



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

2018년 2월
석사학위 논문

얼굴 표정 인식 개선을 위한 무표정 감정 분석에 관한 연구

조선대학교 산업기술융합대학원

소프트웨어융합공학과

임 명 진

얼굴 표정 인식 개선을 위한 무표정 감정 분석에 관한 연구

A Study on the Expressionless Emotion Analysis for
Improvement of Face Expression Recognition

2018년 2월 23일

조선대학교 산업기술융합대학원

소프트웨어융합공학과

임 명 진

얼굴 표정 인식 개선을 위한 무표정 감정 분석에 관한 연구

지도교수 신 주 현

이 논문을 공학석사학위신청 논문으로 제출함.

2017년 10월

조선대학교 산업기술융합대학원

소프트웨어융합공학과

임 명 진

임명진의 석사학위논문을 인준함

위원장 조선대학교 교수

김 판 구



위 원 조선대학교 교수

최 준 호



위 원 조선대학교 교수

신 주 현



2017년 11월

조선대학교 산업기술융합대학원

목 차

ABSTRACT

I. 서론	1
A. 연구 배경 및 목적	1
B. 연구 내용 및 구성	2
II. 관련 연구	3
A. 감정 인식	3
1. 텍스트 기반 감정 인식	4
2. 음성 기반 감정 인식	5
3. 생체신호 기반 감정 인식	6
4. 얼굴 표정 기반 감정 인식	7
B. 얼굴 표정 인식	8
1. 얼굴 정규화	8
2. 얼굴 정규화 모델	9
C. 감정 활용	10
1. 조명 색상에 대한 사용자 감성	10
2. 색상을 이용한 감정도형의 개발과 적용	13
3. 사용자 스트레스 완화를 위한 맞춤형 콘텐츠 시스템	15
III. 얼굴 표정 감정 인식 개선 방안	17
A. 시스템 구성도	17
B. 얼굴 표정 감정 인식	19
1. 얼굴 이미지 수집	19
2. Emotion API를 활용한 감정 인식	21
C. 얼굴 표정 감정 인식 개선 방안	26
1. 전 처리를 통한 미분석 이미지의 감정 인식	26

2. 무표정 이미지의 감정 분석	28
3. 얼굴 표정 감정 인식률 산정	29
IV. 실험 및 결과	33
A. 데이터 수집	33
B. 데이터 셋	34
C. 실험 평가 방법 및 결과 분석	35
1. 실험 평가 방법	35
2. 실험 결과 분석	36
V. 결론 및 향후연구	44
참고문헌	45

표 목 차

[표 2-1] 감정 인식 기술	4
[표 2-2] 감성언어별 조명의 RGB	12
[표 3-1] 8가지 감정 설명	21
[표 3-2] 110개 이미지의 감정 인식 결과	25
[표 3-3] 중립 감정 2차 분석 결과	29
[표 3-4] 중립 감정 2차 분석 감정 인식률	30
[표 3-5] 중립 감정 2차 분석 전과 후의 결과 비교	31
[표 3-6] 2차 분석 결과가 다른 이미지의 3차 분석 결과	32
[표 4-1] 실험 환경	33
[표 4-2] 중립 감정의 2차 감정 분석 결과	35
[표 4-3] 실제 감정의 수와 인식 감정의 수 비교	36
[표 4-4] 나이와 성별에 따른 감정 분석	37
[표 4-5] 얼굴 표정 스타일 8가지	41

그 립 목 차

[그림 2-1] Number of Landmark point(left), Landmark(right)	9
[그림 2-2] 칼라 이미지 스케일	10
[그림 2-3] 형용사 이미지 스케일	11
[그림 2-4] 스케일 매칭	11
[그림 2-5] 감성언어별 조명의 색상	12
[그림 2-6] Plutchik의 정서동그라미	13
[그림 2-7] 모세스 해리스의 해리스1	14
[그림 2-8] 사용자 맞춤형 콘텐츠 서비스 모델	15
[그림 3-1] 얼굴 표정 감정 인식 개선을 위한 시스템 구성도	17
[그림 3-2] pixabay 감정 카테고리	19
[그림 3-3] 수집한 얼굴 이미지 110개	20
[그림 3-4] 이미지의 태그 감정	20
[그림 3-5] 8가지 감정별 Top 이미지	22
[그림 3-6] 얼굴 이미지 감정 인식 결과	22
[그림 3-7] JSON형태로 결과 반환	23
[그림 3-8] 감정 인식된 이미지 100개	24
[그림 3-9] 감정별 인식 결과 그래프	25
[그림 3-10] 얼굴 인식이 안 된 이미지 10개	26
[그림 3-11] 미분석 이미지 전 처리 후 감정 인식	27
[그림 3-12] 얼굴 인식이 안 되는 경우	27
[그림 3-13] 중립 감정 55개 이미지	28
[그림 3-14] 중립 감정 2차 분석 결과 그래프	30
[그림 3-15] 중립 감정 2차 분석 전과 후의 결과 비교 그래프	31
[그림 4-1] 데이터 셋으로 사용한 중립 감정 이미지 100개	34
[그림 4-2] 감정별 인식률 그래프	37
[그림 4-3] 나이와 성별에 따른 감정 분석 그래프	38
[그림 4-4] 나이와 성별에 따른 감정 분석 백분율 그래프	39
[그림 4-5] 나이와 성별에 따른 얼굴 표정 스타일	42

ABSTRACT

A Study on the Expressionless Emotion Analysis for Improvement of Face Expression Recognition

MyungJin Lim

Advisor : Prof. JuHyun Shin, Ph.D.

Department of Software Convergence
Engineering

Graduate School of Industry Technology
Convergence, Chosun University

As studies have been conducted on how humans think and act to provide human-friendly high value-added services, the methods of interaction between humans and computers began to be researched. As a result, a new field called human-computer interaction (HCI) has been developed to facilitate the interaction between humans and computers. In order to provide human-friendly services and applications, the recognition of human emotions needs be researched. Among various emotion recognition methods, emotion recognition through facial expressions has enabled human-computer interaction and can be used in a variety of applications. However, it is still difficult to recognize expressionless face. Hence, it is necessary to develop a new method to recognize and analyze even fine facial expressions of emotions.

Consequently, in this study, we propose a method of improving emotion recognition through facial expressions by preprocessing facial expression images that cannot be recognized and performing secondary analysis of the emotion of expressionless images recognized as neutral emotion. In the preprocessing step,

the facial image is resized and rotated using the Shape Model, which is a face normalization model, and then normalized to 100×100 pixels. The facial features and emotions in the normalized facial images are identified using the Emotion API. If the facial expression is recognized to be a neutral emotion, the emotion is classified again and the representative emotion is extracted and recognized. The recognized emotions were compared with the actual emotions and the accuracy rate of emotion recognition was very high at 87%.

In an experiment conducted with actual subjects using the proposed method, 100 facial images that were determined to have neutral emotion from the secondary classification were compared with the actual emotions. The result showed that the total accuracy rate of emotion recognition was 73.7%. Happiness and sadness had a very high recognition accuracy rate of 94% compared to other emotions. From analyzing the age and sex of the subjects in the images of the secondary classification, we found that the faces of teenagers were most commonly associated with sadness, while the emotions of those over the age of 20 were most commonly associated with happiness. When the subjects were asked to categorize themselves into 8 different facial expression styles, a high proportion of teenagers tended to express their emotions outwardly, and as people became older, fewer people tended to express their emotions overtly. Consequently, to improve facial expression recognition using the method proposed in this study, the emotions of expressionless faces were analyzed again. Then, the results were compared with the actual emotions of the subjects, and we found that the emotion recognition rate can be improved by recognizing fine non-neutral emotions even from even expressionless faces.

The proposed facial expression recognition method with improved emotion recognition rate is expected to be applicable to many industries including education, counseling, telemedicine, and real estate brokerage, and various advanced services such as personalized services, personal recommendation services, and emotional marketing.

I. 서론

A. 연구 배경 및 목적

과학 기술의 발달로 IT분야는 소비자의 욕구에 맞추어 인간 친화적인 고부가가치 서비스를 제공하기 위해 사용자 중심으로 흘러가면서 사용자가 컴퓨터를 편리하게 다룰 수 있는 편리성을 고려하기 시작했다. 이를 구현할 수 있는 기술들이 등장하게 되고 인간이 어떻게 생각하고 행동하는 지에 대한 연구들이 더해지면서 컴퓨터와 인간이 상호작용 할 수 있는 방법들이 연구되기 시작했다. 이에 HCI (Human-Computer Interaction)라는 인간과 컴퓨터가 쉽게 상호작용하는 기술을 만드는 분야가 만들어지게 되었다[1,2,3].

인간 친화형 서비스와 다양한 애플리케이션이 제공되기 위해서는 인간의 감정을 인식하는 연구가 필요하고, 현재 감정 인식 기술은 미래 기술로서 주목받고 있다. 인간의 감정을 분석하기 위한 연구로는 표현된 감정을 토대로 한 음성 인식, 얼굴 표정 인식 등에서부터, 감정 변화에 따른 텍스트와 인간의 얼굴 표정, 음성 변화, 생체 신호의 변화 등을 이용하여 인식하는 방법들이 소개되고 있다. 이러한 감정 인식을 통한 인간과 컴퓨터간의 상호작용이 가능해짐으로써 사용자 중심의 정서적 긍정효과를 기대할 수 있다[2,4].

인간은 자신의 감정을 몸짓이나 음성의 억양, 그리고 얼굴 표정을 통하여 외부로 표현한다. 그 중 표정은 사람의 시각을 통해서 인지되는 얼굴에 드러나는 것으로서 감정 또는 의사를 전달하는데 있어서 언어와 같은 매우 중요한 요소로 작용한다. 얼굴을 통해서 얻을 수 있는 정보는 특정 사람 인식, 표정을 이용한 감정 인식 등 매우 다양하게 이용될 수 있다[2]. 그러나 무표정은 어떤 감정인지 인식하기가 어렵기 때문에 미세한 감정이라도 인식하고 분석할 수 있는 방법이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 얼굴 표정의 인식 개선을 위한 무표정 감정을 분석하기 위해 얼굴 표정 이미지에서 얼굴 인식을 하고, 얼굴 인식이 안 되는 경우 전 처리하는 방법과 얼굴 표정으로 감정 인식을 통해 중립 감정으로 인식된 무표정 이미지의 감정을 2차 분석하여 중립이 아닌 다른 감정으로 인식하고 실제 감정과 비교해 봄으로써 얼굴 표정에 의한 감정 인식률을 개선하는 것을 목적으로 한다.

B. 연구 내용 및 구성

본 연구의 주요 내용은 얼굴 표정 인식 개선을 위한 무표정 감정을 분석하는 방법을 제시하기 위해 본 논문은 다음과 같은 구성으로 작성되었다.

본 장인 서론에 이어 2장 관련연구에서는 본 연구의 이론적인 배경과 관련하여 감정 인식과 얼굴 표정 인식 방법 그리고 감정을 활용한 기존 연구들을 살펴봄으로써 본 연구 내용의 이해를 돕는다.

3장에서는 얼굴 표정 이미지에서 얼굴 인식을 하고, 얼굴 인식이 안 되는 경우 전 처리하는 방법과 얼굴 표정으로 감정 인식을 통해 중립 감정으로 인식된 무표정 이미지의 감정을 2차 분석하여 각 이미지의 태그 감정과 비교 후 인식률을 산출하고, 얼굴 표정에 의한 감정 인식을 개선하는 방안에 대해 제안한다.

4장에서는 수집한 데이터 셋과 실험 데이터 셋에 대해 설명한다. 감정 인식률을 산출하기 위해 실험 데이터 셋의 태그 감정과 무표정일 때 인식되는 중립 감정의 2차 분석 결과를 비교하고, 어떤 얼굴 표정 스타일에 속하는지 분석하여 얼굴 감정 인식 개선을 위해 무표정 감정 분석이 얼마나 효과적인지에 대한 성능을 평가한다.

마지막으로 5장에서는 본 연구에 대한 전체적인 결과를 요약하고, 향후 연구를 제시하며 마무리한다.

II. 관련 연구

A. 감정 인식

영어로 감정을 뜻하는 ‘emotion’은 움직임(motion)과 밖으로(e)라는 라틴어에서 비롯되었다. 즉 움직여 나아가는 경향이라고 볼 수 있다. 그러므로 감정은 동작과 관련이 있다. 학자들은 ‘감정이란 사물에 대한 적합성을 판단하여 접근하거나 회피하려는 느낌의 경향으로서 그 느낌은 신체적 반응으로 보장된다. 감정은 주변 환경에서 벌어지는 사건에 대한 심리적, 생리적 반응이다.’ 라고 감정에 대해 정의하기도 한다[5,6].

캐나다에서 진행된 유아 연구에 따르면, 생후 2~3주의 유아는 다양한 상황에서 흥분성이라는 한 가지 정서만 보이는데 이 흥분성은 시간이 지나 성장함에 따라 각각의 감정 이름을 갖게 된다. 3주 이상이 지나면 흥분과 고통을 구분하기 시작하며 3개월이 지나면 분노에 대해 알게 된다. 긍정적인 정서는 부정적인 정서에 비해 다소 늦게 나타나는데 2개월 정도 되면 짧게 미소 지으며, 4개월에서 5개월이 지나면 비로소 소리 내어 웃기 시작한다. 7개월이 지나면서 공포를 알게 되고, 12개월 이후 사람에 대한 애착을 느끼면서 누군가를 질투하거나 선망하는 모습을 보인다. 이처럼 하나의 커다란 감정 덩어리는 성장하면서 점차 다양한 방식으로 세분화된다. 이러한 과정을 통해 감정은 점차 발달한다. 감정의 발달은 그 사람의 타고난 성격과 주변 환경을 통해 다르게 나타난다. 이에 따라 개인이 갖는 감정의 수와 폭도 크게 차이가 나게 된다[7,8].

감정의 다섯 가지 특징은 첫 번째 감정을 불러일으키는 선행 요인이 있고, 두 번째 감정은 신체와 뇌의 생리적 반응을 발생시키고, 세 번째 평가 기제가 대체로 자동적으로 일어나고, 네 번째 감정의 체험은 우리의 판단에 의해 영향을 받고, 마지막으로 감정은 주목할 만한 신호가 있어야 한다는 것이다[7].

IT의 흐름이 PC중심에서 네트워크 중심을 거쳐 사용자 중심의 서비스를 제공하는 것으로 연구되어감에 따라 인간과 기계사이의 커뮤니케이션에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 과거에는 단순히 정의된 조건에 의해 감정을 표현하는 방법의 연구가 주를 이루었다면 최근에는 다양한 인식기술들을 이용하여 복잡한 인간의

2. 음성 기반 감정 인식

음성 기반 감정 인식은 1972년 감정과 연관된 음성특징을 찾는 것으로부터 시작되었으며, 1980년 중반부터는 특정 음성의 특징으로 통계적 수치를 이용한 감정인식에 관한 연구가 이루어졌다. 음성의 파워, 피치, 선형예측부호화 분석을 이용하여 특징 벡터를 생성하고 뉴럴 네트워크를 이용하여 감정을 분류하는 방법이 연구되었고, 감정인식에서 에너지 LPC Coefficients 주기 피치 지터를 사용하여 퍼지모델과 NN을 비교 분석하는 방법이 연구되었다. 그리고 음성신호의 템포와 에너지를 가지고 여섯 개의 기본 감정에 대한 분류를 시도하여 외부잡음이 전혀 없는 환경에서 일본어와 이탈리아어에 대한 음성신호를 녹음한 후 감정 추출에 대한 방법도 연구되었다[2,12,14,15,17,18].

– 5 –

3. 생체신호 기반 감정 인식

사람의 몸에서 감정 상태에 따라 발생하는 생체신호는 인간의 의지로는 불가능한 자율신경계의 제어에 따라 다양한 신체 반응을 일으킨다. 생체신호란 신체 반응에 대해 기록하고 측정할 수 있는 신호이고, 생체신호 기반 감정 인식은 이러한 생체신호를 측정하고 분석함으로써 외관상으로 관찰할 수 있는 표정이나 음성과 같이 사용자의 감정을 추론할 수 있다. 최근에는 생체신호를 이용한 바이오피드백을 이용하여 부분적인 자율신경을 조절할 수 있는 행동치료 요법이 의학 분야를 중심으로 관심을 받고 있으며, 약물 요법을 대체하는 감성치료와 심리치료 요법도 의학계에서 활발하게 논의 및 연구되고 있다[2,19].

생체신호는 생체 센서를 통하여 검출하게 된다. 감정을 인식하기 위한 생체신호 및 검출방법으로는 근육의 활동이나 특정 근육의 긴장 정도를 나타내는 근전도, 피부에 땀이 났을 때 증가하는 피부전도성으로 측정되는 피부 전기저항, 단순히 피부 표면 온도를 측정하는 피부온도, 혈액량의 변화를 측정하여 혈관 수축과 심장 박동수를 측정할 수 있는 혈액량 펄스가 있다. 그리고 심장의 수축 활동을 측정하는 심전도를 이용하여 심박 변동성으로 정신적인 스트레스나 좌절감상태, 긴장 완화 상태 즉 긍정상태를 판단할 수 있다. 호흡센서는 금단상태나 의기소침, 잔잔한 행복 같은 활기 없는 상태, 휴식상태, 긴장상태를 호흡의 빠르기로 측정한다[1,2].

생체신호의 경우 웨어러블 형태로 착용하거나 유무선 센서를 몸에 부착하여 자연스러운 반응을 측정하여 가상현실이나 지체 장애인용 장비 인터페이스로 활용할 수 있다. 그러나 센서의 위치 및 소형화 그리고 센서의 사용이 완벽하지 않다는 문제점과, 센서가 작더라도 심전도와 같은 몇몇 신호들을 측정하기 위해 옷을 벗을 필요가 있는 경우와 같은 신체와의 접촉성이 문제, 그리고 의도적으로 숨기지 못한다는 점에서 프라이버시침해 등의 문제점이 있다[2].

4. 얼굴 표정 기반 감정 인식

사람의 얼굴에는 감정, 사회적 상호작용, 생리학적 신호와 같은 비언어적인 정보를 담고 있다. 사람의 감정을 표현하고 인지하는데 가장 유용한 수단은 자연스럽게 외부로 드러나는 얼굴 표정이다. 얼굴 표정 기반 감정 인식을 위해서는 표정에 따른 기본 정서에 대한 정의와 이해가 필요하며, 얼굴 이미지를 분석하여 각각의 특징을 찾아 감정을 알아내는 알고리즘 개발이 필수적이다[2,20].

얼굴 표정 기반 연구 방법으로는 광학적 흐름 분석, 홀리스틱 분석, 국부적인 표현 등이 있다. 홀리스틱 분석법으로는 PCA(principal component analysis)[21] LDA(linear discriminant analysis)[22], ICAS(independent component analysis) 등이 연구되고 있다. Abboud[23]는 AAM(active appearance models)을 얼굴 표정에 적용하였다. 모델기반 방법으로 Essa와 Pentland[24]는 얼굴 표정을 나타낼 때 근육 움직임의 최대치와 삼차원 그물 모양 모델을 이차원 얼굴 영상에 맞추어 얼굴 표정을 구분하였다. 이 방법은 얼굴의 가려짐 현상에는 강인하지만 얼굴표정을 구분해 내기 위해 높은 해상도의 입력 영상을 필요로 한다[2].

얼굴을 검출하고 얼굴의 눈, 코, 입과 같은 특징요소들을 이용하여 표정을 인식하는 것은 음성과 생체신호에 비하여 매우 쉽게 얻을 수 있는 정보로 정형화된 패턴이 있다. 또 카메라만 있으면 얼굴에 대한 정보를 획득할 수 있으므로 측정의 편리성이 있고, 사람에게 직접적으로 부착하지 않아도 되는 비접촉성 등의 장점을 가진다. 그러나 카메라의 해상도나 조명의 변화가 많은 일반적인 환경에서 또는 사용자가 움직이는 경우에는 얼굴 영역 추출이 쉽지 않다[2].

Mehrabian은 메시지의 단지 7%만 순수한 언어에 의해 전달되며 신체의 움직임이나 음성과 같은 준 언어에 의하여 38%, 얼굴표정에 의해서는 55%의 메시지가 전달된다고 보고한 바가 있다[25]. 따라서 본 논문에서는 감정 인식 방법 네 가지 중에서 가장 메시지 전달율이 높은 얼굴 표정 기반 감정 인식 방법을 선택하고 마이크로소프트에서 제공하는 Emotion API를 사용하여 이미지에서 얼굴을 인식하고 감정을 분석했다.

B. 얼굴 표정 인식

얼굴 표정 인식률을 높이기 위한 방법으로 영상에서 얼굴을 정규화 하는 방법과 이미지에서 얼굴을 정규화 모델이 있다.

1. 얼굴 정규화

일반적으로 영상을 인식하는 시스템은 세 단계로 전 처리 단계, 특징 추출 단계, 인식 단계로 나눈다. 영상을 획득한 후에는 먼저 영상에 대한 전 처리를 실행하고, 특징을 추출한 후 마지막으로 추출된 특징을 인식하는 과정으로 진행한다. 검출된 얼굴 영상을 이용하여 표정을 인식하기 전에 보다 좋은 결과를 얻기 위해서는 얼굴 영상의 전 처리 과정을 거쳐야 한다. 영상에 대한 전 처리 과정은 표정 인식기 성능에 많은 영향을 미칠 수 있다. 전 처리 과정으로는 크기정규화와 조명정규화를 사용하였다. 스마트폰과 얼굴 사이의 거리에 따라 얼굴 크기도 달라질 수 있으므로 크기 정규화를 수행하였다. 또한 스마트폰을 사용하는 조명은 다양하기 때문에 검출된 얼굴 영상에 대해 조명 정규화 전 처리 과정을 실행하였다. 그리고 얼굴 영상의 크기를 일정하게 정규화 하여 학습과 인식에 사용되는 영상에 있어서 크기 차이로 인한 문제를 제거하였다[26,27].

기존의 조명 정규화 방법은 표준화, 백색화, 히스토그램 매칭 등의 방법으로 영상을 전역적으로 보정하기 때문에 전체적으로 영상이 어둡거나 또는 밝은 영상에 대해서 좋은 조명 정규화 효과를 나타내지만 조명이 좌측 혹은 우측에서 비춰질 때는 영상이 영역별로 차이가 생겨서 조명 정규화 효과가 크지 않다는 것으로 분석되었다. 이를 보완하기 위해서 얼굴 영상의 좌우 대칭성을 근거하여 좌우대칭 평균화와 히스토그램 매칭을 결합하는 방법을 사용한다. 이 방법은 검출된 얼굴 영역에 대하여 먼저 좌우대칭 평균화를 실행하여 국부적인 조명 왜곡을 개선하였고, 다음에 좌우 명암이 고르게 분포된 얼굴 영상에 대하여 히스토그램 매칭을 실행하여 전체적으로 조명을 개선하였다. 결과적으로 부분적 조명 정규화를 수행한 후에 전체 조명 정규화를 수행하는 방식을 통해서 전체적으로 어둡거나 밝은 영상뿐만 아니라 부분적으로 왜곡되는 현상을 개선하였다[26,27].

2. 얼굴 정규화 모델

Shape Model은 인간의 얼굴을 포함하는 이미지에 얼굴형태, 눈썹, 눈, 코, 입의 위치를 n개의 Landmark를 이용하여 구성된다[28].

$$x = (x_1, y_1, x_2, y_2, \dots, x_n, y_n)^T \quad (1)$$

표정과 생김새에 따라 다양한 벡터가 생성되며 좌표 상에서의 크기, 위치, 기울기가 일정하지 않으므로 Procrustes Alignment를 수행하여 벡터들을 정렬한 후 PCA를 이용하여 Shape 모델을 구성한다. 구성된 Shape 모델은 식(2)로 표현되며 $\bar{x}$ 는 평균 Shape 벡터, Φ_i 는 Shape 파라미터이다[28].

$$x_i = \bar{x} + \sum_{i=1} \Phi_i b_i \quad (2)$$

인간의 얼굴 생김새와 표정에 따라 각 부위의 좌표는 다르지만 위상은 동일하다. 즉 입을 구성하는 점들 위에 코를 구성하는 점들이 있고, 그 위로 양쪽으로 눈을 구성하는 점들과 눈썹을 구성하는 점들이 있다. [그림 2-1]에서 왼쪽은 Number of Landmark point이고, 오른쪽은 그 중에서 총 65개의 Landmark를 구성한 것으로 본 논문의 얼굴 정규화 모델로 사용하였다[28].



[그림 3-1] Number of Landmark point(left), Landmark(right)

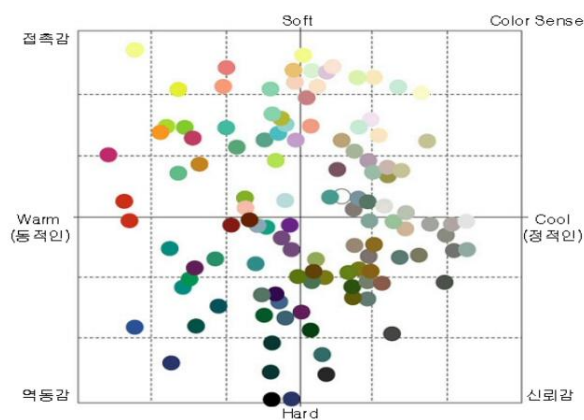
C. 감정 활용

사용자 감정 언어를 활용 하기위한 다양한 연구가 진행되었다. 감성언어에 따른 조명 색상을 통해 보다 사용자 중심적인 감성적 만족을 이끌어 낼 수 있었고, 색상을 이용해 감정 모델을 개발하여 감정을 색체로 표현하는 것이 인지하는데 있어 직관적으로 받아들일 수 있었다. 그리고 사용자의 스트레스 증상 및 수준을 파악하고 맞춤형 콘텐츠를 제공함으로써 사용자의 스트레스가 완화되었다.

1. 조명 색상에 대한 사용자 감성

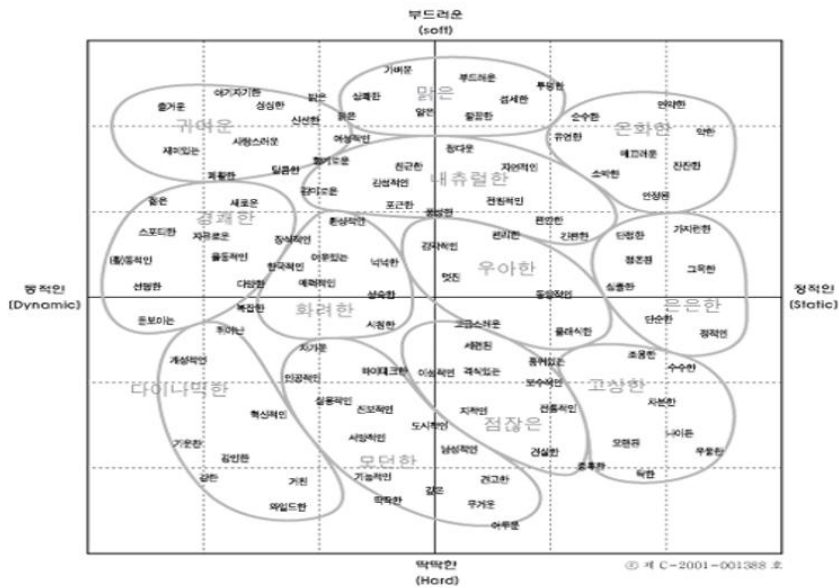
LED는 사용자의 감성적 니즈를 충족시키는데 활용도가 높다. 그 이유는 조명 광원의 색채적 속성의 변화가 용이하기 때문이다. 이를 활용하여 상황별로 다양한 조명 색상에 대한 종합적인 인지 단계별 평가를 진행한 결과 보다 사용자 중심적이고, 조명 색상 디자인을 통하여 다차원 적인 감성적 만족을 이끌어 내는데 기여할 수 있다[29,30].

감성 공학 영역에서 연구된 칼라 이미지 스케일과 형용사 이미지 스케일을 이용하여 언어에 적합한 색상을 추정하고 색상에 적합한 RGB 값을 계산한다. [그림 2-2]와 같이 칼라 이미지 스케일은 먼셀색상으로 정의된 120개의 색상을 -3~+3의 범위의 Soft-Hard, Warm-Cool을 축으로 한 2차원 평면에 매핑한 것이다[31,32].

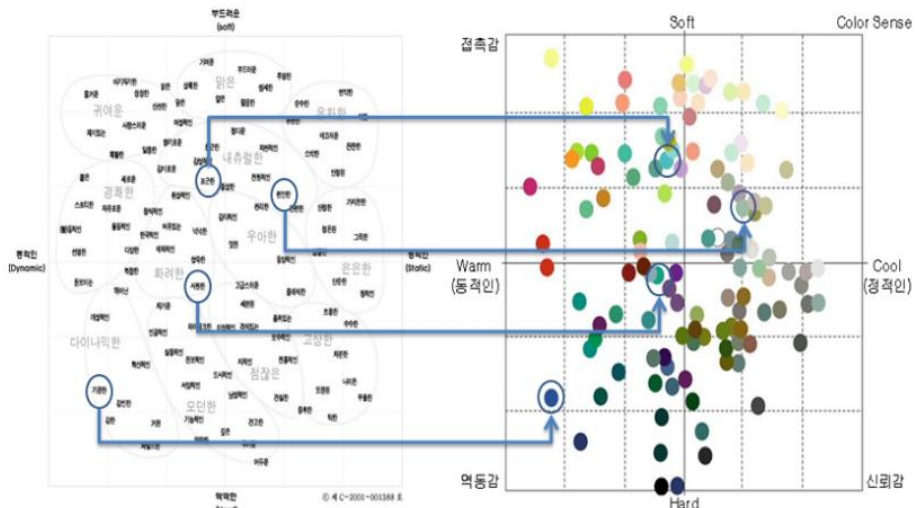


[그림 2-2] 칼라 이미지 스케일

[그림 2-3]과 같이 형용사 이미지 스케일은 일상생활에서 사용하는 감성에 관련된 언어를 칼라 이미지 스케일과 같은 2차원 평면에 매핑한 것이다[32].



[그림 2-3] 형용사 이미지 스케일



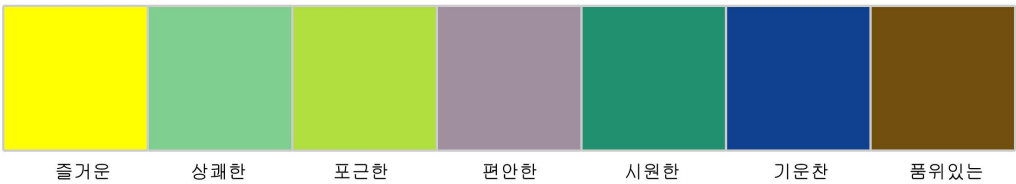
[그림 2-4] 스케일 매칭

[그림 2-4]와 같이 스케일 매칭은 형용사 이미지 스케일상의 감성언어에서 조명에 관련된 감성언어를 추출하고 감성언어에 대한 좌표와 가장 가까이에 있는 칼라 이미지 스케일상의 색상을 선택된 감성언어에 적합한 색상으로 간주한다. 구해진 값 중 실내조명에 적합한 감성언어 7가지를 선별하여 보면 [표 2-2] 감성언어별 조명의 RGB와 같다[32].

[표 2-2] 감성언어별 조명의 RGB

감성언어	R	G	B
즐거운	255	255	0
상쾌한	127	207	144
포근한	176	223	63
편안한	160	143	159
시원한	32	144	111
기운찬	15	64	143
품위있는	112	79	15

[표 2-2]의 RGB값을 실제 색상으로 나타내면 [그림 2-5] 감성언어별 조명의 색상과 같다. 조명의 색상에 따라 그에 해당하는 감성언어가 존재한다.



[그림 2-5] 감성언어별 조명의 색상

[그림 2-5]와 같이 조명은 색상에 따라 그에 해당하는 감성언어가 존재하므로 실내를 밝히는 용도뿐 아니라 다양한 감성을 유도하는 감성 조명으로도 쓰이고 있다. 감성 조명이란 조명의 색상, 밝기를 사람의 심리상태와 생체 리듬에 알맞게 적용시키는 조명 기술을 말한다. 즉 조명을 이용해 사용자에게 적합한 감성을 심리적 혹은 생리적으로 유도하는 기술이다[33].

2. 색상을 이용한 감정보델의 개발과 적용

인간은 감정을 인지하는데 있어 시각을 많이 사용한다. 빛에 의해 물체를 지각하며 색채의 한가운데 살아간다. 그만큼 색채는 우리 생활과 매우 밀접하게 관련되어 있어 많은 시각정보 중에서도 색채에 대해 민감하게 받아들인다. 그래서 감정을 색채로 표현한다면 인지하는데 있어 직관적으로 받아들일 수 있다[34,35].



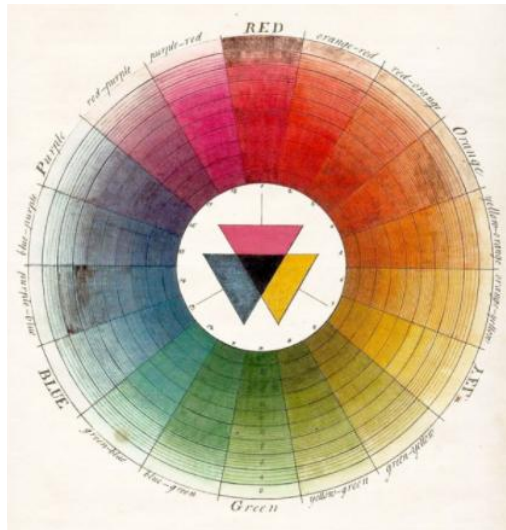
[그림 2-6] Plutchik의 정서동그라미

[그림 2-6] Plutchik의 정서동그라미는 세 개의 정서 단어를 일차적정서로 선택하였다. 선택 조건은 분명히 서로 다르며 동의어가 아닌 수용적인, 화난, 슬픈 감정이 일차 적정서로 사용되었다. 이 기본단어 3가지를 이용하여 다른 정서단어들을 찾아내 146개의 정서단어로 유사성을 판단하여 유사한 단어들은 비슷한 위치에 모여 있고, 반대의 의미를 가지는 단어들은 정 반대쪽에 위치하고 있다. 이런 방법으로 Plutchik의 정서동그라미가 만들어졌다[35,36,37].

[그림 2-7] 모세스 해리스의 해리스 1은 세 개의 기준 색채인 red, yellow, blue를 중심으로 결합하여 다른 감정을 찾아내거나 색채가 만들어지기 때문에 유사한 감정과 색상들이 모이는 것이 뚜렷하다. 따라서 색상과 감정 간의 관계연구를 하는데 사용했다[35].

모세스 해리스의 해리스1은 기본색채 red, yellow, blue를 중심으로 혼합하여 다른 색채들을 만들어낸다. 결과물로의 섞여진 중간의 색채들은 두 번째 혼합된 ‘합성물’ 색채의 서클 기본색으로 취해진다. 그리고 세 가지색의 혼합으로 검은색을

만들 수 있다. 색상환의 중심에서 black의 색과 색채들의 결합으로 채도를 나타낸다[35].



[그림 2-7] 모세스 해리스의 해리스1

Plutchik의 정서 동그라미와 모세스 해리스의 해리스1은 크게 4가지의 상관관계가 있다. 첫 번째로 두 모델은 형태의 유사성을 보인다. 두 번째로 일차적 정서나 기본 색을 이용하여 다른 정서를 찾아내거나 색채를 만든다. 이로 인해서 유사 색상과 정서는 집단으로 이루어져 동그라미 상에서 비슷한 곳에 위치하고 있다. 세 번째로는 두 모델은 양극성을 가진다. 네 번째로는 색상은 색상의 강도를 나타내는 채도를 가지고 있으며 감정은 감정의 강도를 가지고 있다. 이 4가지의 상관관계를 이용하여 색상을 이용한 감정표현을 하려고 한다[37].

Plutchik는 정서의 강도를 3차원 팽이모양에 표현했지만, 여기에서는 색상의 채도상의 위치인 2차원 동그라미 상에 채도로 표현했다. 모세스 해리스의 해리스1 모델을 보면 채도를 색상환의 중심부터 바깥쪽으로 표현하였다. 정서 동그라미도 동일하게 중심부터 바깥쪽으로 정서의 강도를 표현하였다.

3. 사용자 스트레스 완화를 위한 맞춤형 콘텐츠 시스템

사용자 스트레스 완화를 위한 맞춤형 콘텐츠 시스템은 사용자의 생체신호 및 심리정보를 기반으로 스트레스 증상 및 지수를 계산하고 사용자 선호도 등의 정보를 기반으로 영상, 음향, 향기 및 조명 콘텐츠 조합을 추천하고 추천된 콘텐츠 서비스를 제공한다. 이를 위하여 스트레스를 증상별로 분류하고, 심리정보 측정을 위한 자가평가도구 문항인 설문지를 정의하였다. 정의된 스트레스 증상에 맞게 영상, 음향, 향기 및 조명 콘텐츠를 분류하였고, 사용자 맞춤형 콘텐츠를 추천하고 변경된 생체 정보를 수집하였다. 3단계로 사용자 맞춤형 콘텐츠 서비스 모델을 제안하였으며, 이에 따라 사용자 맞춤형 콘텐츠 서비스 시스템을 설계 및 구현하였다. 이 시스템은 기존의 시스템들과는 달리 사용자 맞춤형이며 다양한 콘텐츠 조합을 서비스할 수 있는 특징이 있다. [그림 2-8]은 사용자 맞춤형 콘텐츠 서비스 모델을 나타낸다[38,39,40].



[그림 2-8] 사용자 맞춤형 콘텐츠 서비스 모델

[그림 2-8]과 같이 사용자 맞춤형 콘텐츠 서비스 모델은 총 3단계로 스트레스 증상 및 지수 판별 단계, 콘텐츠 추천 단계, 그리고 콘텐츠 서비스 평가 단계로 구성된다[41].

첫 번째, 스트레스 증상 및 지수 판별 단계는 사용자의 생체신호를 측정하고 생체 정보를 수집한 후 스트레스 증상 분류를 위한 자가평가도구인 설문지를 이용하

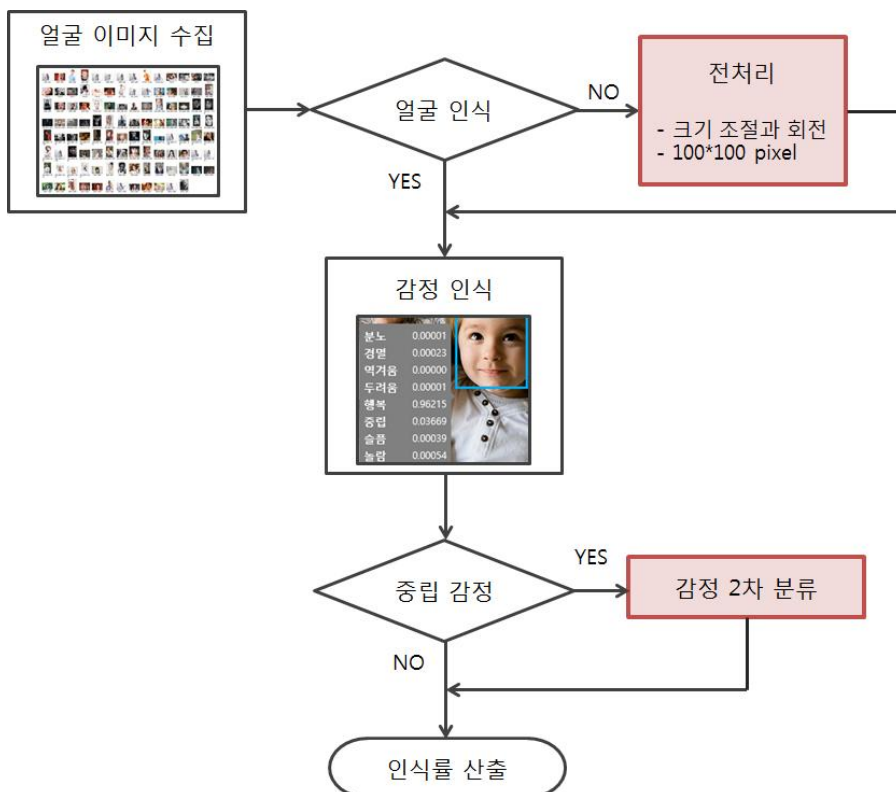
여 사용자의 심리정보를 측정하고 스트레스 증상 및 지수를 판별한다. 두 번째, 콘텐츠 추천 단계는 스트레스 지수 및 사용자 맞춤형 콘텐츠 추천모델에 따라 콘텐츠 조합을 추천한다. 또한 시스템의 콘텐츠 추천 목록을 전문가 또는 의사에게 제시하여 확인받으며, 필요시 선택 및 변경을 할 수 있도록 한다. 세 번째, 콘텐츠 서비스 및 평가 단계에서는 영상, 음악, 향기, 조명으로 구성된 스트레스 완화를 위한 콘텐츠의 서비스를 적절하게 제어하고 선택된 콘텐츠의 조합을 사용자에게 서비스한다. 서비스 중에도 사용자의 생체신호를 계속 측정하여 스트레스 지수 변화를 측정한다. 서비스의 종료 후에는 제공된 콘텐츠에 대한 만족도 평가를 수행하며 그 결과와 생체신호 변화를 사용자 프로파일에 추가한다[40,43].

Ⅲ. 얼굴 표정 감정 인식 개선 방안

본 논문에서는 얼굴 표정 이미지에서 얼굴 인식을 하고, 얼굴 인식이 안 되는 경우 전 처리하는 방법과 얼굴 표정으로 감정 인식을 통해 중립 감정으로 인식된 무표정 이미지의 감정을 2차 분석하여 얼굴 표정에 의한 감정 인식을 개선하는 방안
에 대해 제안한다.

A. 시스템 구성도

[그림 3-1]은 본 논문에서 제안하는 얼굴 표정에 의한 감정 인식의 개선을 위한
전체 시스템 구성도이다.



[그림 3-1] 얼굴 표정 감정 인식 개선을 위한 시스템 구성도

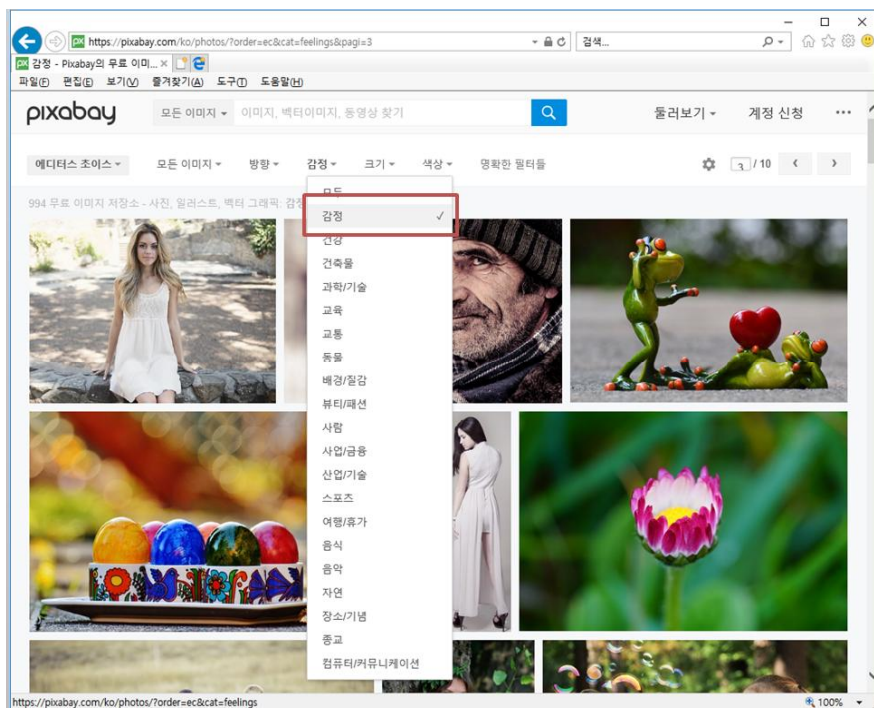
본 논문에서 제안하는 얼굴 표정에 의한 감정 인식의 개선 방안은 먼저 얼굴 이미지를 수집하고, 얼굴을 인식한다. 얼굴이 인식된 이미지는 Emotion API를 활용하여 감정 인식을 하고, 얼굴이 인식 되지 않는 이미지는 전 처리를 한다. 전 처리는 2장에서 서술한 얼굴 정규화 모델인 Shape Model을 이용하여 얼굴 이미지를 크기 조절과 회전을 하고, 100×100 픽셀로 정규화 한다. 정규화된 얼굴 이미지는 Emotion API를 활용하여 얼굴을 인식하고 감정 인식을 한다. 감정 인식 결과 중립 감정으로 인식된 경우에는 감정을 인식하지 못한 것으로 판단하여 다시 감정을 2차 분류하고, 대표 감정을 추출하여 감정을 인식한다. 인식된 감정은 실제 감정과 비교하여 인식률을 산출하고, 최종적으로 중립 감정을 2차 분류 하지 않았을 때와 2차 분류 했을 때의 인식률을 비교한다.

B. 얼굴 표정 감정 인식

본 절에서는 pixabay 사이트로부터 얼굴 이미지를 수집한 방법과 수집한 이미지로 Emotion API를 활용하여 얼굴 표정에 대한 감정을 인식하는 방법에 관해 기술한다.

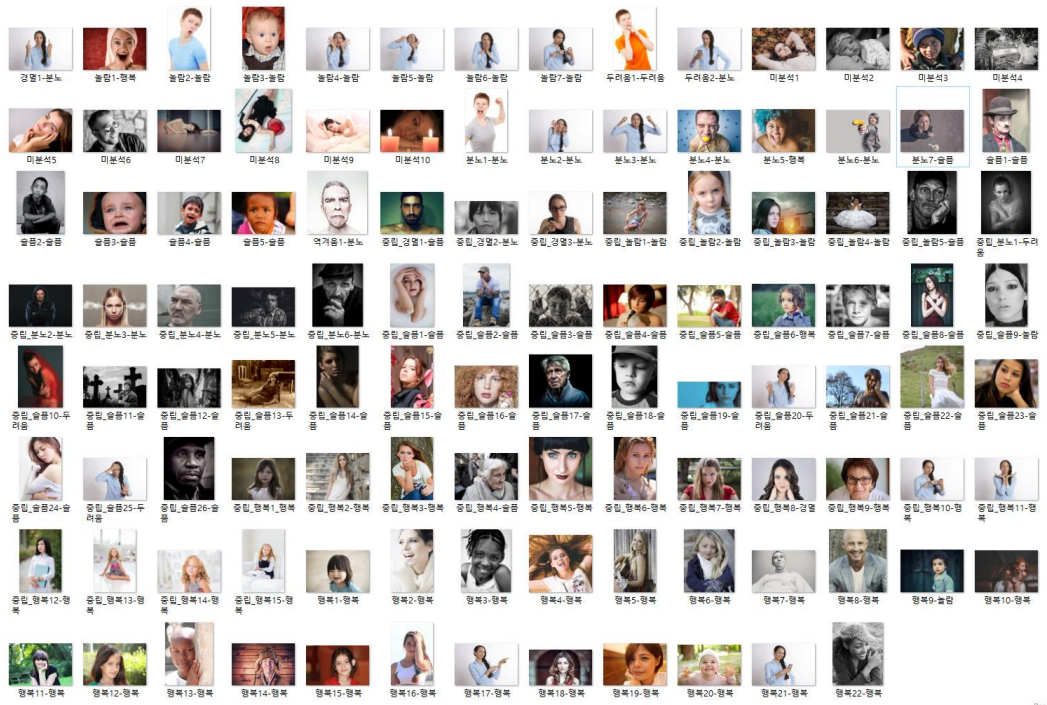
1. 얼굴 이미지 수집

본 절에서는 얼굴 이미지를 수집한 방법에 대해 기술한다. 얼굴 이미지는 [그림 3-2]와 같이 pixabay(<https://pixabay.com/>) 사이트로부터 감정 카테고리의 이미지를 110개 수집하였고, 감정 분석을 용이하게 하기 위해서 이미지 1개당 사람 1명의 얼굴이 있는 이미지들만 수집하였다.



[그림 3-2] pixabay 감정 카테고리

[그림 3-3]은 pixabay 사이트의 감정 카테고리로부터 수집한 110개의 얼굴 이미지를 정리한 것이다. 무표정 이미지에 대한 감정 분석을 연구하기 위해서 행복, 슬픔, 놀람, 감동처럼 눈으로 인식이 가능한 얼굴 이미지보다는 어떤 감정인지 눈으로는 인식이 어려운 무표정 얼굴 이미지를 주로 수집하였다.



[그림 3-3] 수집한 얼굴 이미지 110개

수집한 이미지는 [그림 3-4]와 같이 감정이 태그 되어 있다. 본 논문에서는 이 감정을 태그 감정이라 명명하였고, 얼굴 이미지의 실제 감정을 인식하기 위해 태그 감정을 실제 감정으로 인식하였다.



[그림 3-4] 이미지의 태그 감정

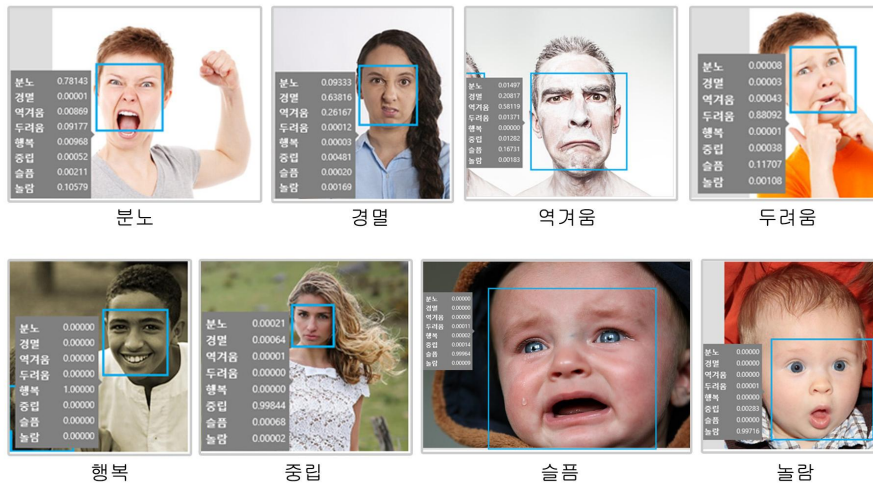
2. Emotion API를 활용한 감정 인식

본 절에서는 Emotion API를 활용하여 얼굴 이미지를 감정 인식하는 방법에 대해 기술한다. 마이크로소프트(Microsoft)는 사람 얼굴을 자동으로 인식해 감정을 파악하는 Emotion API(Application Programming Interface)를 개발했다. 이 소프트웨어는 빅 데이터를 기반으로 스스로 분석·학습하고 예측하는 머신 러닝(Machine Learning) 기술로 자율학습 기능을 통하여 프로그램 스스로가 데이터를 저장하고 분석하여 계속 진화한다. 즉 많은 사람이 많이 사용할수록 많은 데이터가 모여 점점 더 정확하고 폭넓은 분석이 가능해진다. 이 소프트웨어를 사용하면 얼굴 표정을 인식하고 사람의 미묘한 표정까지 분석하여 분노, 경멸, 역겨움, 두려움, 행복, 중립, 슬픔, 놀람의 8가지 감정을 분별하고, 이를 수치로 나타낸다[44,45]. [표 3-1]은 네이버 국어사전을 참고하여 8가지 감정을 설명하였다[46].

[표 3-1] 8가지 감정 설명

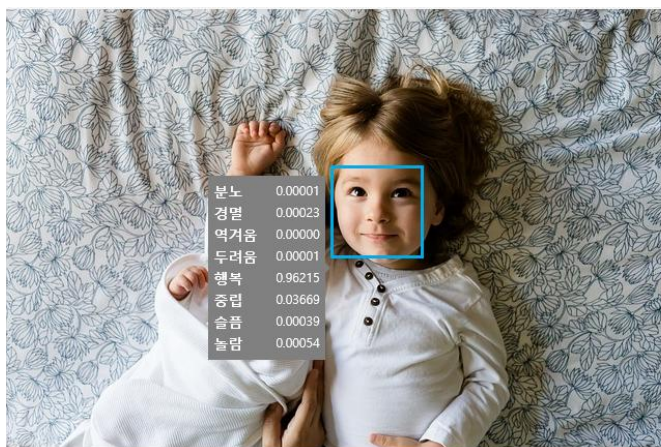
감정	설명
분노(anger)	분개하여 몹시 성을 냄. 또는 그렇게 내는 성.
경멸(comtempt)	칼보아 업신여김.
역겨움(disgust)	역정이 나거나 속에 거슬리게 싫음.
두려움(fear)	두려운 느낌.
행복(happiness)	생활에서 충분한 만족과 기쁨을 느끼어 흐뭇함. 또는 그러한 상태
중립(neutral)	어느 편에도 치우치지 아니하고 공정하게 처신함.
슬픔(sadness)	슬픈 마음이나 느낌.
놀람(surprise)	놀라운 느낌.

[그림 3-5]는 수집한 얼굴 이미지 110개를 Emotion API로 분석하여 8가지 감정으로 가장 높은 수치를 나타내는 Top 이미지를 정리한 것이다. 이미지들은 눈으로도 어떤 감정인지 쉽게 인식이 가능하다. 그러나 중립 감정은 어떤 감정인지 인식하기가 어렵기 때문에 감정을 인식할 수 있는 다른 방법이 필요하다.



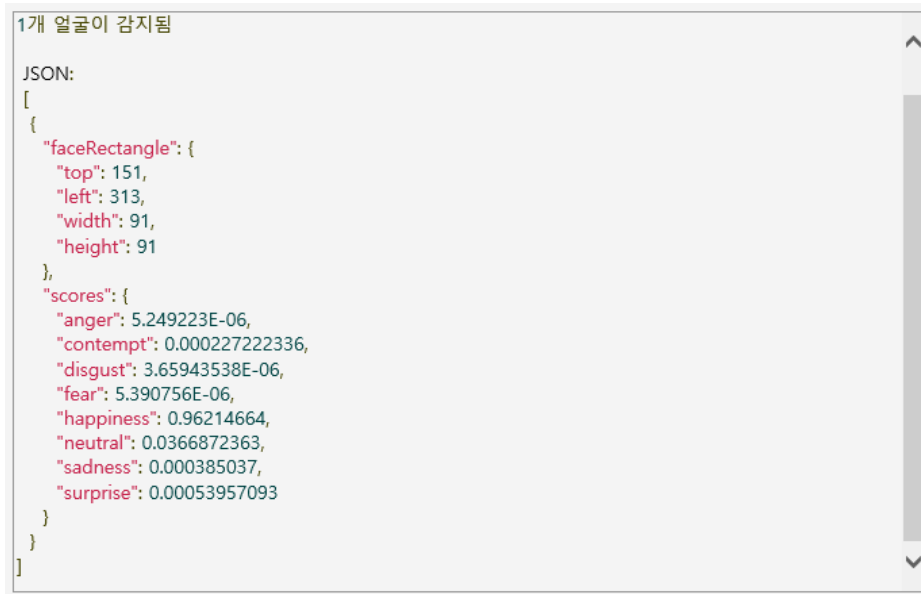
[그림 3-5] 8가지 감정별 Top 이미지

Emotion API는 이미지에서 얼굴 표현을 입력으로 사용하고, 이미지에 있는 각 얼굴의 감정 집합에 대한 신뢰도를 반환하고, Face API를 통해 얼굴의 경계 상자를 반환한다. 사용자가 이미 Face API를 호출한 경우 얼굴 사각형을 선택적 입력으로 제출할 수 있다[45]. 선택된 얼굴의 경계 상자로부터 감정이 인식되고, 8가지로 구성된 감정은 수치화시켜 정교함을 느낄 수 있다. 36*36 픽셀 이상의 크기와 4mb 이하의 사진이라면 확인할 수 있다. [그림 3-6]은 얼굴 이미지를 감정 인식한 결과 화면이다.



[그림 3-6] 얼굴 이미지 감정 인식 결과

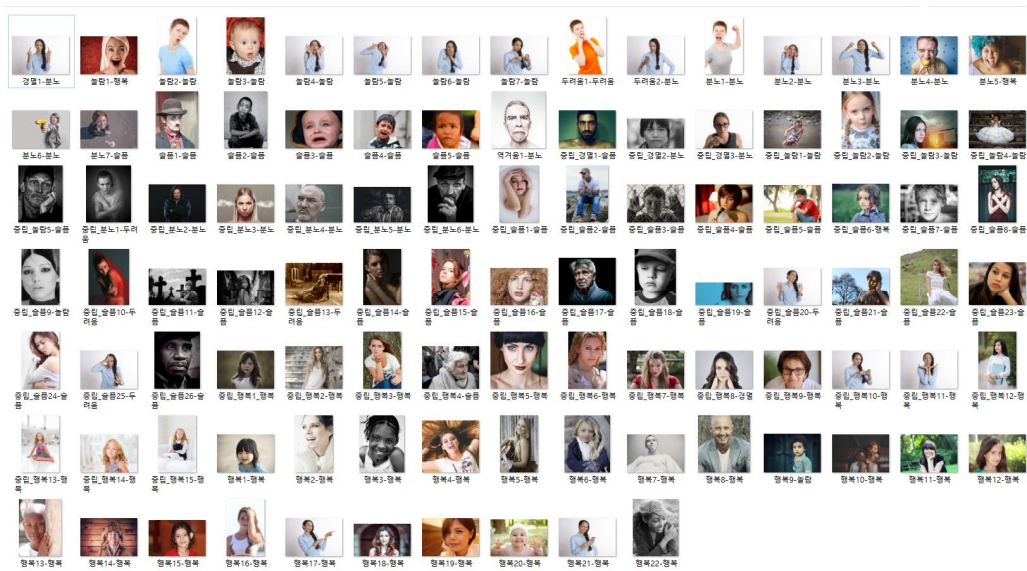
[그림 3-6]과 같이 얼굴 이미지 감정 분석 결과로는 분노, 경멸, 역겨움, 두려움, 행복, 중립, 슬픔, 놀람의 8가지 감정을 0점부터 1점까지 소수점 다섯 자리까지 수치로 표현한다. 행복의 수치가 가장 높아 행복한 것으로 분석되고, 약간의 중립과 놀람, 슬픔, 경멸 감정도 분석된 것을 볼 수 있다. 분석된 결과는 [그림 3-7]과 같이 JSON형태로 결과를 반환한다.



[그림 3-7] JSON형태로 결과 반환

[그림 3-7]과 같이 얼굴 이미지 감정 분석 결과는 얼굴 경계 상자 top, left, width, height의 네 가지 좌표 점과 인식된 8가지 감정에 대한 수치가 반환된다.

[그림 3-8]은 pixabay 사이트로부터 수집한 얼굴 이미지 110개를 Emotion API로 감정 분석 하여 감정이 인식된 100개의 이미지를 정리한 것이다. 각 파일은 감정별로 파일명을 명명하였다. 예를 들어 첫 번째 파일명인 경멸1_분노는 인식 감정_태그 감정으로, 인식 감정은 경멸이고 태그 감정은 분노라는 의미이다. 100개의 이미지를 제외한 10개의 이미지는 얼굴이 인식 되지 않아 감정을 분석할 수 없었다.



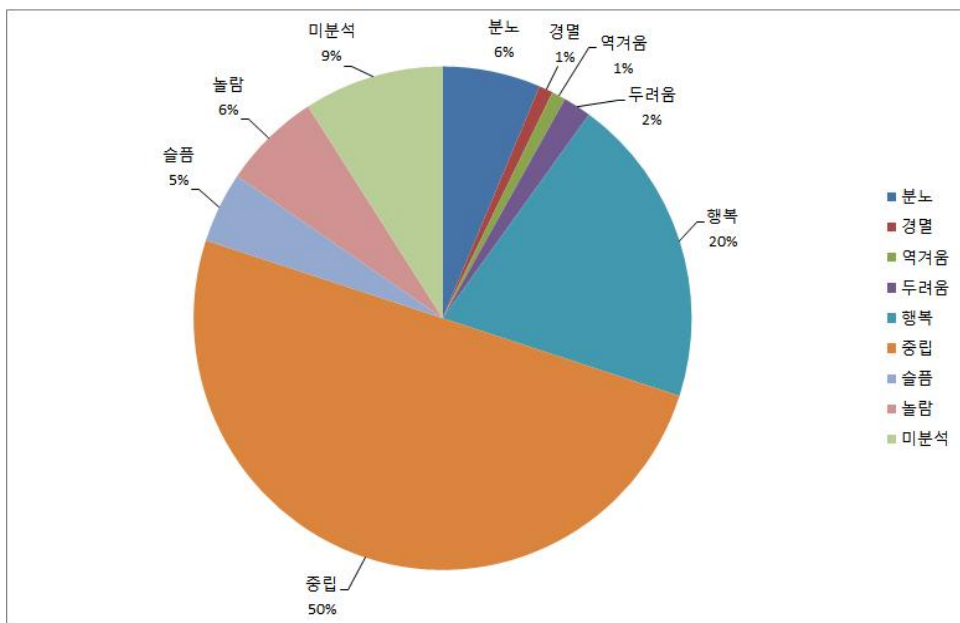
[그림 3-8] 감정 인식된 이미지 100개

pixabay 사이트로부터 수집한 110개의 전체 얼굴 이미지를 감정 인식 한 결과 [표 3-2]와 같이 100개 이미지는 감정 인식이 되었고, 10개 이미지는 얼굴 인식이 되지 않아 감정 인식도 되지 않았다. 감정이 인식된 100개의 이미지 중에는 중립이 55개로 가장 많았고, 다음으로는 행복 22개, 분노와 놀람이 7개로 분석 되었다. 슬픔이 5개, 두려움은 2개, 경멸과 역겨움은 1개씩으로 두려움과 경멸, 역겨움 감정은 분석률이 낮았다. 행복, 슬픔, 놀람 감정은 눈으로도 쉽게 인식이 가능하지만 무표정은 눈으로는 어떤 감정인지 인식이 어려운 점을 감안하여 무표정 이미지의 감정 분석을 위해 무표정 이미지를 더 많이 수집한 결과 중립이 55개로 가장 많이 인식 되었다.

[표 3-2] 110개 이미지의 감정 인식 결과

감정	Count
분노	7
경멸	1
역겨움	1
두려움	2
행복	22
중립	55
슬픔	5
놀람	7
미분석	10
Total	110

[그림 3-9]는 감정별 인식 결과를 원형그래프로 나타낸 것이다. 중립 감정이 가장 많은 50%이고, 다음으로는 행복 감정이 20%인 것을 볼 수 있었다.



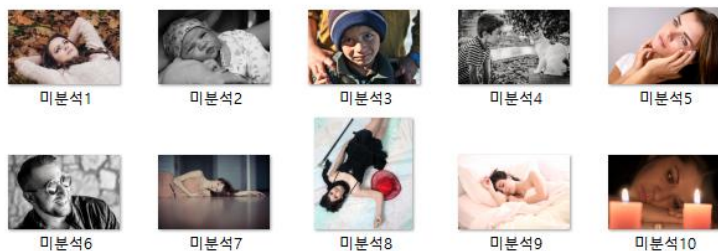
[그림 3-9] 감정별 인식 결과 그래프

C. 얼굴 표정 감정 인식 개선 방안

본 절에서는 얼굴 인식을 하지 못한 이미지를 전 처리 과정을 통해 얼굴을 인식하여 감정을 분석하고, 무표정 이미지의 감정 분석을 통해 얼굴 표정에 대한 감정 인식 개선 방안과 감정 인식률을 산정한 결과에 대해 기술한다.

1. 전 처리를 통한 미분석 이미지의 감정 인식

본 절에서는 전 처리를 통한 미분석 이미지의 감정 인식에 대해 기술한다. [그림 3-10]은 110개의 수집한 이미지들 중 얼굴 인식이 안 되어서 감정 분석이 불가능했던 10개의 미분석 이미지를 정리한 것이다. 대부분의 이미지들에서 얼굴이 사선이나 옆으로 또는 거꾸로 배치돼 있다는 것을 감안하여 얼굴이 정 방향으로 위치하도록 회전하고 크기를 조절하는 전 처리 과정을 통해 얼굴 인식이 가능해졌다. [그림 3-11]은 미분석 이미지의 전 처리 과정을 통한 얼굴 표정 인식 과정을 보여주고 있다.



[그림 3-10] 얼굴 인식이 안 된 이미지 10개

[그림 3-11]과 같이 전 처리 과정은 원본이미지의 얼굴 부분을 Shape Model에 맞게 크기조절과 회전을 한 후 얼굴 부분만 100×100 pixel로 잘라 정규화 한다. 정규화된 이미지는 Emotion API로 얼굴 인식이 가능했고, 8가지의 감정들에 대한 수치가 표현되어 중립 감정인 것을 확인할 수 있었다.



[그림 3-11] 미분석 이미지 전 처리 후 감정 인식

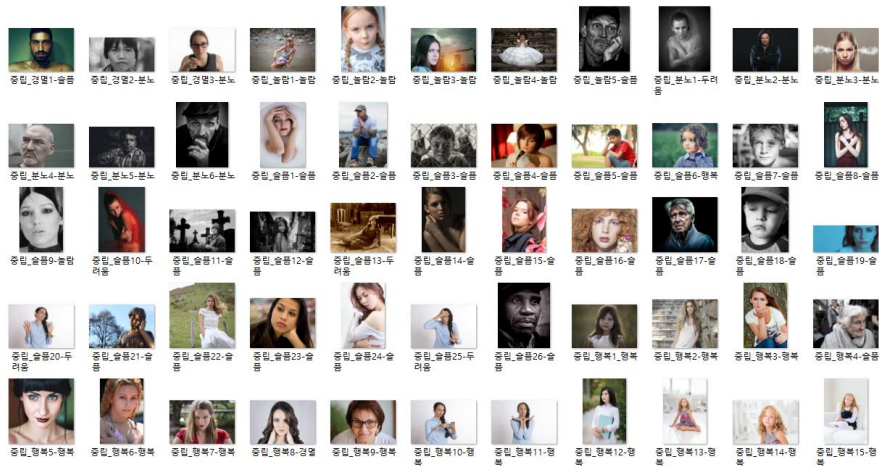
[그림 3-10]의 10개 이미지를 전 처리 과정을 통하여 정규화한 후에도 얼굴 인식이 되지 않는 경우가 있었다. [그림 3-12]의 2개의 이미지이다. 미분석4 이미지가 옆모습만 있는 경우와 미분석6 이미지가 선글라스를 낀 경우에는 얼굴이 인식 되지 않았다.



[그림 3-12] 얼굴 인식이 안 되는 경우

2. 무표정 이미지의 감정 분석

본 절에서는 무표정 이미지의 감정을 2차 분석하는 방법에 대해 기술한다. 얼굴 이미지를 수집할 때 행복, 슬픔, 놀람처럼 눈으로 감정 분석이 가능한 이미지보다는 어떤 감정인지 분석이 어려운 무표정을 주로 수집했더니 결과적으로 이미지의 50%가 중립으로 인식된 것을 볼 수 있었다. [그림 3-13]은 55개의 중립 감정 이미지를 정리한 것이다. 중립도 어떤 감정인지 인식이 가능하도록 하기 위해 2차 분류를 했고, 수치가 높게 나온 순서에 의해 대표 감정을 추출하여 파일명을 명명했다. 예를 들어 첫 번째 파일명인 중립_경멸1_슬픔은 첫 번째 높은 수치의 감정_두 번째 높은 수치의 감정_태그 감정으로, 첫 번째 높은 수치의 감정은 중립이고 두 번째 높은 수치의 감정은 경멸 그리고 태그 감정은 슬픔이라는 의미이다.



[그림 3-13] 중립 감정 55개 이미지

감정 인식 결과 수치가 높게 나온 순서에 의해 중립 감정 다음으로 수치가 높은 감정을 추출하여 2차 분석한 결과 [표 3-3]과 같이 슬픔이 가장 많았고, 행복, 분노, 놀람, 경멸 감정 순으로 분석된 것을 볼 수 있었다.

[표 3-3] 중립 감정 2차 분석 결과

감정	Count
분노	6
경멸	3
행복	15
슬픔	26
놀람	5
Total	55

3. 얼굴 표정 감정 인식을 산정

본 절에서는 얼굴 이미지에 대한 감정 인식 상태를 측정하기 위해 감정 인식률을 산정한 방법에 대해 기술한다. 얼굴 이미지에서 얼굴 경계 상자를 인식하고, 표정을 인식한 결과 값을 통해 감정 분석이 얼마나 정확한지 평가하기 위해 인식률을 이용하였으며, 식 (3)을 통해 측정한다.

$$\text{감정 인식률}(\%) = \frac{\text{감정별 Count}}{\text{Total Count}} \times 100 \quad (3)$$

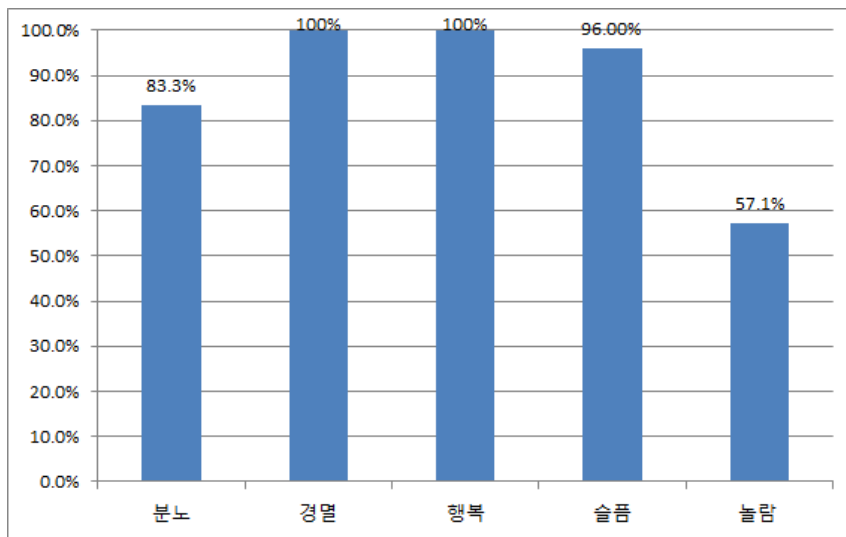
식 (1)은 전체이미지 개수를 감정에 따른 개수로 나누어 백분율로 환산하여 감정 인식률을 산정했다. 감정 인식률은 얼굴 이미지의 태그 감정의 수와 인식 감정의 수를 비교하여 감정 분석이 얼마나 정확한지 평가하는 것이다.

[표 3-4]는 중립 감정의 2차 분석에 대한 감정 인식률을 보여주고 있다. 전체적으로 평균 87%라는 높은 감정 인식률이 나왔다. 경멸과 행복 감정은 인식률이 100% 이고, 그 다음으로 슬픔과 분노 감정도 인식률이 높은 것을 볼 수 있다. 단, 놀람 감정은 57%로 다른 감정에 비해 인식률이 낮았다.

[표 3-4] 중립 감정 2차 분석 감정 인식률

태그 감정	인식 감정	Count	감정 인식률(%)
분노	분노	5	83.3%
	경멸	1	
경멸	경멸	2	100%
행복	행복	15	100%
슬픔	슬픔	24	96.0%
	놀람	1	
놀람	놀람	4	57.1%
	분노	1	
	슬픔	2	
Total		55	87.0%

[그림 3-14]은 중립 감정의 2차 분석에 대한 감정 인식률 그래프를 보여주고 있다. 놀람 감정을 제외한 다른 감정들은 감정 인식률이 높은 것을 볼 수 있었다.



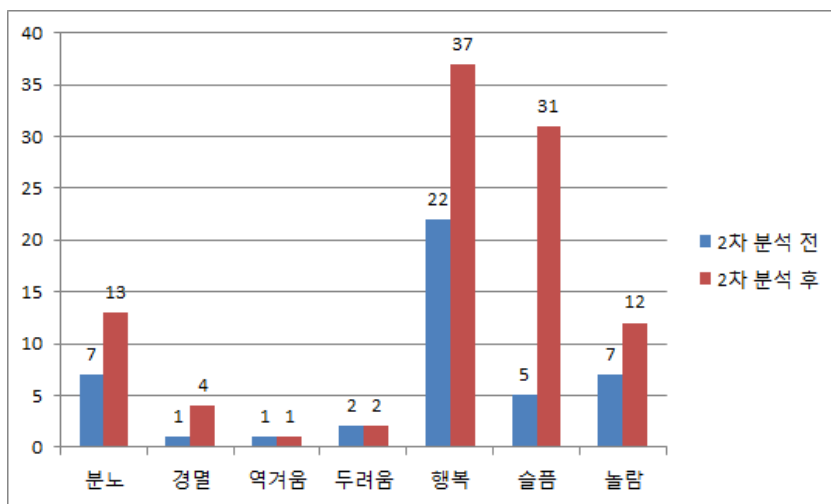
[그림 3-14] 중립 감정 2차 분석 결과 그래프

[표 3-5]는 중립 감정을 2차 분석하기 전과 후의 결과를 비교했다. 개수가 큰 슬픔과 행복의 감정일수록 차이가 큰 것을 볼 수 있었다.

[표 3-5] 중립 감정 2차 분석 전과 후의 결과 비교

감정	Count	Count	차이
분노	7	13	+6
경멸	1	4	+3
역겨움	1	1	0
두려움	2	2	0
행복	22	37	+15
슬픔	5	31	+26
놀람	7	12	+5
Total	45	100	+55

[그림 3-15]는 중립 감정을 2차 분석하기 전과 후의 감정별 결과 비교 그래프이다. 2차 분석 전과 후의 차이를 더 확실하게 볼 수 있었다.



[그림 3-15] 중립 감정 2차 분석 전과 후의 결과 비교 그래프

중립 감정의 2차 분석에서 인식 감정이 태그 감정과 다른 5개의 이미지는 3차 분석을 하였다. [표 3-6]은 2차 분석이 다른 5개 이미지의 3차 분석 결과를 보여주고 있다.

[표 3-6] 2차 분석 결과가 다른 이미지의 3차 분석 결과

이름	1차	값	2차	값	3차	값	태그 감정
중립_분노1_놀람	중립	0.99649	분노	0.00136	놀람	0.00125	놀람
중립_슬픔20_놀람	중립	0.29646	슬픔	0.24293	놀람	0.22003	놀람
중립_경멸2_분노	중립	0.95742	경멸	0.02094	분노	0.1654	분노
중립_놀람5_슬픔	중립	0.91165	놀람	0.04753	슬픔	0.01662	슬픔
중립_슬픔6_놀람	중립	0.92188	슬픔	0.06563	놀람	0.00986	놀람

[표 3-6]에 따르면 각 이미지별로 감정 분석 결과 값이 큰 순서대로 1차, 2차, 3차 감정으로 정리한 결과 5개 이미지 모두 3차 감정이 태그 감정인 것을 볼 수 있다. 그리고 모두 2차 감정과 3차 감정의 차이가 0.05 이하로 아주 미묘한 차이를 보인다.

본 논문에서 제안하는 얼굴 표정의 감정 인식 개선을 위한 방안으로 110개 얼굴 이미지에서 얼굴 인식이 안 되는 10개의 경우에는 전 처리 과정을 거쳐 얼굴 인식이 가능했고, 얼굴을 인식하여 감정 분석을 한 100개 중 55개의 중립 감정에 대해서는 2차 분석을 하면 감정 인식률이 증가하는 것을 볼 수 있었다.

다양한 조명의 상태를 실험하기 위해 실내와 실외에서 촬영했다. 그리고 포즈와 얼굴 각도를 여러 가지로 바꿔보고, 현재 감정 상태에 따른 표정을 요청하여 실험자들마다 5장씩 촬영을 했고, 현재 감정은 이미지마다 태그로 입력 받았다.

B. 데이터 셋

본 절에서는 본 연구에서 실험한 데이터 셋에 대하여 설명한다. 수집한 데이터 셋은 얼굴 인식을 용이하게 하기 위해 Shape Model을 활용하여 크기조절과 회전, 100×100 pixel로 자르는 전 처리 과정을 한다. 전 처리 과정을 통한 얼굴 이미지는 Emotion API를 활용하여 감정 인식을 하고 중립으로 분류된 이미지만 100개를 추출하였다. [그림 4-1]은 데이터 셋으로 사용한 중립 감정 이미지 100개를 정리한 것이고, 파일명은 파일번호_중립_2차 분석 감정으로 첫 번째 파일명인 1_중립_슬픔은 파일번호는 1, 1차 감정은 중립, 2차 감정은 슬픔이라는 의미이다.



[그림 4-1] 데이터 셋으로 사용한 중립 감정 이미지 100개

[표 4-2]는 100개의 중립 감정 이미지의 2차 감정 분석 결과를 정리한 것이다. 행복 감정이 47개로 가장 많았고, 다음으로는 슬픔 감정이 37개로 분석되는 것으로 보아 대부분의 감정은 행복이나 슬픔으로 가장 많이 분석되었다. 세 번째로는 경멸이 11개, 놀람과 분노 감정은 각각 4개와 1개로 분석되었다.

[표 4-2] 중립 감정의 2차 감정 분석 결과

중립 감정의 2차 분석 감정	Count
분노	1
경멸	11
억겨움	0
두려움	0
행복	47
슬픔	37
놀람	4
Total	100

C. 실험 평가 방법 및 결과 분석

1. 실험 평가 방법

본 논문의 실험은 얼굴 감정 인식 개선을 위한 무표정 감정 분석을 위해 얼굴 이미지에서 표정을 인식하고 감정 분석이 얼마나 정확한지에 대해 평가하기 위해 감정 인식률을 이용하였으며, 식 (4)를 통해 산정한다.

감정 인식률은 실제 감정의 수와 인식 감정의 수를 비교하여 감정 분석이 얼마나 정확한지 평가하는 것이며, 실제 감정은 데이터를 수집할 때 실험자들로부터 입력받은 감정을 사용한다.

$$\begin{aligned}
 & \text{if(실제 감정의 수} > \text{인식 감정의 수)}\{ \\
 & \quad \text{Precision}(\%) = \frac{\text{인식 감정의 수}}{\text{실제 감정의 수}} \times 100 \\
 & \quad \text{else}\{ \\
 & \quad \quad \text{Precision}(\%) = \frac{\text{실제 감정의 수}}{\text{인식 감정의 수}} \times 100 \\
 & \quad \} \\
 & \}
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

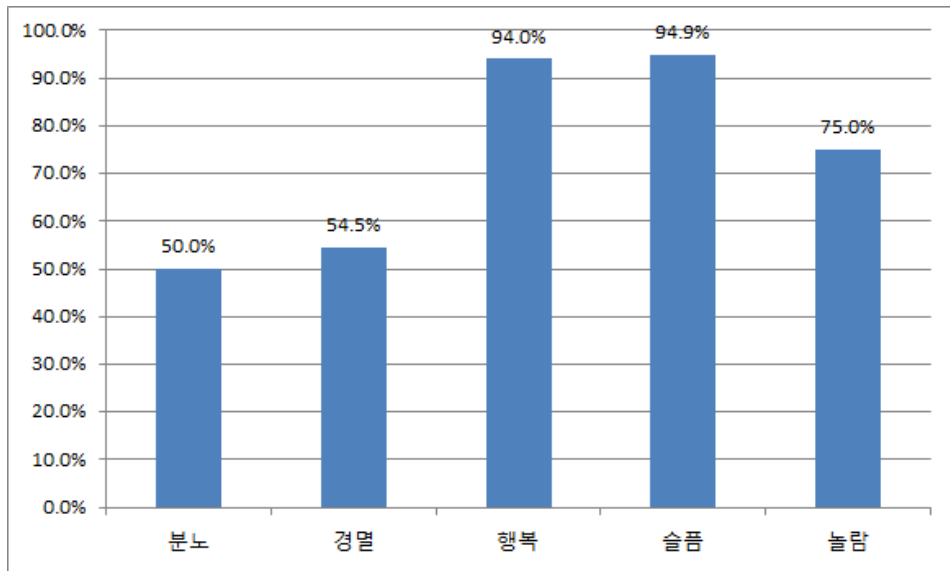
2. 실험 결과 분석

식 (4)에서 분류한 중립 이미지의 2차 분석한 인식 감정의 수와 실제 감정의 수를 비교하여 감정 인식률을 산정한 결과는 [표 4-3]과 같다.

[표 4-3] 실제 감정의 수와 인식 감정의 수 비교

감정	실제 감정의 수	인식 감정의 수	감정 인식률(%)
분노	2	1	50.0%
경멸	6	11	54.5%
억겨움	0	0	0%
두려움	0	0	0%
행복	50	47	94.0%
슬픔	39	37	94.9%
놀람	3	4	75.0%
Total	100	100	73.7%

[표 4-2]에 따르면 감정 인식률이 가장 높은 감정은 슬픔으로 94.9%이고, 그 다음이 행복으로 94%로 분석되었다. 대부분의 감정이 행복이나 슬픔으로 분석되었고, 두 가지 모두 94% 대로 높은 감정 인식률이 산출되었다. 놀람은 75%, 분노, 경멸은 50% 대로 감정 인식률이 산출되었다. 전체 감정 인식률은 73.7%로 산출되었다. [그림 4-2]는 감정별 인식률을 그래프로 나타낸 것이다.



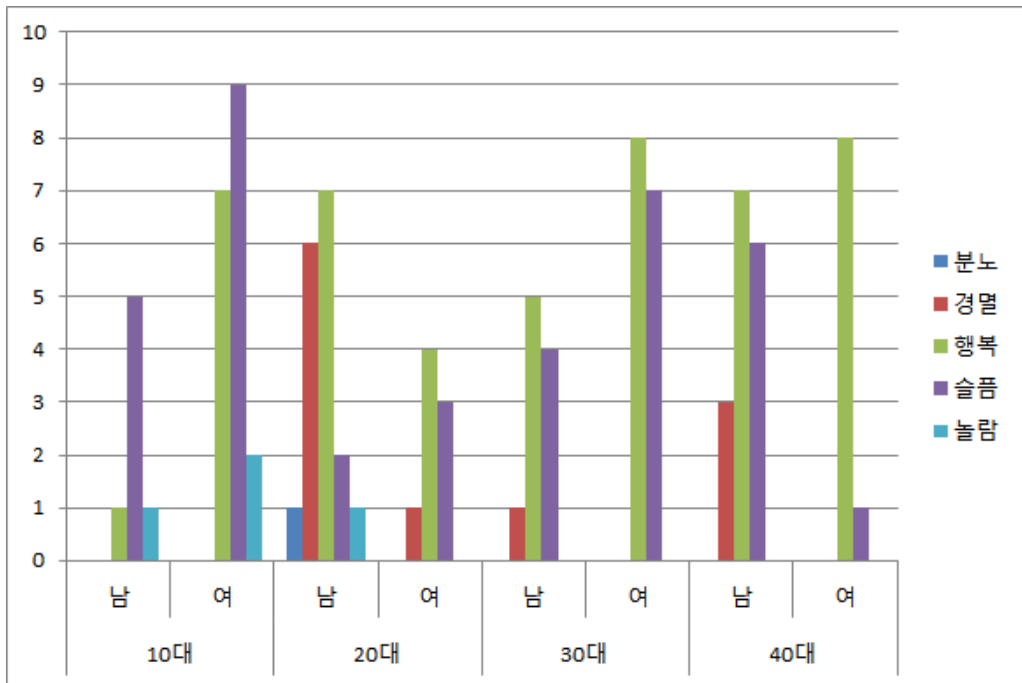
[그림 4-2] 감정별 인식률 그래프

[그림 4-2]에 따르면 얼굴 표정 인식 개선을 위해 무표정 감정일 경우 2차 분석을 통해 감정 인식률이 높아지는 것을 확인할 수 있다. 행복, 슬픔, 놀람의 인식률은 높은 편이나 분노, 경멸의 인식률은 50%대로 좀 더 높은 인식률을 산출하기 위한 연구가 필요하다. [표 4-4]은 실험 결과를 나이와 성별에 따라 좀 더 세분화하여 정리한 것이다.

[표 4-4] 나이와 성별에 따른 감정 분석

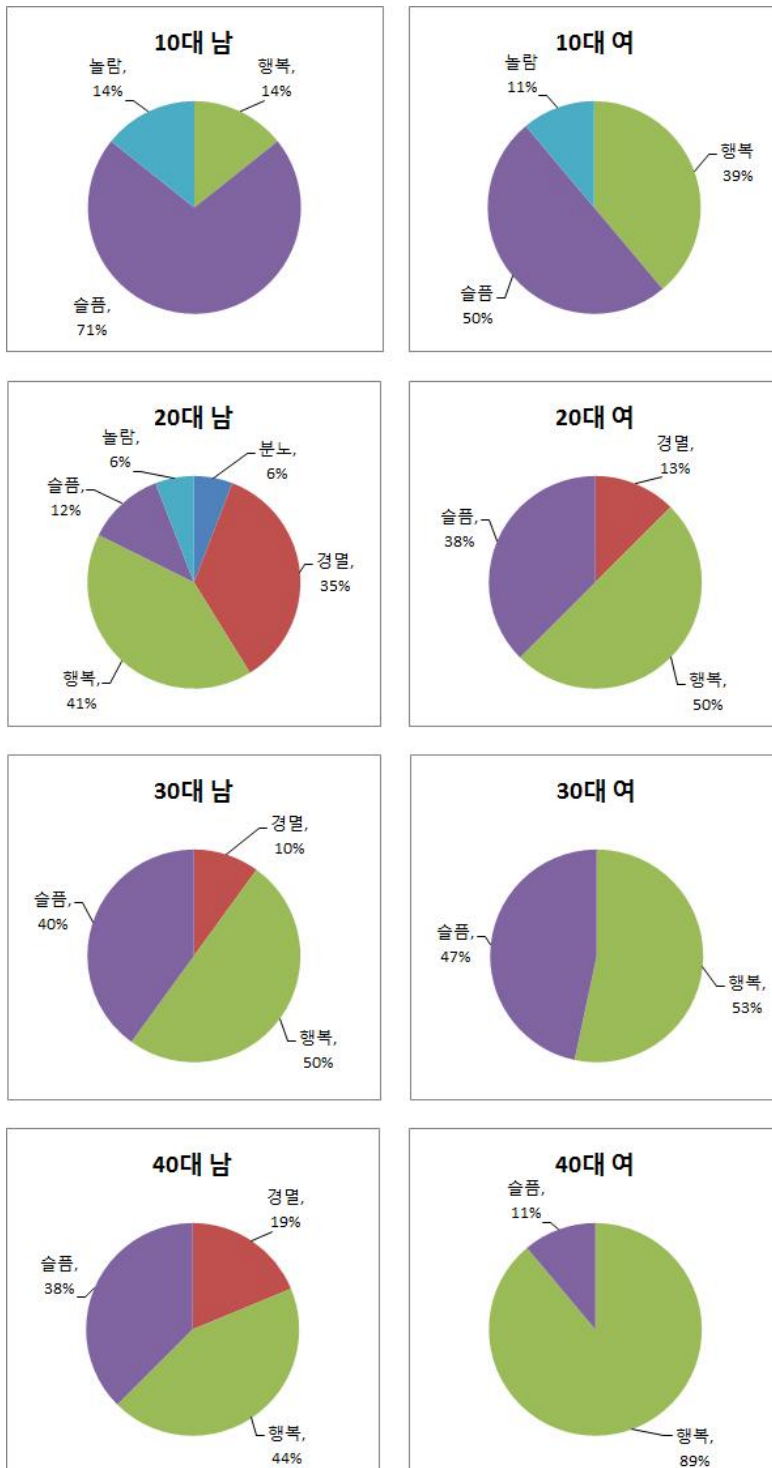
감정	10대		20대		30대		40대 이상	
	남	여	남	여	남	여	남	여
분노			1					
경멸			6	1	1		3	
행복	1	7	7	4	5	8	7	8
슬픔	5	9	2	3	4	7	6	1
놀람	1	2	1					
Total	7	18	17	8	10	15	16	9
	25		25		25		25	

[표 4-4]에 따르면 실험자들은 나이에 따라 10대, 20대, 30대, 40대 이상 각 25명으로 구성되었고, 전반적으로 행복과 슬픔이 가장 많았다. 나이에 따라 10대 남성과 여성들은 슬픔이 가장 많았고, 20대 이상은 행복이 가장 많은 것을 알 수 있었다. [그림 4-3]은 나이와 성별에 따른 감정 분석을 그래프로 표시한 것이다.



[그림 4-3] 나이와 성별에 따른 감정 분석 그래프

[그림 4-3]에 따르면 나이와 성별에 따른 감정 분석 결과를 한눈에 비교할 수 있다. 하지만 나이와 성별에 따라 참가자의 인원수가 달라서 감정별 비율을 알기는 어렵다. 나이와 성별에 따라 감정별 비율을 분석해보기 위해 [그림 4-4]는 나이와 성별에 따른 감정을 백분율 그래프로 나타냈다.



[그림 4-4] 나이와 성별에 따른 감정 분석 백분율 그래프

[그림 4-4]에 따르면 10대 남성과 여성은 슬픔이 가장 많고, 두 번째가 행복이다. 20대 이상 남성과 여성들은 대부분 행복이 가장 많고, 두 번째가 슬픔이다. 경멸은 대부분 20대 이상 남성들에게 분석되었고, 20대 남성이 가장 많은 35%를 차지했다. 무표정으로 보인 중립 감정이 2차 분석을 통하여 여러 감정으로 분석되는 것에는 이유가 있을 것으로 생각되어 관련 자료를 통해 다음과 같은 원인을 알 수 있었다.

사람들이 자신의 얼굴 표정을 통제하는 이유는 많은 사람들이 공유하는 문화적이든 개인적이든 디스플레이 룰은 일반적으로 매우 잘 학습되며, 어려서부터 배우게 되기 때문이다. 그래서 스스로 생각하거나 인지하지 못한 채 자동적으로 표정을 통제할 수 있다. 다음은 사람들이 얼굴 표정을 통제하는 네 가지 유형이다[47].

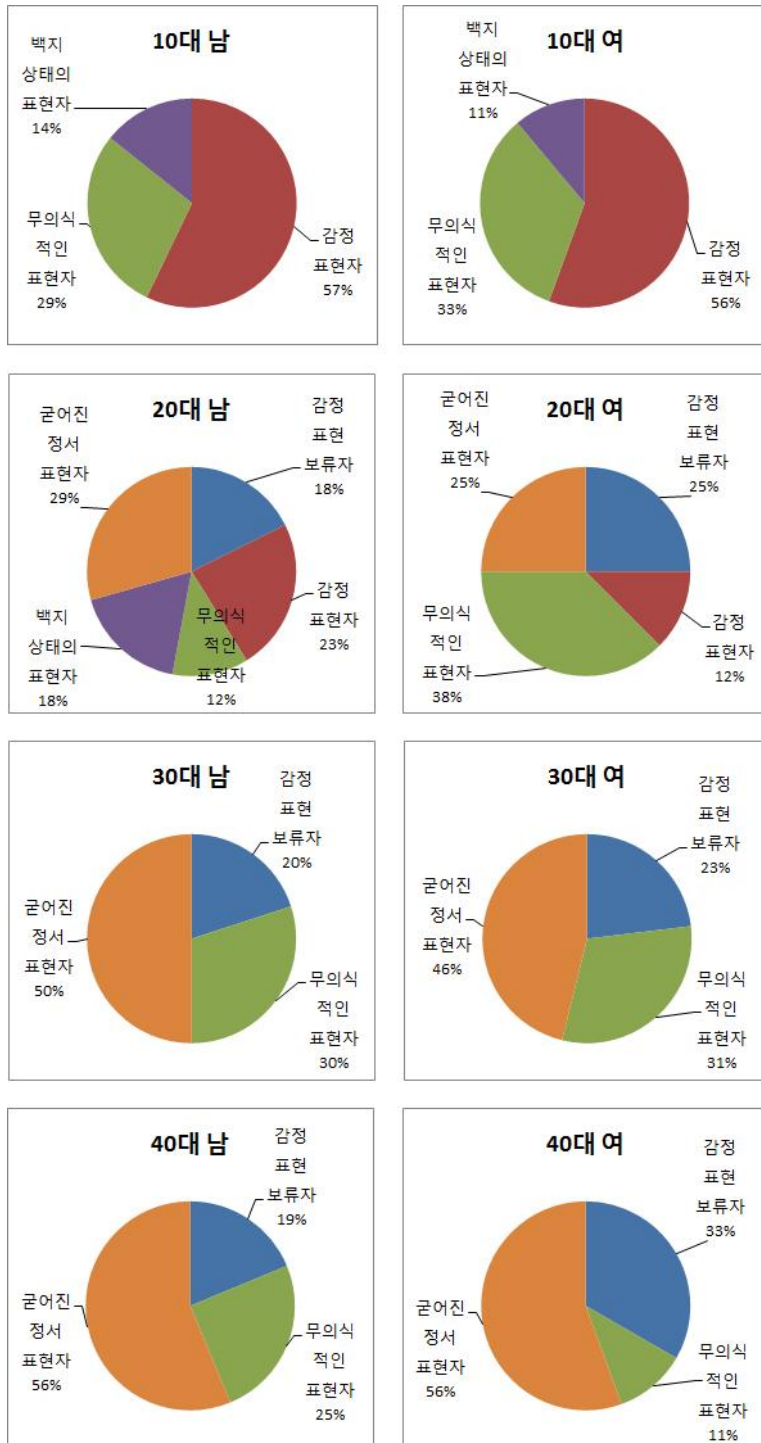
첫 번째로, 문화적 디스플레이 룰이란 깊이 뱀 관습으로 사람들은 어릴 때부터 특정한 상황에 맞는 얼굴 표정을 관리해야 했다. 예를 들면 남성에게는 두려움, 여성에게는 화가 공개적으로 드러나지 않는다. 미국에서는 다 큰 남자는 울거나 두려운 표정을 짓지 않는다. 얼굴 표정은 각 문화 간에 어떤 차이가 있는지 알아보기 위해 스트레스를 유발하는 영화를 보여주는 실험에서 혼자 있을 때 일본인은 미국인과 같이 불쾌한 감정을 드러냈으나, 여러 사람이 함께 있을 때 일본인은 미국인과 달리 불쾌한 감정을 드러내는 표정을 숨기려는 태도를 보였다. 두 번째로, 개인적 디스플레이 룰은 성장 과정에서의 개성으로 다른 사람에게 화난 모습을 보이지 않도록 교육받은 사람의 경우가 대표적이다. 이는 일종의 습관이다. 화가 나도 어른을 노려보면 안 된다. 실망하더라도 슬픔을 보여서는 안 된다는 것이다. 세 번째로, 직업상의 요구에 의해 이미 얼굴 표정을 통제하는 능력을 가지고 있기 때문에 자신의 업무를 잘 수행한다. 네 번째로, 그 순간의 필요성 때문에 얼굴이나 말로 거짓말 한다[47].

표현하지 않는 것과 이성적인 것은 다르다. 감정 표현 불능증은 ‘영혼을 표현하는 단어가 없음’이라는 뜻을 가지고 있다. 타인은 물론 자신의 감정에도 둔감한 모습을 보인다. 신체 감각과 감정을 연결하지 못하거나 감정에 대한 인식 부족이나 공감능력 부족 그리고 자발적, 주체적 사고와 행동 부족으로 나타날 수 있다[7]. [표 4-5]은 얼굴 표정 스타일 8가지에 대해 정리한 것이다[47].

[표 4-5] 얼굴 표정 스타일 8가지

스타일	설명
감정 표현 보류자	감정을 드러내기를 보류, 얼굴에 감정을 드러내지 않음
감정 표현자	감정을 드러냄, 얼굴에 감정이 그대로 드러남, 어린아이와 같음
무의식적인 표현자	자신의 감정이 얼굴에 드러난다는 사실과 사람들이 그것을 어떻게 알아보는지 모른다.
백지 상태의 표현자	감정이 자제되어 있거나 매우 모호한 상태인데도 얼굴에 감정을 드러내고 있다고 확신한다.
대리 표현자	자신도 모르는 사이에 하나의 감정을 또 다른 감정으로 대체한다.
굳어진 정서 표현자	어떤 감정도 느끼지 않았는데 얼굴 어느 부분에서 항상 어떤 감정을 드러내고 있다. 살짝 슬피 보이거나, 놀라거나, 혐오를 느끼거나, 경멸하거나, 화가 나거나, 걱정스러워 보인다. 이들의 얼굴은 원래 그런 식으로 보이거나, 아무 감정을 경험하지 않을 때에도 얼굴 근육이 살짝 수축되는 오랜 습관 때문일 수도 있다.
초기 표현자	어떤 상황에서도 첫 번째 반응으로 하나의 감정 표현을 드러냄, 초기 표정은 실제로 느낀 감정이 무엇이든 그것을 대체하며 실제로 느낀 감정은 그 다음에 온다.
과도한 정서 표현자	항상 1~2가지의 감정을 드러낸다. 그들은 감정을 자제하지 않으며, 언제나 과도하게 넘쳐나는 감정 상태가 지속된다.

[표 4-5]을 통해 얼굴 표정 스타일의 종류에 따라 무표정 상태에서도 자신이 모르는 특정 인상을 줄 수 있다는 것을 인지하고, 실험자들에게 자신의 얼굴 이미지와 감정 2차 분석결과를 보여주고 자신이 얼굴 표정 스타일 8가지 중 어디에 속하는지 조사하여 나이와 성별에 따라 분석한 결과 [그림 4-5]와 같았다.



[그림 4-5] 나이와 성별에 따른 얼굴 표정 스타일

[그림 4-5]에 따르면 모든 연령대에서 대리 표현자와 초기 표현자, 과도한 정서 표현자는 없었다. 10대 남성과 여성은 감정 표현자의 비율이 가장 높았고, 그 다음으로 무의식적인 표현자와 백지상태의 표현자 순으로 나타났다. 20대 남성은 가장 다양한 결과를 볼 수 있었는데 굳어진 정서 표현자가 가장 많았고 그 다음으로는 감정 표현자가 많았다. 20대 여성은 무의식적인 표현자가 가장 많았다. 30대 이상 남성과 여성은 거의 비슷한 결과를 보였다. 굳어진 정서 표현자가 가장 많았고, 무의식적인 표현자와 감정 표현 보류자의 비율이 나머지를 차지했다. 결과적으로 10대일수록 감정을 표현하는 비율이 높고, 40대가 될수록 점점 굳어진 정서를 표현하는 비율이 높아지는 것을 알 수 있었다.

이와 같이 본 연구에서 제안하는 얼굴 표정 인식 개선을 위해 무표정 감정일 경우 2차 감정을 분석하여 실제 감정과 비교해 봄으로써 무표정일 경우에도 미세한 감정을 인식하여 중립이 아닌 다른 감정으로 인식할 수 있다는 것을 확인할 수 있었다. 얼굴 표정에 대한 감정 인식률 향상을 통해 교육, 상담, 원격진료, 부동산 중개 등의 서비스 또는 사용자 맞춤형 서비스나 추천 서비스, 감성마케팅 등 여러 산업 분야에 활용될 것으로 기대된다.

V. 결론 및 향후연구

본 논문에서는 얼굴 표정 이미지에서 얼굴 인식을 하고, 얼굴 인식이 안 되는 경우 전 처리하는 방법과 얼굴 표정으로 감정 인식을 통해 중립 감정으로 인식된 무표정 이미지의 감정을 2차 분석하여 얼굴 표정에 의한 감정 인식을 개선하는 방안
에 대해 제안하였다.

제안하는 방법의 특징으로는 얼굴 표정 이미지에서 얼굴 인식이 안 되는 경우
얼굴 부분을 크기조절과 회전을 한 후 100×100 pixel로 정규화한 결과 10개의 이미
지 중 8개의 이미지가 얼굴 인식이 가능해지는 것을 확인했다. 또한 무표정 이미지
인 경우 중립으로 분석되어 어떤 감정인지 인식이 가능하도록 하기 위해 두 번째
로 수치가 높은 감정으로 2차 분류를 했고, 실제 감정과 비교한 결과 전체적으로
87%의 높은 감정 인식률을 산출했다. 그리고 중립 감정을 2차 분석 전과 후로 슬
픔 감정에서 26개, 행복 감정에서 15개의 이미지가 더 분석된 것을 볼 수 있었다.

실제 실험자들을 대상으로 한 실험에서도 중립 감정일 때 2차 분류한 100개의
이미지로 실제 감정의 수와 인식 감정의 수를 비교하여 전체적으로 73.7%라는 감
정 인식률을 산출했다. 행복과 슬픔은 94%대로 매우 높은 감정 인식률을 보였다.
실험자들의 나이와 성별에 따라 2차 분류한 감정을 분석한 결과 10대 남성과 여성
들은 슬픔이 20대 이상은 행복이 가장 많았다. 8가지 얼굴 표정 스타일 중 어디에
속하는지 조사한 결과 10대들은 감정을 표현하는 비율이 높고, 나이가 들수록 점점
굳어진 정서를 표현하는 비율이 높았다. 이와 같이 본 연구에서 제안하는 얼굴 표
정 인식 개선을 위해 무표정 감정일 경우 2차 감정을 분석하여 실제 감정과 비교
해 봄으로써 무표정일 경우에도 미세한 감정을 인식하여 중립이 아닌 다른 감정으로
인식하여 감정 인식률을 향상 시킬 수 있다는 것을 확인할 수 있었다.

본 논문의 향후 연구 방향으로는 전 처리 과정을 거쳐도 얼굴 인식이 되지 않는
경우와, 중립 감정에 대해서 2차 분석 결과가 태그 감정이 아닌 경우에 대해 감정
인식률을 높일 수 있는 방법과 전체 시스템을 자동화하는 연구가 필요하다.

제안하는 얼굴 표정에 대한 감정 인식률 향상을 통해 교육, 상담, 원격진료, 부동산
중개 등의 서비스 또는 사용자 맞춤형 서비스나 추천 서비스, 감성마케팅 등 여
러 산업 분야에 활용될 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] 이동하, 이문희, “인간과 컴퓨터 상호작용(HCI) 기술 정책 동향”, 대한전자공학 회지, 제 34권, 제 6호, pp. 20-29, 2007.
- [2] 최영숙, “심리치료시스템을 위한 표정인식에 관한 연구”, 대구대학교 대학원, 석사학위논문, 2011.
- [3] 구태희, “스마트폰 기반의 실시간 얼굴 표정 인식”, 세종대학교 대학원, 석사학위논문, 2010.
- [4] 신동일, “감정인식 기술 동향”, 주간기술동향 통권 1283호, pp. 1-9, 2007.
- [5] 조혜리, “얼굴표현에 나타난 인간의 내면성에 관한 연구 : 본인 작품을 중심으로”, 조선대학교 대학원, 석사학위논문, 2016.
- [6] 김광수, 김아중, “감정 커뮤니케이션”, 한나래, 2008.
- [7] 이소라, “감정에 솔직하지 못한 나에게”, 알에이치코리아, 2017.
- [8] “감정의 뿌리”, <http://blog.naver.com/PostView.nhn?blogId=ej0505&logNo=220947345088&parentCategoryNo=&categoryNo=43&viewDate=&isShowPopularPosts=true&from=search>
- [9] 하민아, 이유진, 박승호, “모바일 헬스 애플리케이션의 감정인식 서비스 제안”, Design Convergence Study 56, Vol. 14, No. 1, pp. 233-246, 2016.
- [10] 김상희, “스마트 폰에서의 개인화 서비스를 위한 상황 인지 모델”, 세명대학교 대학원, 박사학위논문, 2013.
- [11] 이성호, “스마트폰에서 퍼지추론을 활용한 컨텍스트 기반 개인화 감정인식”, 경희대학교 대학원, 석사학위논문, 2012.
- [12] 최재원, “감성기반의 사용자 맞춤형 콘텐츠 추천 모델에 관한 실증적 연구”, 숭실대학교 대학원, 박사학위논문, 2013.
- [13] 정병욱, 천성표, 김연태, 김성신, “음성신호를 이용한 감정인식”, 한국지능시스템 학회논문지, 제 18권, 제 4호, pp. 494-500, 2008.
- [14] C. E. Williams and K. N. Stevens, “Emotions and Speech:Some Acoustical Correlates”, The Journal of the Acoustical Society of America , Vol. 52, No. 4, pp. 1238-1250, 1972.

- [15] F. J. Tolkmittand and K. R. Scherer, "Effect of experimentally induced stress on vocal parameters", J Experimental Psychology: Hum Percept Perform, Vol. 12, pp. 302-313, 1986.
- [16] J. Nicholson, K. Takahashi and R. Nakatsu, "Emotion Recognition in Speech Using Neural Networks", Neural Computing & Applications, Vol. 9, No. 4, pp. 290-296, 2000.
- [17] Aishah Abdul Razak and Mohamad Izani Zainal Abidin, "Comparison between Fuzzy and NN Method for Speech Emotion Recognition", Proceedings of the Third International Conference on Information Technology and Applications (ICITA'05) IEEE, Vol. 2, pp. 297-302, 2005.
- [18] V. Kostov and S. Fukuda, "Emotion in UserInterface,Voice Interaction System", IEEE Intl Conf. on Systems, Man, Cybernetics Representation, No. 2, pp. 798-803, 2000.
- [19] 김수진, "음악이 정신질환 치료에 미치는 영향에 관한 연구 : 신경증과 심신 증의 음악요법을 중심으로", 전남대학교 교육대학원, 석사학위논문, 1995.
- [20] 박규태, "소프트 컴퓨팅 기법을 이용한 얼굴 영상에서 감정 추출에 관한 연구", 한국과학기술원, 박사학위논문, 1999.
- [21] M. Turk, A. Pentland, "Eigenfaces for recognition, Journal of Cognitive Neuroscience", Vol. 3, No. 1, pp. 71-8, 1991.
- [22] P. Belhumeur, J. Hespanha, D.Kriegman, "Eigenfacesvs. fisherfaces: Recognition using class specific linear projection", IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 19, No. 7, pp. 711-720, 1997.
- [23] B. Abboud, F. Davoine and Môo Dang, "Facial expression recognition and synthesis based on an appearance model", Vol. 19, No. 8, pp. 723-740, 2004.
- [24] I. A. Essa, A. P. Pentland, "Coding, analysis, interpretation, and recognition of facial expressions". IEEE Trans. Patter Analysis and Machine Intelligence, Vol. 19, No. 7, pp. 757-763, 1997.
- [25] 조규남, "젊은 로봇 공학자 ETRI 고우리 박사", 한국로봇학회-로봇신문 공동 기획, <http://www.irobotnews.com/news/articleView.html?idxno=11532>, 2017.
- [26] 강선경, 이옥걸, 송원창, 김영운, 정성태, "스마트폰에서 웃음 치료를 위한 표정 인식 애플리케이션 개발", 멀티미디어학회논문지, 제 14권, 제 4호, pp.

- 494-503, 2011.
- [27] 이옥걸, “헬스케어를 위한 웃음 표정인식 시스템 개발”, 원광대학교 일반대학원, 석사학위논문, 2010.
- [28] 이명석, “얼굴 인식을 통한 동적 감정 분류”, 단국대학교 대학원, 석사학위논문, 2015.
- [29] 이은솔, 석현정, “조명 색상에 대한 사용자 감성 평가 연구 - 휴식 및 집중 상황을 중심으로”, 디자인학연구, 제 25권, 제 2호, pp. 27-39, 2012.
- [30] 백종협, “LED 기술과 산업동향”, 조명·전기설비학회지, 제 17권, 제 5호, pp. 21-30, 2003.
- [31] 진용하, 오성권, 김현기, “퍼지 관계 기반 추론을 이용한 LED 감성 조명 시스템 설계”, 한국지능시스템학회 학술발표논문집, 제 20권, 제 2호, pp. 141-144, 2010.
- [32] 오성권, 임승준, 마창민, 김진율, “지능형 알고리즘 기반 RGBW Dimming control LED 감성조명 시스템 개발”, 한국지능시스템학회논문지, 제 21권, 제 3호, pp. 359-364, 2011.
- [33] 노시창, “감성조명의 이해”, 한국디자인학회 국제학술대회 논문집, pp. 86-87, 2005.
- [34] 문은배, “색채의 이해와 활용”, 안그라픽스, 2005.
- [35] 여지혜, 정명범, 함준석, 박준형, 고일주, “감정표현의 직관성을 향상시키기 위한 색상을 이용한 감성모델의 개발과 적용”, 한국HCI학회, 제 1권, pp. 152-157, 2008.
- [36] Robert Plutchik, “정서심리학“, 학지사, 2003.
- [37] Robert Plutchik, “Emotion a Psychoevolutionary Synthesis“, 1980.
- [38] 이윤희, “스트레스에 대한 음악치료학적 연구”, 경희대학교 교육대학원 음악교육전공 석사학위 논문, 2001.
- [39] 한승현, “스트레스 지수 알고리즘 설계 및 분석 표현기법에 관한 연구”, 아주대학교 대학원 의용공학협동과정 공학박사학위 논문, 2008.
- [40] 김진성, 김승훈, “사용자의 스트레스 완화를 위한 맞춤형 콘텐츠 서비스 시스템의 설계 및 구현”, 한국콘텐츠학회논문지, 제 11권, 제 2호, pp. 101-112, 2011.
- [41] “기술문서 DKUCTI-TR-2010-S11 : 사용자 스트레스 증상/정도에 따른 규칙

- 기반 추천 규칙 설계서”, 단국대학교 문화콘텐츠기술연구소, 2010.
- [42] 조숙행, “스트레스 평가와 관리”, 대한의사협회지, 제 47권, 제 3호, pp. 226-234, 2004.
- [43] "기술문서 DKUCTI-TR-2010-S07 : 스트레스 완화를 위한 콘텐츠 분석서“, 단국대학교 문화콘텐츠기술연구소, 2010.
- [44] "나를 알아주는, 감정 인식 기술“, Buzz, <http://www.nexus.co.kr/buzz/1140>, 2015.
- [45] "Emotion API“, <https://azure.microsoft.com/ko-kr/services/cognitive-services/emotion/>
- [46] "네이버 국어사전“, <http://krdic.naver.com/>
- [47] 폴 에크먼 외 지음, 함규정 옮김, “언마스크, 얼굴 표정 읽는 기술”, 청림출판, 2014.