

## 히스토그램을 이용한 얼굴 표정 인식 방법

# A Face Expression Recognition Method using Histograms

허 경 무\*

(Kyung Moo Huh<sup>1,\*</sup>)

<sup>1</sup>Department of Electronics Engineering, Dankook University

**Abstract:** Generally, feature area detection methods are widely used for face expression recognition by detecting the feature areas of human eyes, eyebrows and mouth. In this paper, we proposed a face expression recognition method using the histograms of the face, eyes and mouth for many applications including robot technology. The experimental results show that the proposed method has a new type of face expression recognition capability compared to conventional methods.

**Keywords:** face expression recognition, histogram

### I. 서론

일반적으로 사람들은 기분이 좋을 때는 “얼굴 표정이 밝다”는 얘기를 상대방으로부터 많이 듣게 되고, 기분이 안 좋거나 침체되어 있을 때는 “얼굴 표정이 어둡다”는 얘기를 많이 듣게 된다. 그런데 이렇게 무심코 쓰는 얘기가 상당히 과학적으로 일리가 있다고 판단된다. 즉 “밝다, 어둡다”하는 것은 밝기(명도)를 척도로 하고 있는데, 이 척도가 얼굴 표정과 직접적으로 관련이 있다는 것이다. 현재 많이 연구되어있는 얼굴 표정 인식 방법들[1-8]은 얼굴 영상에서 눈과 눈썹, 입 등의 특징 영역 검출을 통해 인식하는 방법들이 대부분이다. 그러나 이러한 방법들은 사용하는 방법에 따라 눈이나 입의 검출 및 표정 인식을 위한 여러 가지 조건들을 만족해야하는 어려움이 있으며, 더구나 미세한 차이의 표정을 파악하기는 매우 어려운 것이 사실이다.

본 연구에서는 특징 영역 검출 방법 대신에 밝기 정보를 이용하여 얼굴 표정을 인식하는 방법을 제안하고, 그 타당성을 보이고자 한다. 구체적으로는 얼굴 영상의 밝기 히스토그램을 이용하여, 얼굴 표정의 변화와 히스토그램과의 관계를 분석하고, 이를 통해 얼굴 표정을 인식하는 방법이다. 또한 역시 부분적으로는 눈과 입 영역의 히스토그램을 분석하는 것이 필요하다. 다만 평상시의 보통의 얼굴 표정 영상의 히스토그램을 기준으로 하여 판단하게 된다.

### II. 연구 배경

#### 1. 기존의 얼굴 표정 인식 방법

사람의 얼굴에서 감정적인 특징을 포함하고 있는 영역은 눈, 눈썹, 입 꼬리, 입술 주변부 등으로 주로 눈썹과 입 꼬리 형태에 초점을 맞추어 감정 내포 영역을 설정한다. 감정 특징 검출은 크게 두 가지 방법으로 구분되는데 첫 번째로 holistic 방법으로 전체적인 얼굴 영상에서의 픽셀

값의 intensity를 모델링하거나 표현함으로써 특징을 검출하는 방식이다[9,10]. 그 예로 이미지 전체의 구성을 local binary pattern을 이용하여 이미지를 분석한 후, template matching 방법을 이용하여 이미지가 감정을 나타내는 DB중에 어느부분에 가까운지를 판별하여 최종적으로 감정을 인식하는 방법이다[9]. 또 하나의 방법은 영상의 눈, 코, 입과 같은 부분의 entropy의 변화량을 측정하여, 각 표정에 대한 기준 엔트로피 변화량을 설정하고, 입력되는 이미지에서의 entropy 변화가 어느쪽에 가까운지를 판별하여 최종적으로 감정을 인식하는 방법이다[10]. 두 번째 방법은 기하학적 접근방식으로 얼굴에서의 특징 영역의 기하학적 배열의 위치를 탐색하여 특징을 검출하는 방식이다[7-10]. 현재 대부분의 얼굴 표정 인식은 특징 영역의 기하학적인 배열을 탐색하여 검출하는 방식을 사용하고 있다. 그 예로, eigenface를 이용한 방법이 있다[3]. 이 방법은 벡터들의 저차원공간으로의 변환으로 표현된다. 주요요소분석의 최종 출력은 데이터집합에서 추출한 변수의 총합에 의해 정렬된 기저 벡터들의 집합이다. 이 기저 벡터들은 모든 데이터 집합인 학습 집합으로부터 계산된다. 그렇게, 명확하게 학습 집합의 크기와 내부변화를 가진 이것들은 결과들의 품질에 영향을 미칠 수 있는 인수들이다. 입력얼굴은 이것의 계수들을 계산하고, 얼굴 데이터베이스의 계수들을 비교함으로써 인식되는 방법이다. 또 하나의 예로 영상에서의 특징 검출을 위한 shape model과 texture model을 구축하는 통계학적인 접근 기법인 AAM 방식과 불확실한 상황을 확률로 표시하고, 복잡한 추론을 정량화된 노드의 관계로 단순화 시켜 노드의 연결 관계로 표현하는 방향성 비순환 그래프인 베이시안 네트워크를 사용하여 얼굴 표정을 인식하는 방법이다[2]. 이 방법은 AAM를 이용하여 선별된 database의 얼굴영상들은 감정 정보를 가장 많이 내포한 action unit영역을 120개의 특징 영역으로 지정하였다. 이는 수동으로 landmark를 지정하는 방식으로 하고, 지정된 120개의 특징 영역은 구축된 DB의 이미지 파일의 수에 따라 적절한 appearance Model을 생성해내고, action unit 간의 상관관계

\* Corresponding Author

Manuscript received February 15, 2014 / revised March 15, 2014 / accepted March 30, 2014

허경무: 단국대학교 전자공학과(huhkm@dku.edu)

및 확률적인 인과관계에 따라 구축된 베이지안 네트워크에 의하여 가장 높은 확률 값을 가지는 감정으로 판별하여 표정을 인식하는 방법이다. 또 다른 방법으로는 표정 인식을 위한 특정 영역을 추출하여, 이를 입력이 22개인 퍼지 분류기를 통하여 얼굴 표정을 인식하는 방법이 있다[1]. 이 방법에서 퍼지 분류기는 규칙수가 복수인 매우 복잡한 형태를 가지게 된다. 따라서 분류기에 입력수가 많아도 좋은 성능을 가지게 하기 위하여 선형 행렬 부등식을 이용한 최적화 방법을 사용하여 퍼지 분류기를 사용한다.

## 2. 기존 방법의 문제점

얼굴 특징의 위치와 모양은 조명, 가려짐, 움직임 등 다양한 요인에 의해서 시시각각 변하기 때문에 이를 정확하게 추적하는 일은 쉽지 않은 문제다[4,5]. 얼굴 표정을 추적하는 이전 연구들은 상태 공간을 최대한 축소하여 추적을 하였다. 이렇게 하면 대략적인 위치와 모양만을 알 수 있게 되어, 감정과 의도를 분석하는데 쓰이기엔 어려움이 많다[6,8]. 또한 강인하게 처리할 수 있는 대신, 계산량이 많아져 처리 속도가 늦어진다는 단점도 존재한다. 또한 종래의 얼굴 표정 인식 방법들이 눈과 눈썹, 입 등의 특정 영역 검출을 통해 인식함으로써, 검출되기 힘든 미세한 표정 차이를 파악하기에는 역부족이었던 것이 사실이다. 또한 부끄러울 때와 창백할 때의 표정 들은 특정 영역 검출 방법으로는 인식하기 어려운 표정 들이다[1-8,11,12].

## III. 히스토그램을 이용한 표정 인식 방법

제안하는 히스토그램을 이용한 표정 인식 방법은 크게 3 가지 단계로 구분할 수 있다. 우선, 입력되어지는 컬러 영상을 식 (1)을 이용하여, 그레이 이미지로 변환하게 된다. 물론 이렇게 변환하는 식들은 다양하게 존재한다. 하지만 본 논문에서는 그중 가장 널리 사용되는 방법을 사용하였다. 즉 그레이 이미지에서의 Gray Level은

$$GL = \frac{R + G + B}{3} \quad (1)$$

로 계산된다. 여기서, R, G, B는 각 픽셀이 가지는 Red, Green, Blue 성분 값이고, 식 (1)에 의해서 계산되는 값이 그 픽셀이 그레이 이미지로 변환되었을 때 가지는 값이다. 그런 후, 변환된 그레이 이미지에서 배경부분을 제외시키기 위하여 일반적으로 많이 사용되는 Sobel Filter를 이용하였다. 이 필터는 edge를 상대적으로 강하게 표시하는 특징이 있다. Sobel Filter를 이용하여 나온 결과를 기준으로 세로축은 위에서부터 edge가 나오기 전까지 검정색으로 채우며, 가로축은 양끝에서 edge가 나오기 전까지 채운다. 이렇게 하면 사람의 얼굴에 해당하는 부분만을 영상에 남길 수 있게 된다[13]. 이렇게 변환된 이미지의 히스토그램을 식 (2)를 이용하여 각 영상의 평균 명도값(AGL: Average Gray Level) 값을 구하였다. 히스토그램의 AGL 값은 입력 되어지는 영상의 히스토그램의 분포에 따라 변하게 되고, 이것은 표정 변화를 인식하는데 유용한 데이터로 사용된다.

$$AGL = \frac{\sum_{h=0}^{255} (h \times P_h)}{P} \quad (2)$$

식 (2)에서 h는 명도값을 나타내는 것으로 0~255의 값을 가지게 되며, P<sub>h</sub>는 명도값이 h인 픽셀의 갯수를 나타낸다. 그리고 P는 입력영상의 전체 픽셀 갯수를 나타낸다. 이렇게 입력 영상의 AGL 값이 구해지게 되면, 기준이 되는 무표정 보통상태 얼굴영상의 AGL 값과 비교하여, 현재 입력되어지는 영상의 표정을 인식하게 된다.

그러나 부끄럽거나 화가 나서 얼굴이 빨개지게 되는 특수한 경우가 발생하면, 이는 식 (1)의 그레이 변환을 이용하는 것이 아니라 영상에 컬러분할을 적용하여 영상에서 red, green, blue 성분을 각각 분리하고, 이 성분들의 히스토그램을 분석하여 표정을 인식하도록 한다. 물론 이 경우에도 표정인식을 위한 기준이 되는 무표정 보통상태 얼굴 영상 또한 red, green, blue 성분을 각각 분리하고, 이 성분들의 히스토그램을 기준으로 사용한다. 이러한 방법을 통하여 기준이 되는 AGL 값과의 차이를 이용하여 표정을 인식하게 된다.

그 판단 기준은 다음과 같다.

우선, 밝은 표정과 어두운 표정을 구분하기 위하여 식 (3)을 이용하였다.

$$\begin{cases} IF_{AGL} - F_{AGL} > \sigma & : \text{밝은 표정} \\ -\sigma < IF_{AGL} - F_{AGL} < \sigma & : \text{보통 표정} \\ IF_{AGL} - F_{AGL} < -\sigma & : \text{어두운 표정} \end{cases} \quad (3)$$

식 (3)에서 IF<sub>AGL</sub>은 입력 얼굴 영상의 AGL 값을 나타내며, F<sub>AGL</sub>은 기준이 되는 보통 얼굴 영상의 AGL 값을 나타낸다. 이와 같은 기준으로 밝은 표정과 어두운 표정을 구분한다. 다음으로, 초롱초롱한 눈과 졸린 눈을 구분하기 위하여 식 (4)를 이용하였다.

$$\begin{cases} IE_{AGL} - E_{AGL} > \sigma & : \text{초롱초롱한 눈} \\ -\sigma < IE_{AGL} - E_{AGL} < \sigma & : \text{보통 눈} \\ IE_{AGL} - E_{AGL} < -\sigma & : \text{졸린 눈} \end{cases} \quad (4)$$

식 (4)에서 IE<sub>AGL</sub>은 입력 눈 영상의 AGL 값을 나타내며, E<sub>AGL</sub>은 기준이 되는 보통 눈 영상의 AGL 값을 나타낸다. 이와 같은 기준으로 초롱초롱한 눈과 졸린 눈을 구분한다. 다음으로 좋을 때의 입과 시무룩할 때의 입을 구분하기 위하여 식 (5)를 이용하였다.

$$\begin{cases} IM_{AGL} - M_{AGL} > \sigma & : \text{좋은 때의 입} \\ -\sigma < IM_{AGL} - M_{AGL} < \sigma & : \text{보통 때의 입} \\ IM_{AGL} - M_{AGL} < -\sigma & : \text{시무룩할 때의 입} \end{cases} \quad (5)$$

식 (5)에서 IM<sub>AGL</sub>은 입력 입 영상의 AGL 값을 나타내며, M<sub>AGL</sub>은 기준이 되는 보통 입 영상의 AGL 값을 나타낸다. 이와 같은 기준으로 좋을 때의 입과 시무룩할 때의 입을 구분한다.

다음으로 부끄러운 표정을 인식하기 위해서는 식 (6)을 이용하였고, 창백한 표정을 인식하기 위해서는 식 (7)을 이용하였다.

$$\begin{cases} IF_R - F_R > \sigma \\ -\epsilon < IF_G - F_G < \epsilon \\ -\epsilon < IF_B - F_B < \epsilon \end{cases} \quad (6)$$

$$\begin{cases} IF_R - F_R > \sigma \\ IF_G - F_G > \sigma \\ IF_B - F_B > \sigma \end{cases} \quad (7)$$

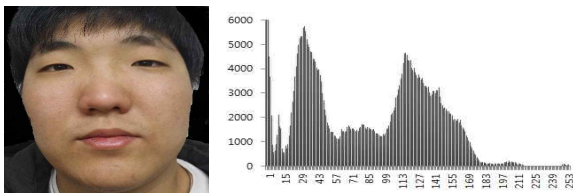
식 (6)과 (7)에서  $IF_R, IF_G, IF_B$ 는 각각 입력 영상의 R, G, B 성분들의 AGL 값을 나타내며,  $F_R, F_G, F_B$ 는 기준이 되는 보통 영상의 R, G, B 성분들의 AGL 값을 나타낸다. 이와 같은 기준으로 식 (6)을 만족할 때 부끄러운 표정으로 구분하며, 식 (7)을 만족할 때 창백한 표정으로 구분한다.

IV. 실험 결과 및 고찰

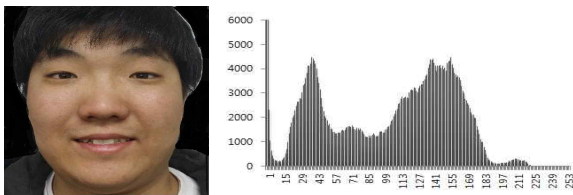
1. 밝은 표정과 어두운 표정의 히스토그램

사람의 표정이 밝은 것과 어두운 것은 사람의 육안으로 보면, 차이를 알 수 있다. 당연히 그 차이들이 히스토그램에 영향을 주었을 것이다. 따라서 밝은 표정과 어두운 표정의 히스토그램을 보면, 차이점을 알 수 있다. 아래 그림 1은 보통 표정과 밝은 표정 그리고 어두운 표정의 얼굴 이미지와 히스토그램을 나타낸 것이다.

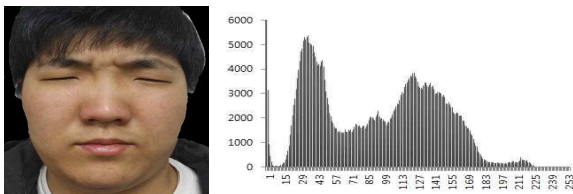
히스토그램들의 차이점을 보면 보통 표정일 때의 히스토그램보다 밝은 표정일 때의 히스토그램이 낮은 명암도 성분들이 전체적으로 줄어들고, 반대로 높은 명암도 성분들이 늘어난 것을 알 수 있다. 그리고 어두운 표정일 때의 히스토그램은 낮은 명암도 성분들이 전체적으로 늘어난 반면 높은 명암도 성분들이 줄어든 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 표 1에 있는 AGL 값들로 확인할 수 있다. 표 1에



(a) Face image and histogram of normal expression.



(b) Face image and histogram of bright expression.



(c) Face image and histogram of dark expression.

그림 1. 보통 표정, 밝은 표정 그리고 어두운 표정의 비교.  
Fig. 1. Comparison of normal, bright and dark expression.

표 1. 얼굴 이미지의 AGL 값.

Table 1. AGL value of face image.

	보통상태	밝은 표정	어두운 표정
대상1	73.46	86.1	70.2
대상2	82.5	87.9	80.4
대상3	70.8	79.3	63.5
대상4	65.8	71.7	64.1
대상5	58.6	72.1	54.4
대상6	46.8	50.2	42.5
대상7	58.5	62.7	55.8
대상8	46.3	57.2	41.5
대상9	54.2	63.4	51.2
대상10	58.2	64.9	51.7

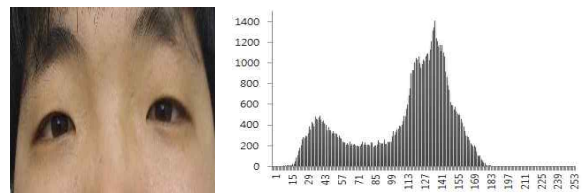
서는 식 (3)의  $\sigma$ 를 4로 설정하였다.

표 1에서 보는 바와 같이 보통 상태를 기준으로 밝은 표정은 평균 8이 증가된 AGL 값을 가지게 되며, 어두운 표정은 평균 4가 감소된 AGL 값을 가지게 된다.

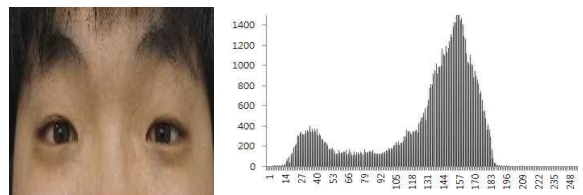
2. 초롱초롱한 눈과 졸린 눈의 히스토그램

초롱초롱한 눈과 졸린 눈의 경우도, 사람의 육안으로 보면 차이점이 보인다. 따라서 이 경우도 히스토그램의 변화가 있으며 히스토그램을 비교해 보면, 그 차이점을 인식할 수 있다. 눈 부분에 해당하는 이미지를 추출하기 위하여, X:70,Y:130 픽셀부터 X:520,Y:300 픽셀까지의 영역을 눈 이미지에 해당하는 영역으로 추출하게 된다. 이는 대상이 되는 이미지가 항상 800x600의 해상도를 가지기 때문이다. 그림 2는 보통 눈, 초롱초롱한 눈 그리고 졸린 눈 이미지와 히스토그램을 나타낸 것이다.

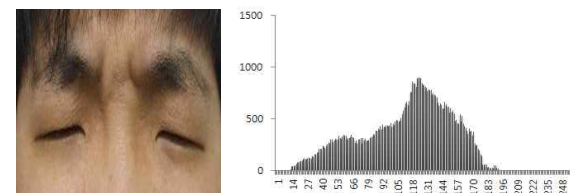
히스토그램의 차이를 보면 보통 눈의 히스토그램보다



(a) Image and histogram of normal eyes.



(b) Image and histogram of sparkling eyes.



(c) Image and histogram of sleepy eyes.

그림 2. 보통 눈, 초롱초롱한 눈 그리고 졸린 눈의 비교.

Fig. 2. Comparison of normal eyes, sparkling eyes and sleepy eyes.

표 2. 눈 이미지의 AGL 값.

Table 2. AGL value of eye image.

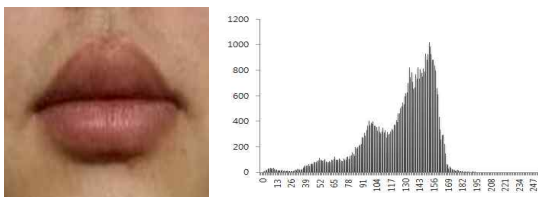
	보통 눈	초롱초롱한 눈	줄린 눈
대상1	109.6	138.1	104.6
대상2	140.1	143.2	134.7
대상3	101.2	111.1	95.1
대상4	108.4	112.6	88.4
대상5	105.4	139.5	88.6
대상6	111.7	119.1	104.7
대상7	127.8	131.9	120.2
대상8	101.6	108.8	97.5
대상9	114.7	120.5	110.1
대상10	125.7	129.2	121.7

초롱초롱한 눈의 히스토그램이 높은 명암도 성분을 갖는 쪽으로 이동하였다는 것을 알 수 있으며, 낮은 명암도 성분이 전체적으로 줄어든 것을 알 수 있다. 또한, 줄린 눈 이미지의 히스토그램은 낮은 명암도 성분을 갖는 쪽으로 이동하면서 전체적으로 높은 명암도 성분보다는 낮은 명암도 성분이 고르게 증가한 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 표 2에 있는 AGL 값들로 확인할 수 있다. 표 2에서는 식 (4)의  $\sigma$ 를 3으로 설정하였다.

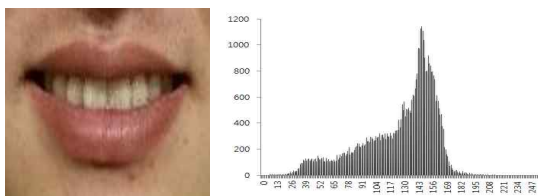
표 2에서 보는 바와 같이 보통 눈을 기준으로 초롱초롱한 눈은 평균 10.7이 증가된 AGL 값을 가지게 되며, 줄린 눈은 평균 8이 감소된 AGL 값을 가지게 되는 것을 알 수 있다.

3. 좋을 때의 입과 시무룩할 때의 입의 히스토그램

사람의 감정이 좋을 때와 시무룩할 때의 표정의 변화는 입에서도 나타난다. 감정이 좋을 때는 치아가 보이는 것과 같이 보통 상태와는 다른 변화가 일어난다. 또한 시무룩할 때는 입을 굳게 다물게 된다. 물론 이렇게 굳게 다무는 것이 보통 상태와 크게 차이가 나지는 않을 수도 있지만, 입 주변에 음영의 변화와 같은 변화가 생기게 된다. 따라서 이러한 변화가 히스토그램에 영향을 미치게 된다. 입 부분에 해당하는 이미지를 추출하기 위하여, X:160,Y:500 픽셀부터 X:460,Y:650 픽셀까지의 영역을 입 이미지에 해당하는



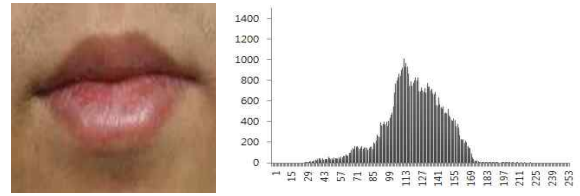
(a) Mouth image and histogram of normal expression.



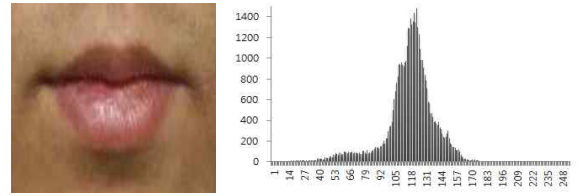
(b) Mouth image and histogram of happy expression.

그림 3. 보통일 때와 좋을 때의 입 이미지 비교.

Fig. 3. Comparison of the mouth images of normal expression and happy expression.



(a) Mouth image and histogram of normal expression.



(b) Mouth image and histogram of sullen expression.

그림 4. 보통일 때와 시무룩할 때의 입 이미지 비교.

Fig. 4. Comparison of the mouth images of normal expression and sullen expression.

영역으로 추출하게 된다. 이는 대상이 되는 이미지가 항상 800x 600의 해상도를 가지기 때문이다. 그림 3은 보통일 때와 좋을 때의 입 이미지와 히스토그램을 나타낸 것이며, 그림 4는 보통일 때와 시무룩할 때의 입 이미지와 히스토그램을 나타낸 것이다.

두 히스토그램의 차이를 보면 보통일 때의 입 이미지 히스토그램보다 좋을 때의 입 이미지 히스토그램이 높은 명암도 성분을 갖는 일정 영역으로 상당히 집중된 것을 알 수 있다. 또한 시무룩할 때의 입 이미지는 낮은 명암도 성분을 갖는 일정 영역으로 집중되는 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 표 3에 있는 AGL 값들로 확인할 수 있다. 표 3에서는 식 (5)의  $\sigma$ 를 8로 설정하였다.

표 3에서 보는 바와 같이 보통일 때를 기준으로 좋을 때는 평균 19.3이 증가된 AGL 값을 가지게 되며, 시무룩할 때는 평균 12.8이 감소된 AGL 값을 가지게 되는 것을 알 수 있다.

4. 부끄러울 때와 창백할 때의 히스토그램

사람의 안색이 변할 때는 보통 빨개질 때와 창백해질 때로 나눌 수 있다. 보통 얼굴이 빨개지는 경우는 엄청나게 화가 나거나 아니면 몸에 열이 있어 빨개지는 것과 같은 다양한 경우가 존재하며, 창백해지는 경우도 엄청나게 놀라

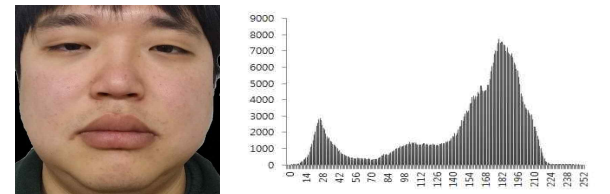
표 3. 입 이미지의 AGL 값.

Table 3. AGL value of mouth image.

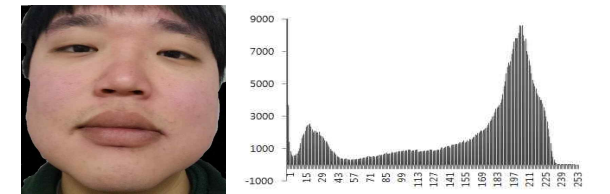
	보통일 때	좋을 때	시무룩할 때
대상1	123.3	134.0	109.6
대상2	120.4	128.5	108.7
대상3	119.9	129.1	99.1
대상4	120	145.3	107.7
대상5	69.5	127.5	57.7
대상6	98.2	119.8	89.2
대상7	100.9	123.9	89.4
대상8	114.2	125.7	102.1
대상9	107.3	120.8	91.9
대상10	95.6	108.2	85.7

거나 몸 상태가 좋지 않을 때와 같이 다양한 경우가 존재하게 된다. 이러한 안색의 변화를 인식하여 사람의 표정을 인식한다면 보다 정교한 인식이 가능하다. 따라서 얼굴의 색이 변하는 경우에는 컬러분할을 적용하여 영상에서 red, green, blue 성분을 각각 분리하고, 이 성분들의 히스토그램을 구하여 표정 인식을 수행한다. 다음의 그림 5는 보통일 때와 부끄러워 얼굴이 빨개질 때의 얼굴 이미지와 히스토그램이며, 그림 6은 보통일 때와 창백할 때의 얼굴 이미지와 히스토그램이다.

부끄러울 때는 얼굴이 전체적으로 빨개지게 되므로 red에 해당하는 성분이 많아진다. 따라서 그림 5에서와 같이 전체적으로 red 성분이 증가했기 때문에 히스토그램이 높은 명암도 값을 가지는 영역으로 이동하게 된다. 또한 창백할 때는 얼굴이 전체적으로 하얗게 변하게 되므로 흰색의 성분들이 증가하게 된다. 흰색의 성분이 증가한다는 것은 red, green, blue 성분들이 고르게 증가한다는 것을 의미한다. 따라서 얼굴이 창백해지게 되면 전체적으로 이미지의 명암도가 올라가게 되고 그러한 변화가 히스토그램에 나타나게



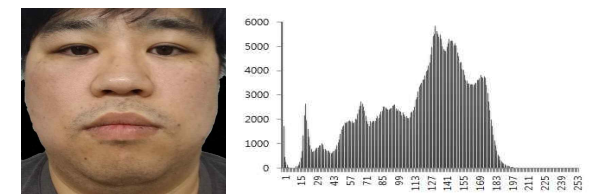
(a) Face image and red component histogram of normal expression.



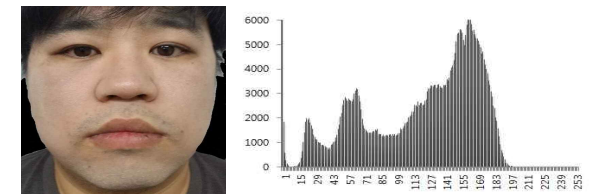
(b) Face image and red component histogram of blushing expression.

그림 5. 보통일 때와 부끄러울 때의 비교.

Fig. 5. Comparison of normal expression and blushing expression.



(a) Face image and histogram of normal expression.



(b) Face image and histogram of pale expression.

그림 6. 보통일 때와 창백할 때의 비교.

Fig. 6. Comparison of normal expression and pale complexion.

표 4. 보통일 때와 부끄러울 때의 AGL 값.

Table 4. AGL value of normal expression and blushing expression.

	보통일 때	부끄러울 때
대상1	138	211.1
대상2	182.1	203.4
대상3	142.8	164.6

표 5. 보통일 때와 창백해졌을 때의 AGL 값.

Table 5. AGL value of normal expression and pale complexion.

	보통일 때	창백해졌을 때
대상1	152.3	193.6
대상2	195.1	211.3
대상3	173.2	192.9

된다. 이러한 결과는 표 4에 있는 AGL 값과 표 5에 있는 AGL 값을 비교해 보면 보다 명확하게 알 수 있다. 표 4에서는 식 (6)에서  $\sigma=20$ ,  $\epsilon=5$  로 설정하였으며, 표 5에서는 식 (7)의  $\sigma$ 를 12로 설정하였다.

표 4와 표 5에 나타난 데이터에서 보는 바와 같이 보통일 때를 기준으로 부끄러울 때는 평균 38.7이 증가된 AGL 값을 가지게 되며, 창백해졌을 때는 평균 25.7이 증가된 AGL 값을 가지게 되는 것을 알 수 있다.

위의 실험 결과를 통해 우리가 제안한 히스토그램을 이용한 얼굴 표정 인식 방법이 상당히 타당성이 있음을 보였다. 종래의 얼굴 표정 인식 방법들은 눈썹, 입 등의 특징 영역 검출을 통해 인식함으로 인해 정확한 검출 및 표정 인식에 어려움이 많고, 특히 미세한 표정 변화를 감지하기가 어려웠던 것에 비해, 본 제안 방법으로 이러한 어려움을 어느 정도 극복할 수 있음을 확인할 수 있었다. 즉 히스토그램에 의해 실시간으로 표정의 변화를 상당히 알아낼 수가 있다는 것이다. 또한 부끄러울 때와 창백할 때의 표정들도 특징 영역 검출 방법으로는 인식하기 어려운 표정이나, 본 제안된 방법으로는 충분히 인식이 가능하다는 장점을 갖고 있다. 더 나아가 본 방법과 히스토그램 명세화 (Histogram Specification) 방법을 이용하면, 밝기나 색깔 조정을 통한 얼굴 표정 변형 또는 생성도 가능하다고 판단된다.

V. 결론

본 논문에서 우리는 히스토그램을 이용하여 얼굴 표정을 인식하는 방법을 제안하고, 실험을 통해 타당성을 보였다. 종래의 얼굴 표정 인식 방법들은 눈썹, 입 등의 특징 영역 검출을 통해 인식함으로 인해 검출 방법 설계의 어려움 및 표정 인식에 어려움이 많고, 특히 특징 영역 검출로써 알아보기 힘든 미세한 표정 차이를 파악하기에는 역부족이었던 것이 사실이다.

그러나 우리가 제안한 얼굴 영상의 히스토그램을 이용한 표정 인식 방법은, 이러한 어려움을 상당히 극복할 수 있는 방법으로 판단된다. 특히 부끄러울 때와 창백할 때의 표정들은 특징 영역 검출 방법으로는 인식하기 어려운 표정이나, 본 제안된 방법으로는 충분히 인식이 가능하다는 장점을 갖고 있다.



따라서 히스토그램을 이용한 본 얼굴 표정 인식 방법은 영상 처리 시간이 많이 들지 않으면서도 세밀한 표정 변화를 감지할 수 있는 하나의 대안으로서, 충분히 가치와 유용성이 크다고 판단된다. 다만, 아직 초기 연구 단계로서 실용적이고 심층적인 후속 연구를 통해, 체계적인 인식 방법과 조명 환경에 의한 영향 최소화 방안 등을 계속 집중적으로 연구해나갈 예정이다.

#### REFERENCES

- [1] T. I. Yoo, K. B. Kim, and Y. M. Joo, "Fuzzy-model-based emotion recognition using advanced face detection," *The KIEE Summer Conference*, pp. 2083-2084, Jul. 2006.
- [2] K.-E. Ko and K.-B. Sim, "Development of facial expression recognition system based on bayesian network using FACS and AAM," *International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems*, vol. 19, no. 4, pp. 562-567, Aug. 2009.
- [3] Y. H. Joo, S. Y. Lee, and K.-B. Sim, "Emotional recognition system using eigenfaces," *International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems*, vol. 13, no. 2, pp. 216-221, Mar. 2003.
- [4] J.-H. Lee, "An AAM-based method of facial expression recognition using the change of feature point locations," *Master's Thesis of Pusan National University*, Feb. 2011
- [5] M. F. Valstar, B. Jiang, M. Mehu, M. Pantic, and K. Scherer, "The first facial expression recognition and analysis challenge," *Automatic Face & Gesture Recognition and Workshops (FG 2011)*, pp. 921-926, Mar. 2011.
- [6] C. Shana, S. Gong, and P. W. McOwanb, "Facial expression recognition based on Local Binary Patterns : A comprehensive study," *Image and Vision Computing*, vol. 27, no. 6, pp. 803-816, May 2009.
- [7] I. Cohen, N. Sebe, A. Garg, L. S. Chen, and T. S. Huang, "Facial expression recognition from video sequences: temporal and static modeling," *Computer Vision and Image Understanding*, vol. 91, no. 1-2, pp. 160-187, Aug. 2003.
- [8] P. Lucey, J.F. Cohn, T. Kanade, J.Saragih, and Z. Ambadar, "The extended Cohn-Kanade dataset (CK+): A complete dataset for action unit and emotion-specified expression," *Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW)*, pp. 94-101, Jun. 2010.
- [9] C. Shan, S. Gong, and P. W. McOwan, "Facial expression recognition based on Local Binary Patterns : A comprehensive study," *Image and Vision Computing*, vol. 27, no. 6, pp. 803-816, May 2009.
- [10] R. A. Khan, A. Meyer, H. Konik, and S. Bouakaz, "Facial expression recognition using entropy and brightness features," *Intelligent Systems Design and Applications (ISDA), 2011 11th International Conference*, pp. 737-742, Nov. 2011.
- [11] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, "Digital image processing," Prentice Hall, 2002.
- [12] A. K. Jain, "Fundamentals of digital mage processing," Prentice Hall, 1989.
- [13] B.-S. Chang, "The design and implementation of real-time emotional avatar based on a facial expression recognition," *Master's Thesis of Daejeon University*, Feb. 2005.



#### 허경무

1979년 서울대학교 전자공학과 학사. 1981년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사. 1989년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사. 1993년~현재 단국대학교 전자공학과 교수. 2005년 2월~2011년 6월 단국대 전자부품 검사 자동화 지역혁신센터(RIC) 소장. 20011년 1월~2012년 12월 대한전자공학회 시스템및제어 소사이어티 회장. 관심분야는 시스템제어, 머신비전, 검사자동화, 로봇제어, 학습제어.