

## 색상과 얼굴 특징 정보를 이용한 얼굴 추적

이 경 호\*

# Face Tracking Using Face Feature and Color Information

Kyong-Ho Lee \*

### 요 약

본 논문에서는 컬러 영상에서 얼굴을 추적하는 시스템을 구현하였다. 얼굴 추적은 영상 내에 존재하는 얼굴 영역을 컴퓨터의 기능을 이용하여 찾아내는 작업으로 로봇 시각 시스템 등에 필요한 기능이다. 그러나 입력되는 영상에 존재하는 피부색 범위 화소추출과 같은 단순한 수행으로는 얼굴 추적에 어려움이 있다. 피부색은 빛의 조건에 의해 다른 색으로 표현될 뿐 아니라 피부색은 얼굴 뿐 아니라 손과 발 등 다양한 곳에 존재하기 때문에 얼굴을 추적하기 위한 다른 조치가 필요하다.

본 논문에서는 피부색 추출을 위한 함수를 사용하되 효율 향상을 위한 조명 보정을 수행하였고 또 피부색 범위 내에서 추출된 피부색 블록에서 눈 코 입의 특징을 찾아 얼굴로 확정하는 전 과정을 수행하는 시스템을 구현하였다. 제안된 조명 보정은 피부색 추출에 초점을 맞추어 변형 sine 함수로 인간 시각에는 도움이 되지 않더라도 피부색 추출에는 약4% 정도의 개선을 보였으며, 얼굴의 특징들의 추출에는 다양한 색 공간에서 다양한 표현 값들을 증폭하거나 축소, 대비시킴으로서 얼굴 특징들을 추출되게 하여 얼굴로 판단하여 얼굴 추적을 하여, 얼굴이 잘 추적되게 하였다.

▶ Keywords : 얼굴추적, 피부색 추출, 얼굴특징추출

### Abstract

In this paper, we find the face in color images and the ability to track the face was implemented. Face tracking is the work to find face regions in the image using the functions of the computer system and this function is a necessary for the robot. But such as extracting skin color in the image face tracking can not be performed. Because face in image varies according to the condition such as light conditions, facial expressions condition.

In this paper, we use the skin color pixel extraction function added lighting compensation function and the entire processing system was implemented, include performing finding the

•제1저자 : 이경호

•투고일 : 2013. 9. 3, 심사일 : 2013. 10. 8, 게재확정일 : 2013. 10. 30.

\* 한라대학교 정보통신방송공학부(School of Information & Communication Engineering, Halla University)

features of eyes, nose, mouth are confirmed as face. Lighting compensation function is a adjusted sine function and although the result is not suitable for human vision, the function showed about 4% improvement. Face features are detected by amplifying, reducing the value and make a comparison between the represented image. The eye and nose position, lips are detected. Face tracking efficiency was good.

▶ Keywords : Face Tracking, Skin color detection, Face Factor Detection

## I. 서 론

얼굴 추적은 얼굴 검출을 바탕으로 화상 내에 존재하는 얼굴 영역을 컴퓨터의 기능을 이용하여 찾아내는 작업으로 로봇 시각 시스템 등에 필요한 기능이다. 얼굴 검출과 추적에서 다양한 인종의 피부색, 다양한 조명의 조건, 얼굴 표정 다양한 변화 등 많은 조건에 의해 다른 칼라, 다른 형태로 표현되기 때문에 입력되는 영상에서 얼굴이 존재하는지 여부와 그 위치를 정확히 찾아내는 것은 어려운 문제로 간주되고 있다[1]. 그러나 컴퓨터를 이용한 디지털 영상으로부터 효과적인 얼굴 검출과 추적을 위한 많은 노력이 수행되고 있다.

얼굴 추적에는 색상을 기반으로 하는 방법과 움직임을 기반으로 영상 차를 이용하는 방법, 적외선 카메라나 열화상 카메라 등 특수 장비를 이용하는 방법 등 다양한 방법이 존재한다.

본 논문에서는 고정 카메라가 아닌 카메라의 이동을 허락하는 색상을 기반으로 얼굴을 추적하는 지식 기반의 얼굴 추적 시스템을 구현하였다. 피부색 추출은 조건문에 의한 단순한 추출이 아닌 피부색 화소를 색공간에 배치한 후 이를 바탕으로 구성된 함수를 이용하되 이를 위해 피부색 추출의 향상을 위한 조명 보정을 제안하였고, 얼굴 내 특징점을 찾는 방법을 구성하여 얼굴을 정확히 구분하였으며, 특징점을 통한 얼굴을 추적하는 전과정을 처리하는 시스템을 구현하였다. 2장에서는 관련 연구를 기술하며, 3장에서는 본 연구에서 구현한 전과정을 기술하고 4장에서는 실험 결과와 분석을 기술하며, 5장에서는 결론을 기술한다.

## II. 관련 연구

입력된 영상으로부터 얼굴을 찾는 방법은 매우 다양하다.

적절한 임계값을 찾아 영상을 이진화하여 얼굴을 찾는 이진화 방법에 의한 얼굴 검출법, 영상 전체에 적절한 연산을 가하여 얼굴을 찾는 이미지 분석 방법, 만들어진 틀에 맞추어 얼굴을 찾는 형판 정합 방법과 단일 값 영상에서 외곽선 추출 후 기하학 정보를 이용하여 얼굴을 찾는 외곽선 추출을 통한 기하학 방법, 농담 처리 후 형판 정합 또는 기하학 정보를 이용하는 방법, 신경망을 이용하는 방법, 주성분 분석을 통한 얼굴 인식 방법, 칼라 영상에서 파악된 피부색 정보를 이용하여 피부색 영역을 추출한 후 기하학정보를 이용하거나 웨이블릿 분석을 통하여 얼굴을 추출하는 방법, Support Vector Machine을 이용하는 방법 등 여러 가지가 있다.

많은 얼굴 인식이 제한된 환경에서 정면 얼굴 영상을 기반으로 진행되고 있으며[2~4], 실시간이 아닌 정적인 영상 기반의 외곽선 추출 또는 농담 처리를 하고 있다[1]. 최근에는 영상의 기하학적 정보를 통한 인식도 진행이 되고 있으며[5], 주성분 분석 기반의 안면 인식도 이미 많은 연구 성과를 이루었다[6~8]. 인식을 위한 기존의 신경망의 방식에서 벗어난 Support Vector Machine 방식 역시 적용되는 사례가 늘어나고 있는 상황이다[9-11].

Rein-Lien Hsu는 'FACE DETECTION IN COLOR IMAGES' 논문에서 Heinrich-Hertz-Institute(HHI) 이미지 데이터베이스에서 137개의 이미지를 가져와 853,571개의 피부색 화소를 추출하고, 이를 9개의 색 공간에 배치한 후, 색 공간에 피부색 화소가 배치된 모습에서 적당한 피부색 추출 함수를 만들 수 있는지 여부를 비교 관찰하였다[11]. 비교 관찰은 Gaussian unimodal과 mixture 두 개의 밀도 모델로 하였으며, 이 비교로부터 Tint-Saturation-Luma (TSL) 모델에서 최고의 결과를 발견하였다. 그러나 실제 시스템 구축에는 TSL 색 공간을 사용하지 않고 YCbCr 모델을 사용하였다. YCbCr 모델의 채택 이유는 YCbCr 모델이 TSL 모델과 유사하게 피부색 집단의 분포 조밀성과 지각적 균일성을 가지고 있으며, 휘도 성분과 채도 성분이 분리되는 구조라는 점, 또한 널리 사용되는 비디오 압축 표준이라는 이유 때문이었다.

Rein-Lien Hsu는 피부색 픽셀들의 색 공간 배치 관찰로부터 또 다른 사실을 알아냈다. 즉 피부색 톤에서도 채도 성분이 휘도 성분에 비선형적으로 의존적이라는 것이다.

### III. 얼굴 추출

#### 3.1. 얼굴 특징 점 거리 분석

본 연구에서의 얼굴 추출은 색상 영역에서 피부색을 바탕으로 후보군을 형성하고, 후보군 블록에서 다양한 후처리 작업을 통해 얼굴을 인식 추적한다. 후보군의 얼굴 확정에는 눈, 코, 입의 존재 파악이 중요하다. 따라서 예비 작업으로 눈, 코, 입의 얼굴 특징 점 요소의 위치들의 통계 분석을 하였다. 한국인 180명의 정면 얼굴의 눈 사이 거리를 100으로 하여 두 눈 중점으로부터 코끝과 윗입술 턱끝의 위치 분포 조사하였다. 이렇게 통계 분석한 이유는 얼굴 구성 요소의 탐색 공간을 축소하여 찾는 계산량을 줄이려는 의도이다.

표 1. 얼굴 특징점 거리 분석  
Table 1. Facial Feature Distance analysis

구분	코끝	윗 입술	턱끝
최소	65.6%	86.3%	169.2%
최대	99.2%	126.2%	226.1%
평균	80.0%	104.2%	195.8%
표준편차	6.4%	9.2%	11.6%
범위	33.6%	40.0%	56.9%

#### 3.2. 얼굴 검출 과정

본 연구에서의 얼굴 추출은 ‘입력 영상의 조명 보정’ -> ‘색상 정보를 이용한 피부색 화소 추출’ -> ‘피부색 추출 후 후처리’ -> ‘피부색 화소 블록 구성’ -> ‘블록 규모를 이용한 1차 얼굴 후보 영역 판단’ -> ‘블록 다각형 구성을 이용한 얼굴 후보 마스크 구성’ -> ‘마스크 영역 내에서 눈 찾기를 통한 2차 얼굴 후보 영역 판단’ -> ‘입 찾기와 코 찾기 후 요소들 사이의 관계에 따른 얼굴 검출 단계로 수행된다.

##### 3.2.1 입력 영상의 조명 보정

조명 보정이란 조명의 영향 때문에 훼손된 컬러 내용을 본래 색으로 최대한 가깝게 되돌리려는 전처리 과정 중의 하나이다. 조명을 보정하는 이유는 색상 영역은 빛에 의존적이기 때문이다. 이렇게 빛에 의존되는 영역의 효과를 줄이기 위하

여 널리 사용되는 방법은 gray-world-assumption 기법에 의한 조명 보정과 reference-white 기법에 의한 조명 보정이 있다.

Gray-world-assumption 기법은 디지털 카메라와 디지털 캠코더에 많이 채택한 기법으로 그레이 이미지의 평균을 R, G, B 영상 각각에 강제 분포시킴으로 조명을 보정하는 것이다. 작성하는 방법은 그레이 평균을 각각의 R, G, B 평균으로 나누어 비례 값을 만들고 만들어진 비례 값을 R, G, B 별 각각의 화소에 반영하는 것이다. Reference-white 기법은 휘도 성분으로 표현된 Y 단일값 영상 범위의 상위 5%내의 화소의 수를 조사하여 화소 개수가 지정한 경계 값 보다 많다면 조명에 의하여 영향을 받았다고 판단하여 영상을 보정을 하는 방법이다. Gray-world-assumption은 디지털 스틸 카메라 또는 비디오카메라에서 많이 사용하는 방법으로 인간의 시각적으로는 조명 보정에 기여를 한다고 하나 본 연구에서 채택한 Hsu의 피부색 판단 함수에 의한 피부색을 추출에는 크게 도움이 되지 않았다. Reference-white 방법은 R, G, B 각 영역에서 어두움에 기여하는 화소를 높은 비율로 재조정하여 어두운 부분을 밝게 하려는 의도를 가지고 있어, 경계 값 설정에 어려움이 있었으며, 성분비가 항상 1보다 큰 값이 나올 경우 전체 영상을 밝게 하는 효과가 있고, 경우에 따라서는 영상을 지나치게 밝게 만드는 결과를 가져왔다.

본 연구에서는 비록 사람의 시각에는 도움이 되지 않더라도 피부색이 잘 추출되도록 하는 별도의 방법이 구성하였다. 얼굴을 찾는 과정 중 피부색을 찾는 과정의 조명 보정의 목적은 조명을 받아 피부색 중 희어진 부분은 빛의 양을 줄이고, 그림자에 의해 빛의 양이 적어 어둡게 된 부분은 밝게 빛의 양을 늘여주면 되는 것이다. 이렇게 하려면 전 영상에 일괄적으로 적용하는 gray-world-assumption 방법과 reference-white 방법과 같이 모든 화소에 같은 비례 값을 적용하는 것은 피부색 추출에 큰 기여를 하지 못하는 것은 명백해 보인다. 따라서 어두운 곳은 좀 큰 비율로 비례 값을 적용하고 밝은 부분은 좀 작은 비율로 비례 값을 적용하는 차별적 변환이 필요하다. 이와 같이 차별적 변환을 하려면 빛이 밝기를 제공하는 채널이 있어야 한다. YCbCr에서 Y는 휘도 성분의 단일 값으로 비록 흰색과 같은 영상의 화소가 있지만 Y 성분을 이용하면 빛의 밝기를 어느 정도 반영할 수 있다. 따라서 Y 분야의 값을 밝기를 제공할 채널로 하였다. 또 이 채널을 바탕으로 입력되는 화소를 어두운 곳은 좀 큰 비율의 비례 값으로 밝게 하고, 밝은 부분은 좀 적은 비율의 비례 값으로 좀 어둡게 할 함수가 필요하였다. 이런 곡선 웨이브를 생산할 함수로는 sigmoid 함수와 sine 함수가 있다. 두 함수

를 이용하여 차별적 변형을 할 때 피부가 아닌 것이 피부색을 갖도록 조절되는 것을 방지할 필요가 있다. 약 20개의 이미지를 이용한 실험에서 sigmoid 함수에 의한 변형은 어두운 것을 너무 밝게 하는 경향이 있어 피부색이 아닌 것을 피부색의 영역으로 변환시키는 문제가 있었으며, 여러 가지로 조절해 보았으나 적절한 파라미터의 값을 찾을 수 없었다. 반면에 sine 함수에 의한 변형은 진폭과 주기 조절을 통하여 양극단을 적절히 제어할 수 있어 피부색이 아닌 것을 피부색으로 변환시키는 경우를 어느 정도 제어할 수 있었으며, 조명에 의하여 제외되었던 피부 영역을 많이 회복시키는 결과를 보여주었다. 본 논문의 실험에 사용된 sigmoid-wave와 sine를 이용한 조명 보정식은 아래와 같다.

$$\begin{aligned}
 nR_{(ij)} &= R_{(ij)} * (sR * \frac{1}{1 + e^{-(sR_{(ij)}/255-b)}}) \text{ 단, } -3 \leq a \leq 0, -1 \leq b \leq 1 \\
 nG_{(ij)} &= G_{(ij)} * (sG * \frac{1}{1 + e^{-(sG_{(ij)}/255-b)}}) \text{ 단, } -3 \leq a \leq 0, -1 \leq b \leq 1 \\
 nB_{(ij)} &= B_{(ij)} * (sB * \frac{1}{1 + e^{-(sB_{(ij)}/255-b)}}) \text{ 단, } -3 \leq a \leq 0, -1 \leq b \leq 1
 \end{aligned} \tag{3-1}$$

$$\begin{aligned}
 nR_{(ij)} &= R_{(ij)} * (1 + \sin(R_{(ij)}/m)/p * \pi * 20/255) \\
 nG_{(ij)} &= G_{(ij)} * (1 + \sin(G_{(ij)}/m)/p * \pi * 20/255) \\
 nB_{(ij)} &= B_{(ij)} * (1 + \sin(B_{(ij)}/m)/p * \pi * 20/255)
 \end{aligned} \tag{3-2}$$

\* mov는 피부색 평균으로 Y를 중심으로 1.30이며, p 1.01로 실험하였다.

이와 같은 방법으로 영상 보정 과정을 통하여 외부 조명의 영향에 따라 잘못 분류될 수 있는 영역의 오류를 어느 정도 보정할 수 있었다. 피부색 추출을 잘 하지 못하면 피부색 블록이 분리되어 영상 속에 얼굴이 있음에도 얼굴을 추출하지 못하는 문제가 발생한다.

두 번째는 설정된 평균과 분산을 기준으로 다음과 같이 모든 이미지를 정규화 하였다.

$$S' = \frac{(S-m) * ustd}{st} + um \tag{3-3}$$

위 식에서 S는 원 이미지이며, m은 원 이미지 평균, st는 원 이미지 분산, um은 정규화 평균, ustd는 정규화 분산이다. 실험에서는 정규화 평균을 110, 정규화 분산을 80으로 하였다. 이 이미지 정규화는 영상을 유사한 중점을 갖게 한다.

### 3.2.2 색상 정보를 이용한 피부색 화소 추출

'색상 정보를 이용한 피부색 화소 추출'은 Rein-Lien Hsu의 'Face Detection In Color Image'에 발표된 내용을 이용하였다. 이 연구에서 피부색 추출 식은 아래와 같다.

$$C'_i(Y) = \begin{cases} (C_i(Y) - \bar{C}_i(Y)) * \frac{W_{C_i}}{W_{C_i}(Y) + \bar{C}_i(K_h)} & \text{if } Y < K_f \text{ or } K_h < Y \\ C_i(Y) & \text{if } Y \in [K_f, K_h] \end{cases} \tag{3-4}$$

$$W_{C_i}(Y) = \begin{cases} \frac{WZ_{C_i} + (Y - Y_{min}) * (W_{C_i} - WZ_{C_i})}{K_f - Y_{min}} & \text{if } Y < K_f \\ \frac{WZ_{C_i} + (Y_{max} - Y) * (W_{C_i} - WZ_{C_i})}{Y_{max} - K_h} & \text{if } K_h < Y \end{cases} \tag{3-5}$$

$$\bar{C}_i(Y) = \begin{cases} 108 + \frac{(K_f - Y) * (118 - 108)}{K_f - Y_{min}} & \text{if } Y < K_f \\ 108 + \frac{(Y - K_h) * (118 - 108)}{Y_{min} - K_h} & \text{if } K_h < Y \end{cases} \tag{3-6}$$

$$\bar{C}_r(Y) = \begin{cases} 154 - \frac{(K_f - Y) * (154 - 144)}{K_f - Y_{min}} & \text{if } Y < K_f \\ 154 + \frac{(Y - K_h) * (154 - 144)}{Y_{max} - K_h} & \text{if } K_h < Y \end{cases} \tag{3-7}$$

$$\frac{(x - ec_x)^2}{a^2} + \frac{(y - ec_y)^2}{b^2} = 1 \tag{3-8}$$

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C'_b - C'_r \\ C'_r - C'_y \end{bmatrix} \tag{3-9}$$

YCbCr 공간에서 채도 성분 Cb와 Cr은 밝기 성분 Y의 함수로 간주되어 Cb(Y), Cr(Y)가 구성되며, 채도 성분은 C'b(Y)와 C'r(Y)로 변형된다. 피부색 모델의 중심은  $\bar{C}_b(Y)$ 와  $\bar{C}_r(Y)$ 로 표현되며, 범위는  $W_{C_b}(Y)$ 와  $W_{C_r}(Y)$ 로 표현된다.  $C_i$ 는  $C_b, C_r$ 을 의미하며,  $W_{C_b}$ 는 46.97,  $WZ_{C_b}$ 는 23,  $WZ_{C_r}$ 는 14,  $W_{C_r}$ 는 38.76,  $WZ_{C_r}$ 는 20,  $WH_{C_r}$ 는 10,  $K_f$ 는 125,  $K_h$ 는 188이고,  $C_x = 109.38, C_y = 152.02, \theta = 2.53, ec_x = 1.60, ec_y = 2.41, a = 23.59, b = 14.03$ 이다.

### 3.2.3 피부색 추출 후 후처리

'피부색 추출 후 후처리'는 격리된 피부색 픽셀과 피부색으로 둘러 쌓인 피부색 속에 잡음의 복원으로 메디안 필터 방법을 이용하여 복원하고, 돌출 픽셀은 4-연결 링크를 이용하여 제거하였다. 이 후 한 번씩의 수축과 팽창 연산을 수행하였다.

### 3.2.4 피부색 화소 블록 구성

'피부색 화소 블록 구성'은 영상 내에서 연결이 되어 있는 화소들을 하나의 블록으로 구성하는 것으로 Two Pass Connected Component Labeling(CCL) 기법을 이용하였다. Two Pass CCL 알고리즘의 의사코드는 아래와 같다.

```

입력: data //피부색 화소와 비피부색 화소로 구분 표현된 2진화 2차원 배열.
출력: labels //블록별 라벨링 된 배열.

procedure TwoPassCCL(data)
{
    linked[N] //연결 관계가 표현될 배열.
    labels[rows][cols] //블록별 라벨링 된 결과가 들어갈 배열.

    < 패스 1 >
    단계1: 행 다음 열 순으로 데이터의 각 요소를 반복한다.
    {
        단계1.1: 만일 data[row][col]의 요소가 백그라운드가 아니면
        {
            단계1.1.1: 현 요소의 라벨 값을 위해 이웃 요소를 검사한다.
                라벨된 이웃이 여럿이라면
            {
                단계1.1.1.1: labels[row][col]에 가장작은 라벨 값을 찾아서
                불이고,
                단계1.1.1.2: 관련된 이웃 라벨끼리는 동등함으로 linked에 저장한다.
            }
            else //만일 이웃이 없다면
            {
                단계1.1.1.3: 현 요소에 유일한 라벨을 붙인다.
            }
        }
    }
    < 패스 2 >
    단계2: 행 다음 열 순으로 데이터의 각 요소를 반복한다.
    {
        단계2.1: 요소가 백그라운드가 아니라면
        {
            단계2.1.1: labels[row][col]에 패스 1에서 동등함으로 저장된 값 중
                가장 작은 라벨로 다시 라벨링한다
        }
    }
}
    
```

### 3.2.5 1차 얼굴 후보 영역 판단

‘1차 얼굴 후보 영역 판정’은 피부색으로 판단된 블록별 화소수로 판단하는 것으로 본 연구에서는 입력 영상의 규모 1/100 크기를 경계로 하여 1/100이하 피부색 블록은 1차 판정에서 제거하였다.

### 3.2.6 얼굴 후보 마스크 구성

‘얼굴 후보 마스크 구성’은 블록 다각형을 구성하는 것으로 Graham scan 알고리즘을 이용하였다. 이 알고리즘의 의사 코드는 다음과 같다.

```

입력: 선택된 블록의 피부색 화소들의 집합 S = {P | (P.x, P.y)}
출력: W //점 집합 S의 원소로 이루어진 블록 다각형.

algorithm GrahamScan( S )
{
    P[N] //화소들을 저장할 수 있는 1차원 배열. N은 화소의 크기
    W //Stack

    단계1: 집합 S의 점을 가운데 가장 낮게 위치하며 낮은 것이 여러 개
        있을 경우 가장 오른쪽의 점을 P[0]=P0로 한다. //블록다각형의 시작점

    단계2: x축을 기준으로 P0와 각 화소들이 이루는 각의 크기를 기준으로
        화소들을 정렬한 리스트를 배열 P에 구성한다. (P[1]=P1, P[2]=P2, .....
        P[N-1]=PN-1) //정렬 순서로 다각형이 구성된다.

    단계3: Push P[0] onto a stack W//블록 다각형을 구성 꼭지 점.

    단계4: i=0;
        while ( i<N-2)
        {
            if P[i]에서 P[(i+2)%N]로 선을 그어 P[i+1]이
                선의 오른쪽에 있으면
            {
                Push P[i+1] onto a stack W //블록 다각형 구성 꼭지 점.
                i++
            }
            else
                P[i+1]을 다각형 구성 리스트에서 제거.
        }
    }
}
    
```

### 3.2.7 2차 얼굴 후보 영역 판단

‘2차 후보 영역 판정’은 블록 내에서 눈의 존재를 찾는 것으로 판단하였다. YCbCr 상의 Cb에서 눈은 비교적 높은 값으로 나타나나 Cr 상에서의 눈은 비교적 낮은 값으로 나타난다. 이를 이용하여 대비시켜 찾으며, 휘도 상에서도 눈동자와 흰자위를 이용하여 한번은 밝은 성분이 득세하도록 만들고 한번은 검은 성분이 득세하도록 만든 후 두 영상을 대비시켜 눈을 찾은 후 채도 성분에서 찾은 것과 논리곱 연산을 통하여 검증하는 것이다. 이 방법은 영상의 크기에 의존적이지 않고 매우 견고하게 잘 추출된다. 채도 영역에서의 눈의 추출은 아래와 같은 식을 이용한다. 여기서  $\bar{C}_r$ 은  $C_r$  음의 값이다. 식에서  $C_b^e, \bar{C}_r^e, C_w/C_r$  은 모두 [0~255]값으로 정규화 하며, 여기서  $\bar{C}_r$ 은  $C_r$  음의 값이다.

$$Eye\ Map\ Chroma = \frac{1}{3} (C_b^e + \bar{C}_r^e + C_w/C_r) \quad (3-10)$$

휘도영역을 기반으로 한 눈 영역 검출은 아래 식을 이용하였다. 여기에서 ‘ $\oplus$ ’과 ‘ $\ominus$ ’은 모폴로지 팽창과 침식연산을 의미한다.

$$Eye\ Map\ Luma = \frac{Y(x,y) \oplus g_\sigma(x,y)}{Y(x,y) \ominus g_\sigma(x,y) + 1} \quad (3-11)$$

$$eyemap - luma1 = Y(x, y) \oplus g_{\sigma}(x, y) \quad (3-12)$$

$$eyemap - luma2 = Y(x, y) \ominus g_{\sigma}(x, y) \quad (3-13)$$

색차의 간격을 넓게 하기 위하여 히스토그램 균등화를 적용한다. 이후 밝기 순 상위 10%를 경계값으로 하여 이진화를 수행한다. 이진화 후 눈의 위치 파악은 TwoPassCCL을 통한 라벨링 후 블록의 크기와 추정 구조를 정보로 하여 판단하였다. 눈은 구조상 비교적 둥그런 구조로 추출된다는 점과 두 눈의 대칭성을 반영하는 평가 함수를 적용한 후 눈을 인식하는 방법을 이용하였다. 즉 블록 별로 x축과 y축의 양 끝점을 추출하여 두 점간에 길이가 긴 것을 축으로 하여 길이로 하고 이축을 중심으로 폭을 찾아 비가 6:4 이내의 것을 후보로 하였으며, 이 후보 블록을 기준하여 다른 반의 블록 안에 후보 블록이 있을 때 대칭성을 갖는다고 판단하여 이를 눈으로 간주하고, 이 블록의 무게 중심을 눈의 중점으로 하였다.

### 3.2.8 얼굴 검출 및 추적

앞 단계를 거치며 판단된 후보 영역을 바탕으로 얼굴을 판단한다. 눈의 위치와 표1의 통계 자료를 바탕으로 코와 입의 검증을 수행하였다.

'특징점 추출'은 눈의 위치는 '2차 후보 영역 판정'에서 찾은 눈을 인정하였으며, 두 눈의 위치를 기준하여 축을 구성하고 표1의 통계 자료에서 얻어진 값을 중심으로 비교적 축소된 범위 내에서 코끝의 위치를 찾고, 또 입술의 범위를 찾았다.

입술 영역 찾기는 입술 내부 영역 찾기로 축소된 범위 내의 Cr 영상의 관찰로부터 추출된 아이디어를 수행하였다. Cr 영상을 보면 입 내부의 무채색부분과 입술에 해당하는 붉은색 개통의 영역 경계가 확실히 보인다. 따라서 입 추출 연산은 통계 정보를 이용 입 부분만을 Canny필터로 외곽선을 추출하고 단일 화소와 보푸라기 잡음 화소를 제거하며, 한 칸 떨어진 선들은 연결하고, 수축과 팽창 연산을 통해 외곽 선을 정리한 후 발화하는 입은 구멍이므로 구멍 채움 연산을 수행한다. 이후 앞에서 한 팽창 연산보다 하나 큰 값으로 스케일 구조를 통한 모폴로지 침식 연산을 하여 라인 이미지를 모두 제거하고, 한 픽셀 정도의 값을 팽창 연산을 통하여 복원해 준다. 그리고 남은 영상에서 외곽선을 추출한다.

코끝 찾기는 찾은 눈과 입 상단의 축소된 범위 영역 내에서 Canny 필터 외곽선을 이용하여 추출한 화소 수 중 3픽셀 두께 합 최고 지점으로 두 눈을 이용하여 수직으로 그 눈의 중심선 교차점을 통계적 처리에 의하여 코의 위치로 추출하고, 이렇게 얼굴 구성 요소를 찾고 이를 이용하여 확신도에 의한 얼굴을 판하고 이를 바탕으로 추적을 수행하였다.

그림 2는 3.2에서 설명한 수행과정을 보여주고 있다. 상단

왼쪽부터 오른쪽, 아래쪽으로 이동하며 원 영상, 피부색 추출 영상, 피부색 추출 후 후처리 영상, 피부색 별 화소블록 구성 영상, 1차 후보영역판단 영상(전체 화소수의 1/100 이하 작은 블록은 후보에서 제거되었다), 후보영역 마스크 구성 영상, 마스크 영역별 분류 블록 영상, EyeMapCroma, EyeMapLuma, EyeMapCroma와 EyeMapLuma의 대비 영상, 마스크 적용영상, 마스크 적용 범위에서 눈찾기 결과영상, 눈 정보와 통계정보를 이용한 마스크 적용범위에서 코찾기 수행 영상, 눈정보와 통계정보를 이용한 입찾기 수행영상, 구성 요소를 바탕으로 한 얼굴 확신 추적영상이다.

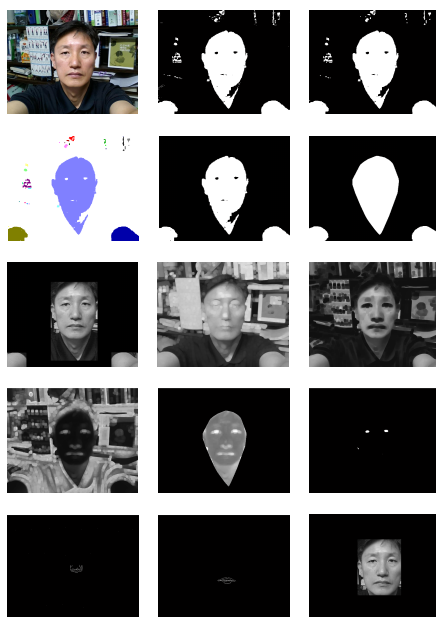


그림 2. 얼굴 검출 과정  
Fig 2. Face Detection Process

## IV. 얼굴 추적 실험

제안한 방법의 타당성을 검증하기 위하여 10명을 대상으로 실내, 자동차 안, 실외 세 곳에서 초당 1프레임씩 60초의 동영상 총 1800 프레임을 취득하여 실험하였다. 20대에서 50대까지의 성인 남녀로 구성하였으며, 모두 동양인이었다. 모두 동일한 위치에서 60초 정도에 360도 회전하며 영상을 취득하였으며, 자동차 안의 경우 차를 몰아 360도 회전을 하였다. 구성된 프로그램은 실험에 사용한 컴퓨터에서 프레임당 처리 속도가 3초 정도 소모되어 60초의 동영상을 촬영한 후 이를 60개의 정지 영상파일로 변환하여 이를 차례로 읽어 처리하게 하였다.

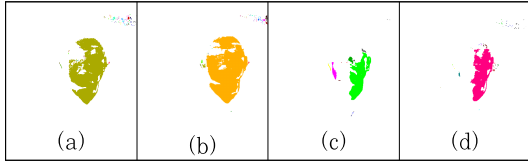


그림 3. 피부색 화소 추출  
Fig 3. Extracting Skin Color Pixels

그림 3의 (a) (b)는 피부색 화소 추출을 위한 조명 적용전과 적용 후의 결과 중 하나를 보인 것이다. 20개의 무작위 추출된 영상으로 실험해 보았을 때 피부화소를 피부 화소로 추출한 경우는 약 8% 증가하였으나 피부가 아닌 화소를 피부 화소로 추출하는 경우도 약 4% 정도 증가하는 결과를 보였다. 따라서 약 4%의 개선 효과를 보았다고 주장 할 수 있었다. (c)와 (d)는 자동차 안의 경우 광이 들어오는 방향 때문에 차량 안쪽 부분의 얼굴이 왜곡되어 피부색으로 추출되지 못한 경우를 보이고 있는 예를 보인 것이다.

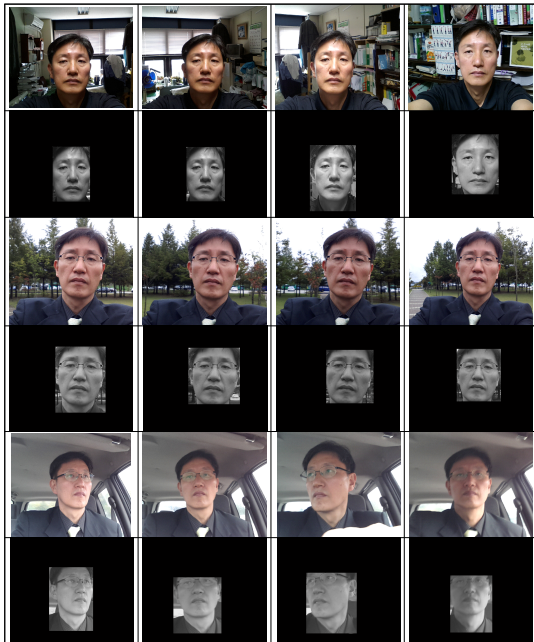


그림 4. 얼굴 추적 결과  
Fig 4. Face Tracking Result

그림 4는 얼굴 추적에 성공한 예의 결과를 보인 것으로 결과에서는 얼굴이 있는 블록을 범위로 하여 출력하도록 하였다. 실외의 경우 눈이 감긴 경우를 제외하면 모두 얼굴을 잘 추적하고 있었으며, 실내의 경우도 눈이 감긴 경우와 광량이 부족하여 지극히 왜곡된 경우를 제외하면 차량 안과 비교할

때 비교적 높은 얼굴 추적률을 보였다. 차량 안의 경우 근본적으로 빛이 들어오는 방향이 치우쳐 있는 관계로 인식률이 떨어지는 편이다. 실외의 경우 추적 성공이 593 프레임, 실패가 7 프레임, 실내의 경우 추적 성공이 516 프레임, 실패가 84프레임, 차량 안의 경우 추적 성공이 427 프레임, 실패 173 프레임으로 약 85.3%의 인식률을 얻었다.

실패의 이유는는 대부분을 피부색 추출 실패로 보아야 할 것이며 이는 얼굴 구성요소 찾기의 실패로 이어졌다. 피부색 추출 실패는 조명의 영향으로 얼굴의 일부만 피부색으로 추출되거나 눈을 중심으로 얼굴의 이마부와 얼굴 하부가 분리된 블록으로 추출된 경우도 있었다. 실패의 일부는 얼굴이 너무 돌아가 영상에서 한 눈만 보이는 경우도 있었다.

향후 개선 방향으로는 환경에 적응적인 조명 보정을 고려해 필요가 있으며, 차량 안과 같이 조명 영향으로 얼굴의 반만 찾을 경우 나머지를 지식 기반으로 찾으려는 노력이 필요하며, 피부색 블록이 다수가 추출된 영상으로 얼굴 추적에 실패한 영상의 경우 인접하는 피부색 블록과 결합 블록을 구성하여 얼굴을 다시 추적하는 노력이 필요한 것으로 보인다. 또한 프레임과 프레임 사이에서 얼굴 추적에 실패한 경우 앞의 프레임에서 찾은 얼굴 정보를 바탕으로 추적하는 지식 기반 추적 노력도 필요한 것으로 보인다.

## V. 결론

본 연구에서는 고정된 카메라에서 대상 물체의 움직임을 추적하는 시스템이 아닌 카메라의 이동도 허락하는 얼굴 추적 시스템을 구현하였다. 얼굴 추적 초기 단계에서 피부색 화소 추출이 중요하나 광에 의한 왜곡으로 피부색 범위를 벗어나는 화소를 위해 조명 보정 함수를 제안하였으며, 입력 영상의 1/100 크기부터 전체 화면 크기의 얼굴을 추적할 수 있는 시스템으로 통계적 기법을 통해 얼굴 특징 점을 빨리 찾을 수 있도록 시스템을 구성하였다. 비교적 성능이 좋으며 본 시스템에 의해 추출된 얼굴은 100% 얼굴로 얼굴이 아닌데 얼굴로 오인식하는 결과는 없었으나, 얼굴임에도 조명에 의한 피부색 왜곡 시 잘 추출하지 못하며, 옆 얼굴과 같이 두 눈이 보이지 않는 영상의 경우도 얼굴로 추적하지 못하는 문제를 가지고 있다.

향후 연구 과제로 피부색 추정에 도움이 되는 환경 적응적 조명 보정에 대한 연구와 조명의 영향 등의 이유로 일부 얼굴이 추출될 경우 지능을 바탕으로 나머지를 추정하여 추출해 내는 연구와 옆면 얼굴도 추적하는 연구가 필요한 것으로 사료된다.

## 참고문헌

- [1] M. H. Yang, D. Kriegman, N. Ahuja, "Detecting Face in Images: A Survey," IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 24, No. 1, pp. 34-58, 2002.
- [2] C. C. Chiang, W. K. Tai, M. T. Y. T. Yang, C. J. Huang, "A Novel Method for Detecting Lips, Eyes and Faces in Real Time," Real-Time Imaging, pp. 277-287, 2003.
- [3] K. H. Lee, R. Yang, S. B. Rhee, "Automatic Speechreading Feature Detection Using Color Information", Vol. 13, No. 6, 2008.
- [4] K. H. Lee, R. Yang, S. O. Kim, "A Study on Speechreading about the Korean 8 Vowel", KSCL, Vol. 14, No. 3, 2009.
- [5] W. Y. Kim, Y. H. Seo, D. W. Kim, "Template-Matching-based High-Speed face Tracking Method using Depth information", JOURNAL OF BROADCAST ENGINEERING, Vol. 18, No. 3, pp. 349-361, 2013
- [6] O. Gonzalez, D. Diaz-Pernas, F. J. Anton-Rodriguez, M. Martinez-Zarzuela, M. Diez-Higuera, "MLP-based face recognition with Gabor filters and PCA", Pattern recognition and image analysis : advances in mathematical theory and applications in the USSR, Vol. 23 No. 1, pp. 10-25, 2013
- [7] S. K. Oh, B. H. Jang, "Design of Optimized pRBFNNs-based Night Vision Face Recognition System Using PCA Algorithm", IEEK, Vol. 50, No. 1, pp. 225-231, 2013.
- [8] T.E. Campos, R.S. Feris, E. M. J. Cesar, "Eigenfaces versus Eigeneyes: First Step Toward Performance Assessment of Representations for Face Recognition," Lecture Notes in Artificial Intelligence, MICAI 2000, LNAI 1793, pp. 197-206, 2000.
- [9] R. L. Hsu, M. Abdel-Mottaleb, K. J. Anil, "Face Detection in Color Images," IEEE Trans. on Pattern Analysis, Vol. 24, No. 5, pp. 696-706, 2002.
- [10] Tziritas, G.C., "Face Detection Using Quantities Skin Color Region Merging and Wavelet Packet Analysis," IEEE Transactions on Multimedia, Vol. 1, No. 3, pp. 264-277, 1999.
- [11] R. L. Hsu, M. Abdel-Mottaleb, A. K. Jain, "Face Detection in Color Images", IEEE Trans. on Pattern Analysis, Vol. 24, No. 5, pp. 696-706, 2002

## 저자 소개



### 이 경 호

1991: 한국방송통신대학교 이학사.

1994: 한국과학기술원 공학석사.

2008: 단국대학교 공학박사

현 재: 한라대학교

정보통신방송공학부 교수

관심분야: 게임, 패턴인식, HCI,

디지털 신호처리,

컴퓨터 기술 응용

Email : khlee@halla.ac.kr