처리전공
박사

1997-현재 한서대학교 컴퓨터정보공학과 교수
※ 관심분야: 영상처리, 패턴인식, 디지털 포렌식



송호근(Ho-Geun Song)

1991년 중앙대학교 전자공학과
학사
1993년 중앙대학교 전자공학과
정보제어 석사

1997년 중앙대학교 전자공학과 정보공학 박사

1996-현재 한서대학교 컴퓨터정보공학과 교수

※ 관심분야: 신호처리, 컴퓨터비전, 3차원영상처리