

# 코와 턱의 위치 및 색상을 이용한 측면 얼굴 검출

## Side-View Face Detection Using Both the Location of Nose and Chin and the Color of Image

송영준  
충북대학교 정보통신공학과

Young-Jun Song (songyjorg@dreamwiz.com)  
Dept. of Computer and Communication Engineering,  
Chungbuk National University

장언동  
충북대학교 정보통신공학과

Un-Dong Chang (udchang@naver.com)  
Dept. of Computer and Communication Engineering,  
Chungbuk National University

박원배  
충북대학교 정보통신공학과

Won-Bae Park (nte92@dreamwiz.com)  
Dept. of Computer and Communication Engineering,  
Chungbuk National University

서형석  
충북대학교 정보통신공학과

Hyeong-Sock Seo (crow719@yahoo.co.kr)  
Dept. of Computer and Communication Engineering,  
Chungbuk National University

중심어 : 측면 얼굴, 얼굴 검출

Keyword : Side-View, Facial Detection

### 요 약

### Abstract

본 논문에서는 하나 또는 그 이상의 얼굴, 기울어진 얼굴들이 존재하는 칼라 영상에 대해서 색상 및 코의 길이와 턱의 위치를 이용하여 측면 얼굴만을 검출하는 새로운 방법을 제안하였다. RGB 영상을 YCbCr 좌표계로 변환한 후, 피부색 정보를 이용하여 얼굴 후보 영역을 추출하였다. 추출된 후보 영역은 형태학적 필터링을 거치고 최종적으로 남게된 영역들은 레이블링된다. 또한 코의 돌출 부위의 특성을 이용하여 기울어진 얼굴 영상에 대한 기울기 보정을 하였다. 그리고 코 영역 부분의 수직 거리와 턱까지의 거리와 같은 지형적인 특성을 이용하여 수직축을 기준으로 좌우 45도 이내로 기울어진 측면 얼굴에 대해서도 강건하게 검출하였고 100개의 실험영상을 사용하여 92%의 검출율을 얻었다.

In this paper, we propose the new side-view face detection method in color images which contain faces over one. It uses color and the geometrical distance between nose and chin. We convert RGB to YCbCr color space. We extract candidate regions of face using skin color information from image. And then, the extracted regions are processed by morphological filter, and the processed regions are labeled. Also, we correct the gradient of inclined face image using projected character of nose. And we detect the inclined side-view faces that have right and left 45 tips by within via ordinate. And we get 92% detection rate in 100 test images.

## I. 서론

얼굴 인식은 인간의 시각적 능력을 발휘하는 분야이고, 특히 서로 다른 사람을 구분할 경우, 얼굴의 차이를 보고 다른 사람이라고 인지한다. 대규모의 사진 데이터베이스나, 동영상 등에서 사람 얼굴의 위치를 검출하는 것은 신원 확인, 영상/비디오의 주석, 감시 시스템 등에 널리 활용되고 있다. 다양한 얼굴 검출 기법들이 학문적으로 발전했고[1], 이를 상용화

하여 제품으로 만들어 나가고 있다.

지금까지의 얼굴 검출 기법은 전면 얼굴에 국한되어 발전되어 왔다. 초기에는 그레이 영상에 대한 검출 기법으로서, 템플릿 매칭 기법과[2], 신경망[3], 학습에 기반을 둔 방법[4] 등이 있다. 그러나 이러한 기법들은 연산량이 많고, 특정한 크기와 정해진 시각에 대해서만 유효하였다. 최근에는 칼라 영상에 대한 검출 기법으로서, 칼라 정보에 기반을 둔 얼굴 검출 기법이 제시되고 있다[5]. 얼굴 영역들은 피부색의 특성에 의해 분리될 수 있으며, 얼굴 검출은 분리된 후보 영역과

접수번호 : #030809-002

\*교신저자 : 송영준, e-mail : songyjorg@dreamwiz.com

접수일자 : 2003년 8월 9일, 심사완료일 : 2003년 10월 13일

다른 템플릿 또는 얼굴의 기하학적 지식을 이용하여 할 수 있다. 또한 얼굴 영역과 이웃하는 머리카락 색깔의 색 분포 정보 및 피지 집합 이론에 의해서 얼굴을 검출하는 것도 연구되고 있다[6].

이렇게 많은 얼굴 검출 연구도 측면 얼굴들을 포함하는 영상들에게는 만족스럽지 못하다. 이는 비디오 분석, 영상 콘텐츠에서 사람들의 관심이 전면 얼굴에 집중되어 왔기 때문이다. 그러나 얼굴 인증을 통해 접근 통제와 같은 응용에서는 단지 전면 얼굴만을 찾는 것이 적당할지라도, 얼굴 사진 데이터베이스에 있는 범죠휘인 확인과 감독, 그리고 영상비디오 주석은 측면 얼굴 검출을 할 수 있음으로써, 상당한 이득이 있을 수 있다. 특히, 범죠휘자들은 전면, 측면, 후면 사진을 데이터베이스로 저장하기 때문에 용의자 검색에 유용할 수 있다.

측면 얼굴의 모양은 타원형의 전면 얼굴에 비해, 수학적으로 모델링하기가 어렵다. 측면 얼굴의 가장 큰 특징은 코의 돌출이다. 이것은 B-spline과 같은 곡선을 표현하는 방법을 사용하여 측면 얼굴 윤곽을 모델링하기 위해 시도되어 왔다[7]. 또한 측면 얼굴 윤곽과 닮은 예지 세그먼트의 그룹을 찾아내기 위해 측면 얼굴 윤곽에 대한 유사도를 이용하고, 측면 얼굴 템플릿을 사용하여 좌우 측면 얼굴을 검출하는 방법도 제안되고 있다[8]. 또한 얼굴에서 눈썹과 눈, 코, 입의 위치를 이용하여 얼굴을 검출하는 기법이 최근에 연구되고 있다[9].

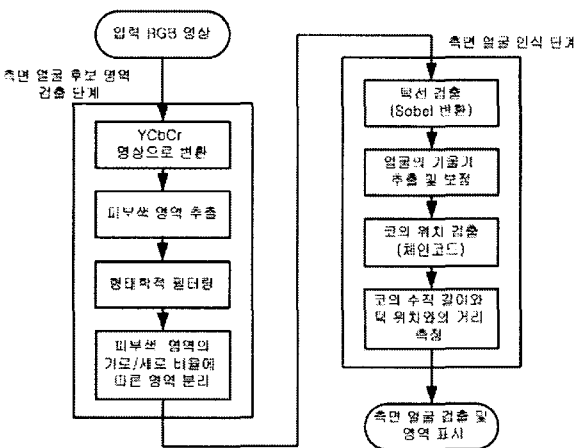


그림 1. 측면 얼굴 검출 알고리즘

본 제안 방식은 코와 턱의 위치를 이용하는 새로운 방법으로서, 전처리 단계로 RGB 영상을 YCbCr 좌표계로 변환하여 얼굴 영상의 피부색 정보를 이용하여 얼굴 후보 영역을

추출하였다. 그리고 레이블링된 얼굴 후보 영역들 중에서 기울어진 얼굴 영상의 보정을 위해 코의 돌출 부위의 특성을 이용한다. 또한 코 영역 부분의 수직 거리와 턱까지의 거리와 같은 지형적인 특성을 이용하여 정확하게 측면 얼굴을 검출할 수 있었다. 그림 1은 제안한 알고리즘에 대한 전체 블록도를 보여주고 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 색상에 의한 얼굴 후보 영역을 찾는 알고리즘에 대해 설명한 후, 3장에서는 코와 턱의 위치에 의해 측면 얼굴임을 인식하는 방법을 설명한다. 4장에서는 다양한 영상을 가지고 시뮬레이션 한 결과를 보여주고, 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 색상에 의한 얼굴 후보 영역 추출

칼라 영상에서 피부색 정보는 얼굴 영역을 분리해 내기 위한 중요한 요소이다. YCbCr 색 좌표는 화소 레벨에서 세그멘테이션을 수행하기 위해 사용되고, Cb, Cr 성분만을 이용하여 피부색 영역들을 찾아낸다. YCbCr 색공간은 ITU-601 표준으로서, RGB 색공간으로부터 식 (1)과 같이 변환되고 휘도 성분 Y와 색차 성분 Cb와 Cr로 표현되고 색차 성분만을 가지고 식 (2)와 같이 피부색 분할을 수행한다.

$$\begin{bmatrix} Y \\ C_b \\ C_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 16 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0.257 & 0.504 & 0.098 \\ -0.148 & -0.291 & 0.439 \\ 0.439 & -0.368 & -0.071 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$B(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{if } (73 \leq C_b \leq 132) \cap (124 \leq C_r \leq 171) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

여기서 B(x,y)는 피부색으로 분할된 출력 영상이고, Cb와 Cr의 임계값은 실험값이다. 선택된 영역들은 얼굴뿐만 아니라 잡음 영역이 포함될 수 있다. 그래서 Opening과 Closing과 같은 형태학적인 연산을 통해 약한 돌출 부위와 고립된 작은 영역을 제거한다. 형태학적인 필터링 후에 얻어지는 후보 영역들 중에서 아주 작고 고립된 영역은 보통 얼굴이 아니므로 얼굴 후보에서 제외시켰다.

영상에 여러 사람이 존재하는 경우 다수의 얼굴 후보 영역 중에서 측면 얼굴을 추출하기 위해 레이블링 알고리즘을 수행한다. 레이블링 과정은 8-연결성을 이용하여, 상, 하, 좌, 우 방향으로 4번의 연산을 통해 이루어지고 각각의 레이블링된 영역들은 각기 다른 색으로 표현된다. 그림 2는 2인 영상에

대해, 피부색 영역 분할과 형태학적 필터링, 그리고 레이블링을 하는 얼굴 후보 영역을 검출하는 전처리 과정을 보여준다.

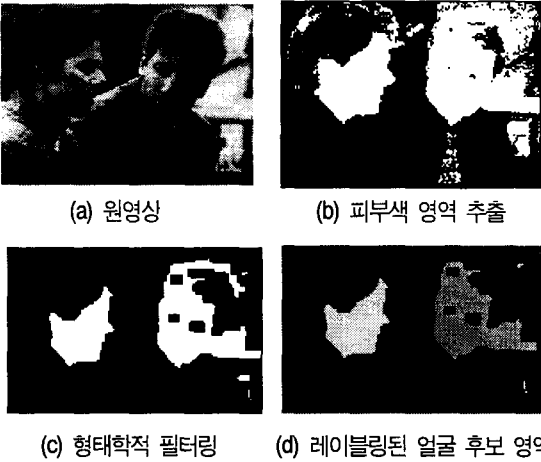


그림 2. 얼굴 후보 영역 검출 전처리 과정

이렇게 레이블링 과정을 거친 얼굴 후보 영역들은 전면 얼굴과 측면 얼굴, 그리고 손과 같은 피부색을 지닌 영역들로 구성될 수 있다. 측면 얼굴은 가로와 세로의 비율이 약 1:2 정도의 비율을 가지고 있다. 따라서 피부색으로 찾은 후보 영역 중에서 가로가 세로보다 더 클 경우에는, 후보 영역의 가로 영역을 세로의 1/2 길이로 분할하여 2개의 영역으로 구분한다. 이는 전면 얼굴과 측면 얼굴이 기울어져 있을 경우, 목의 살색 부분이 가로 방향으로 넓게 나타난 부분을 나눔으로, 전면 얼굴을 배제하고, 측면 얼굴의 기울어진 각도를 계산할 수 있다.

기울어진 측면 얼굴은 허프 변환을 이용하여 직선의 방정식을 구한 후 보정하게 된다. 먼저, 얼굴 후보 영역이 찾이면 후보 영역에서 턱을 추출한다. 얼굴에서 턱의 위치는 얼굴 영역에서 아래 부분에 위치한다는 기하학적 성질을 이용한다. 소벨 변환을 하여 수평 성분이 가장 강하게 나타나는 부분을 턱으로 가정한다. 이를 기준으로 좌우로 45도까지 얼굴 윤곽을 따라 가상의 직선을 만들고, 그 직선 위에 있는 피부색의 빈도수를 계산한다. 가장 많은 빈도수를 가진 직선의 방정식을 구하여, x축과의 각도를 식 (3)과 같이 계산한다.

$$\begin{cases} y = ax + b \\ \theta = \cos^{-1}(a) \end{cases} \quad (3)$$

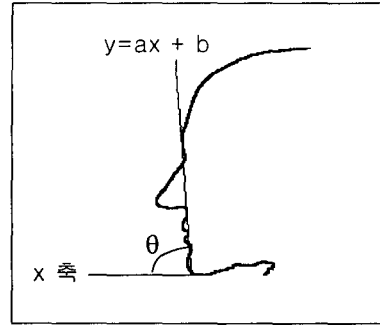


그림 3. 측면 얼굴의 기울어진 각도

그림 3은 좌측 얼굴 후보 영역의 기울어진 각도를 보여주고 있고, 식 (4)와 같이 (90-θ)의 각만큼 시계 방향으로 회전 이동을 하면 기울기 보정이 된 측면 얼굴 영상을 얻을 수 있다. 여기서 (x, y)는 원 좌표, (X, Y)는 회전 변환된 좌표, (90-θ)는 회전 각도를 의미한다. 우측 후보 영상에 대해서는 반시계 방향으로 회전 이동을 하여 기울기 보정을 하게 된다.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(90 - \theta) & \sin(90 - \theta) \\ -\sin(90 - \theta) & \cos(90 - \theta) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \quad (4)$$

### III. 코의 길이와 턱의 위치에 의한 측면 얼굴 영역 추출

측면 얼굴 후보 영역에 대해 보정이 되면, 측면 얼굴을 검출할 수 있어야 한다. 이를 위해 본 논문에서는 코와 턱의 위치 정보에 의해 측면 얼굴을 검출하는 방법을 제안한다. 일반적으로 코는 전체 얼굴 윤곽에 있어서, 중간에 위치하고, 얼굴 영역의 아래쪽에 위치하는 턱과의 거리는 코 길이의 약 0.7 ~ 2배 정도이다. 따라서 측면 얼굴은 코의 길이와 턱의 위치를 사용하여 검출할 수 있다.

코의 길이는 보정된 후보 영역에 대해 체인 코드를 적용하여 얻어진다. 코 후보 영역은 기울기가 보정된 얼굴 후보 영역에서 세로의 중간 부분에 돌출되어 있는 지점을 코의 돌출 지점 (x<sub>c</sub>, y<sub>c</sub>)로 정한다. 그림 4는 코 후보 영역으로서, 보정된 직선과 코의 돌출 부위를 보여주고 있고, (x<sub>c</sub>, y<sub>c</sub>)를 시작점으로 하여 위쪽 방향과 아래쪽 방향으로 각각 체인 코드를 적용시켜 방향이 보정된 직선에 유사하게 될 경우 코

의 위 끝점  $(x_i, y_h)$ 과 아래 끝점  $(x_i, y_l)$ 로 가정한다.

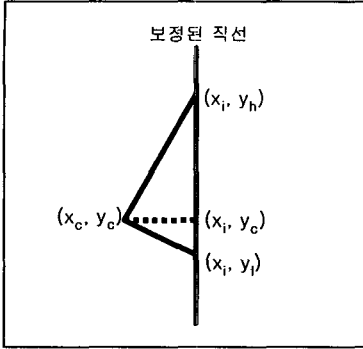


그림 4. 코 후보 영역

코의 전체 길이인  $length(nose)$ 는 식 (5)와 같이 구할 수 있다.  $(x_c, y_c)$ 에서 보정된 직선에 수직으로 만나는 지점인  $(x_i, y_c)$ 로부터 직선의 방정식을 따라 코의 위 끝점과의 거리인  $(y_h - y_c)$ 와 아래 끝점과의 거리인  $(y_c - y_l)$ 을 구할 수 있다. 이 때, 코의 윗 부분은 아래 부분보다 항상 긴 형태학적 특성을 이용하여 코 후보 영역을 결정한다.

$$length(nose) = y_h - y_l \quad (5)$$

코의 아래쪽 끝점인  $(x_i, y_l)$ 과 턱까지의 수직 거리를 구하여 코의 길이와 비교한다. 식(6)을 만족하게 되면 최종적으로 코와 턱이 추출되고 측면 얼굴의 후보 영역을 검출하게 된다.  $y$ 과  $y_{xn}$ 은 각각 코의 아래쪽 끝점  $y$  좌표와 턱의  $y$  좌표를 의미한다.

$$(0.7 * length(nose)) < (y_l - y_{xn}) \text{ and} \\ (y_l - y_{xn}) < (2 * length(nose)) \quad (6)$$

#### IV. 시뮬레이션 결과

본 논문에서는 제안된 방법의 성능을 평가하기 위해서 256\*256 크기의 여러 칼라 정지 영상을 대상으로 P-4 1.8GHz CPU, 512MB 메모리를 갖는 Windows XP 환경하에

서 Microsoft Visual C++ 6.0을 이용해 시뮬레이션 하였다. 실험 영상들은 인터넷에서 이미지 검색을 통해 얻어졌고, TV 수신 카드를 사용해서 TV 영상을 추출하였다. 또한 학생들을 활용하여 눈이 가려진 영상과 같은 조건이 있는 실험 영상을 디지털 카메라로 촬영하여 시뮬레이션 하였습니다. 총 100장의 실험 영상에 대해 92%의 검출율을 얻었다.

그림 5에서 (a)는 입력 RGB 영상, (b)는 피부색 영역 분할 영상, (c)는 최종 측면 얼굴 검출 영상으로서, 좌측 후보 영역(f)과 우측 후보 영역(i)의 코의 가로 길이를 비교하여 더 큰 것이 최종 검출 후보 영역으로 확정된다. 또한 피부색 후보 영역의 가로가 세로보다 더 크므로 좌측면과 우측면으로 나누어 얼굴을 인식하게 된다. (d)는 좌측면 후보 영역을 소벨 변환하여 윤곽선을 표현하였고, (e)는 기울기 보정을 한 영상이다. (f)는 좌측면 얼굴 후보 영역에 대하여 사각형으로 표시하였고, (g)-(i)는 우측면 후보 영역에 대한 소벨 변환된 영상과 기울기 보정 영상, 우측면 후보 영상을 보여준다. (j)는 코 후보 영역이 검출되지 않으므로, 측면 후보 얼굴이 아니다. 따라서 입력 영상은 좌측 얼굴 영상으로 간주되게 된다.

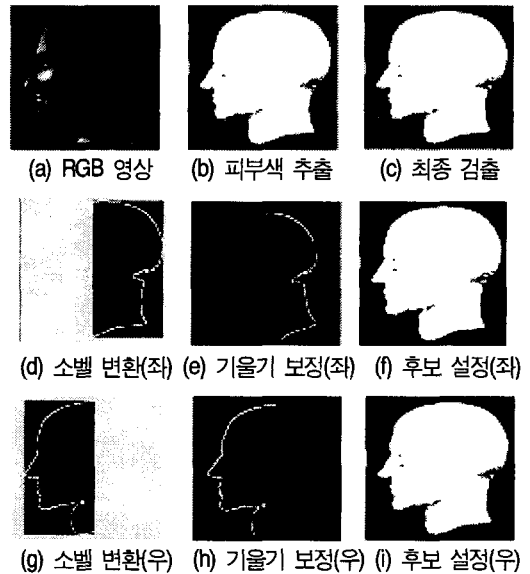


그림 5. 측면 얼굴 검출 시뮬레이션 결과 영상

또한 그림 6은 하나의 얼굴, 둘 이상의 얼굴, 기울어진 얼굴 등에 대해 측면 얼굴만을 검출한 결과 영상을 보여주고 있고, 그림 7과 같이 눈이 가려진 경우 및 안경을 쓴 경우에도 강건하게 검출된다. 본 논문에서 사용되어진 실험 영상은

아래의 제한 조건을 두고 시뮬레이션 되었다.

- 두 얼굴이 붙어있거나 인접해 있지 않아야 한다.
- 배경이 피부색과 비슷하지 않아야 한다.
- 한쪽 눈만이 존재할 때 적용된다.(90도 기준)

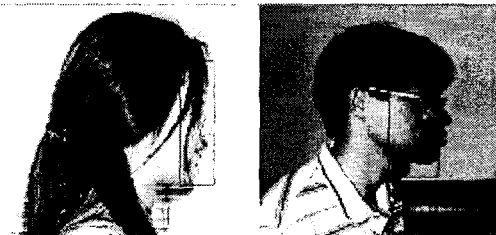


(a) 단일 얼굴 영상(우측)      (b) 기울어진 영상(좌측)



(c) 2인 영상      (d) 3인 영상

그림 6. 측면 얼굴 검출 결과 영상



(a) 눈이 가린 영상      (b) 안경을 쓴 영상

그림 7. 다양한 조건하의 측면 얼굴 검출 결과 영상

#### IV. 결론

본 논문에서는 다수의 인물이 존재하는 칼라 영상에 대해서 색상 및 코의 길이와 턱과의 거리 비를 이용하여 측면 얼

굴을 검출하는 새로운 방법을 제안하였다. RGB 영상을 YCbCr 좌표계로 변환한 후, 피부색 정보를 이용하여 얼굴 후보 영역을 추출하였다. 측면 얼굴의 특성상 목의 피부색에 의해 측면 얼굴 후보 영역의 가로와 세로의 비율은 가로가 더 긴 경향이 있다. 이를 이용하여 가로와 세로의 비율로서 피부색 영역을 세로로 1/2 한 영역을 다룬다. 가로의 비율이 높아 나누어진 후보 영역은 좌측과 우측 후보 영역으로 나누어지고, 그렇지 않은 경우에는 하나의 후보 영역만을 고려한다.

기울어진 영상에 대한 보정은 코의 돌출 부위의 특성을 이용하였다. 코 영역 부분의 수직 거리와 턱까지의 거리와 같은 지형적인 특성을 이용하여 수직축을 기준으로 좌우 45도 이내로 기울어진 측면 얼굴을 검출할 수 있었다. 또한 측면 얼굴과 전면 얼굴이 모두 존재하는 영상에서 하나 이상의 측면 얼굴만을 검출하였다. 눈이 검출되지 않는 영상과 입이 검출되지 않는 측면 얼굴에 대해서도 검출이 가능하였다.

그러나, 피부색과 비슷한 배경에 대해서는 얼굴과 배경이 같은 영역으로 병합하게 되어 얼굴 검출이 되지 않고, 머리카락이 심하게 훼손되거나 피부색과 비슷한 경우에도 오인식되고 있다. 또한 얼굴 부분이 다른 얼굴이나 물건에 중첩되었을 경우에는 코와 턱을 찾을 수 없어 인식치 못하게 된다. 본 논문에서는 얼굴 피부색이 배경과 명확하게 구분되고, 코와 턱이 구분되어질 때 효과적이다. 따라서, 더욱더 연구할 부분은 조명에 강건하게 검출하는 것과 배경이 피부색과 비슷한 경우에 측면 얼굴 영역을 정확하게 검출하는 연구가 필요하다.

#### 참고 문헌

- [1] Ming-Husan Yang, David J. Kriegman, Narendra Ahuja, "Detecting Faces in Images : A Survey," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 24, No. 1, pp. 34-58, Jan., 2002.
- [2] Young Ho Kwon, da Victoria Lobo, "Face Detection using templates," Proceedings of the 12th IARR International Conference on, Vol. 1, pp. 764-767, Oct. 1994.
- [3] H.A. Rowley, S. Baluja, and T. Kanade, "Neural Network-Based Face Detection," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 20, No. 1, pp. 23-38, Jan. 1998.
- [4] H. Schneiderman and T. Kanade, "A Statistical Method

for 3D Object Detection Applied to Faces and Cars," Proc. IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 746-751, June 2000.

- [5] Rein-Lien Hsu, Moohamed Abdel-Mottaleb, Anil K. Jain, "Face Detection in Color Images," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 24, No. 5, May 2002.
- [6] Chang-Woo Park, Euntai Kim, Mignon Park, "Human face detection via characterized convex regional relationship in color images," IEICE Trans. INF. & SYST., Vol. E86-D, No. 4, April 2003.
- [7] T.J. Cham and R. Cipolla, "Automated B-Spline Curve Representation Incorporating MDL and Error-Minimizing Control Point Insertion Strategies," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 21, No. 1, Jan. 1999.
- [8] Gang Wei, Dongge Li and Lshwar K. Sethi, "Detection of side-view faces in color images," Applications of Computer vision, 2000, Fifth IEEE workshop on., pp. 79-84, Dec. 2000.
- [9] Yuichi ARAKI, Nobutaka SHIMADA and Yoshiaki SHIRAI, "Detection of faces of various directions in complex backgrounds," Technical Report of IEICE, PRMU, pp. 87-94, Jan. 2002.

장 언 동(Un-Dong Chang)

정회원



1996년 : 충북대학교 정보통신공학과 (공학사)  
 2002년 : 충북대학교 정보통신공학과 (공학석사)  
 2002년 ~ 현재 : 충북대학교 정보통신공학과(박사과정)

<관심분야> : 영상신호처리, 컴퓨터 비전

박 원 배(Won-Bae Park)

정회원



1998년 : 충북대학교 정보통신공학과 (공학석사)  
 2002년 1월 ~ 2002년 11월 : (주) 이즈넷 부설 연구소 선임연구원  
 1998년 ~ 현재 : 충북대학교 정보통신공학과(박사과정)

<관심분야> : CBIR, Wavelet

서 형 석(Hyeong-Sock Seo)

정회원

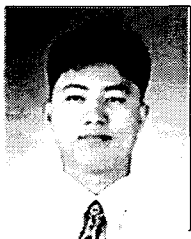


1999년 : 경일대학교 제어계측공학과 (공학사)  
 2001년 9월 ~ 현재 : 충북대학교 정보통신공학과 (석사과정)

<관심분야> : Image Segmentation, 컴퓨터 비전

송 영 준(Young-Jun Song)

정회원



1996년 : 충북대학교 정보통신공학과 졸업 (공학석사)  
 1996년 ~ 1998년 : LG전자 멀티미디어 사업본부 주임연구원  
 1998년 ~ 2000년 : LG반도체 메모리사업본부 주임연구원

2000년 ~ 2003년 : 한국전자통신연구원 네트워크연구소 홈네트워크팀 선임연구원

2000년 ~ 현재 : 충북대학교 정보통신공학과(박사과정)

<관심분야> : 영상인식, 영상처리, 얼굴 인식