

다양한 눈의 특징 분석을 통한 감성 분류 방법

Emotion Classification Method Using Various Ocular Features

김윤경*, 원명주**, 이의철***

상명대학교 대학원 컴퓨터학과*, 상명대학교 대학원 감성공학과**, 상명대학교 컴퓨터학과***

Yoonkyoung Kim(kim_yk2606@naver.com)*, Myoung Ju Won(dnjsaudwn@naver.com)** ,
Eui Chul Lee(eclee@smu.ac.kr)***

요약

본 논문에서는 근적외선 카메라를 이용한 눈의 다양한 특징 분석을 통해 감성을 분류하는 방법에 관한 연구를 진행하였다. 제안하는 방법은 기존의 유사한 연구와 비교했을 때, 감성 분류를 위해 더 많은 눈의 특징을 사용하였고, 각 특징이 모두 유의미한 정보를 포함하고 있음을 검증하였다.

긍정-부정, 각성-이완의 상반된 감성 유발을 위해 청각 자극을 사용함으로써, 눈의 특징에 끼치는 영향을 최소화하였다. 감성 분류를 위한 특징으로써, 동공 크기, 동공 크기 변화율, 깜박임 빈도, 눈을 감은 지속 시간을 사용하였으며, 이들은 근적외선 카메라 영상으로부터 자체 개발한 자동화된 처리 방법을 통해 추출된다.

분석 결과, 각성-이완 감성 유발 자극에 대해서는 동공 크기 변화율과 깜박임 빈도 특징이 유의한 차이를 보였다. 또한, 긍정-부정 감성 유발 자극에 대해서는 눈을 감은 지속시간 특징이 유의한 차이를 보였다. 특히 동공 크기 특징은 각성-이완, 긍정-부정의 상반된 감성 자극 유발 상황에서 모두 유의한 차이가 없음을 확인할 수 있었다.

■ 중심어 : | 감성 분류 | 동공 크기 | 동공 크기 변화율 | 깜박임 빈도 | 눈을 감은 지속시간 |

Abstract

In this paper, emotion classification was performed by using four ocular features extracted from near-infrared camera image. According to comparing with previous work, the proposed method used more ocular features and each feature was validated as significant one in terms of emotion classification.

To minimize side effects on ocular features caused by using visual stimuli, auditory stimuli for causing two opposite emotion pairs such as “positive-negative” and “arousal-relaxation” were used. As four features for emotion classification, pupil size, pupil accommodation rate, blink frequency, and eye closed duration were adopted which could be automatically extracted by using lab-made image processing software.

At result, pupil accommodation rate and blink frequency were statistically significant features for classification arousal-relaxation. Also, eye closed duration was the most significant feature for classification positive-negative.

■ keyword : | Emotion Classification | Pupil Size | Pupil Accommodation Rate | Blink Frequency | Eye Closed Duration |

* 본 연구는 2014학년도 상명대학교 교내연구비를 지원받아 수행하였음.

접수일자 : 2014년 06월 25일

수정일자 : 2014년 09월 25일

심사완료일 : 2014년 10월 14일

교신저자 : 이의철, e-mail : eclee@smu.ac.kr

I. 서론

최근 다양한 콘텐츠의 사용자 경험 기반의 디자인을 위해 인간의 감성을 정량적으로 측정하는 방법이 연구되고 있다. 오감을 자극하는 다양한 콘텐츠가 늘어나고 있기는 하지만, 시각을 통해 제공되는 콘텐츠의 양이 아직 많은 실정이다. 따라서 눈을 통해 감성을 측정하는 것은 다른 생리신호 기반의 측정보다 활용분야가 많고 이치에 맞다.

전통적인 감성공학 분야에는 감성 측정을 위해 질의 응답, 인터뷰 등의 주관적 설문 방법이 활용되었으나, 피험자의 기본 감성 상태에 따라 결과의 편차가 있다는 문제가 있다[1]. 센서 기술의 발전에 따라 자율신경계 및 중추신경계 생리신호 분석 방법이 널리 사용되며, 이는 인체 표면에서 측정되는 신호 해석을 통해 객관적으로 측정이 가능하다는 장점이 있지만, 피부 표면에 센서 부착에 따른 불편함과 움직임에 의한 노이즈 문제가 감성 측정의 성능을 저하시킨다[2]. 그 외의 감성 측정 방법에는 눈 영상 분석방법, 얼굴 표정 분석 방법, 제스처 분석 방법 등이 있다[3-5].

눈의 특징을 분석하는 방법은 사람이 의도적으로 제어할 수 없을 뿐만 아니라, 무의식적으로 나타나는 특징까지 파악할 수 있다는 장점을 가지고 있다[6]. 눈의 특징을 기반으로 기존의 한 감성 인식 연구는 피험자에게 시각 자극을 제공함으로써 긍정적 또는 부정적 감성에 따른 동공의 크기 변화를 측정하였다[7]. 위 연구에서는 긍정적 감성일 때 동공 크기가 더 커진다는 결론을 도출했지만, 감성 유발을 위해 시각 자극을 사용함으로써, 시각 자극의 밝기 특징에 따른 의도하지 않은 동공 변화 요소가 포함되어 정확한 감성 측정이 수행되었다고 보장할 수 없다. 또 다른 눈의 특징을 기반으로 한 기존의 연구에서는 뇌파분석과 동공 반응을 이용한 숨긴 정보를 검사하였다[8]. 위 연구에서는 뇌파 신호와 동공의 크기 정보를 분석하였는데, 사람마다 기본적으로 가지고 있는 동공의 크기가 다른 개인차를 고려하지 않아 정확한 분석방법이라고 할 수 없다. 또 다른 연구에서는 제품 사용 환경의 사용자 초기 감성을 측정하기 위하여 시선 추적 및 동공 크기 변화를 측정하였다[9]. 이 연구 또한 동공 특징의 개인차를 고려하지 않았고,

시선 위치 변화에 따른 동공 영역의 흐림 현상 및 눈을 감을 때 동공 영역의 가림 현상을 고려하지 않았다는 문제점을 가지고 있다. 이처럼 동공의 크기만을 이용한 감성 측정에는 한계가 있다.

인간 감성의 한 종류로 여겨질 수 있는 시각 피로도 측정을 위한 연구에서는 동공의 크기뿐만 아니라 눈 깜박임 빈도를 특징으로 다양한 작업 환경에 따른 VDT(Visual Display Terminal) 시각 피로도를 측정 및 분석하는 연구가 수행된 바 있다[10][11]. 위 연구들에서는 카메라를 고정된 위치에 설치함으로써, 실험 시 피험자가 얼굴을 움직일 수 없다는 제약사항이 있다. 이러한 제약은 생리신호 분석 방법에서처럼 불편함에 의한 노이즈 문제가 발생할 수 있고, 이는 감성 측정의 성능을 저하시키는 요인이 된다. 그리고 시각피로도 측정을 위하여 눈의 깜박임 빈도와 더불어 동공 조절 속도를 척도로 삼은 연구도 있었다[12]. 하지만 위와 같은 눈 영상 분석을 통한 방법은 눈에서 추출할 수 있는 1~2개의 특징만을 사용하여 감성을 측정하였고, 줄음과 연관된 특징으로 사용될 수 있는 눈을 감은 지속시간에 대한 특징을 사용한 바 없다.

위와 같은 문제를 해결하기 위해, 본 연구에서는 근적외선 카메라를 이용한 눈 영상에서 추출할 수 있는 4개의 특징 분석을 통해 감성을 분류하는 방법에 관한 연구를 진행하였다. 감성 유발을 위해 청각 자극을 사용함으로써, 눈의 특징에 끼치는 영향(side effects)을 최소화하였다. 또한 실험 장치로 헬멧 형태의 근적외선 카메라 고정 장치를 사용함으로써 외부 가시광과 얼굴 움직임에 독립적인 눈 영상을 취득할 수 있다[13].

본 논문에서 측정된 감성은 각성(Arousal)-이완(Relaxation), 긍정(Positive)-부정(Negative)의 상반된 2쌍의 감성이고, 객관적인 감성 유발 자극을 이용하기 위해 4가지 검증 단계를 거쳐 각 감성을 대표할 수 있는 청각 자극을 결정하였다. 그리고 본 논문에서는 감성 분류를 위한 특징으로써, 동공 크기(pupil size)뿐만 아니라, 동공 크기 변화율(pupil accommodation rate), 깜박임 빈도(blink frequency), 눈을 감은 지속시간(eye closed duration)을 사용하였다. 한 가지 특징만을 사용하지 않고 네 가지 특징을 사용함으로써, 감성 종류에

따라 구분력이 있는 눈의 특징을 판별해 볼 수 있다. 위 특징들은 근적외선 카메라 영상으로부터 자체 개발한 소프트웨어를 통해 영상을 실시간 처리하여 추출된다.

II. 본 론

1. 눈의 특징 검출 방법

눈 영상 촬영 장치 및 특징 검출 방법은 본 연구진에 의해 개발된 기존 방법을 사용하였다[13].

1.1 눈 영상 촬영 장비

눈 영상을 촬영하기 위한 장치는 헬멧 형태의 근적외선 카메라 고정 장치를 이용하였다. 장치는 머리에 착용하기 때문에, 얼굴 움직임에 독립적으로 항상 동일한 눈의 위치를 촬영할 수 있다는 장점이 있다. 카메라는 일반적인 PC에서 사용하는 USB 카메라이고, 외부 광에 영향을 받지 않는 적외선 눈 영상을 촬영하기 위해 카메라 내부에 있는 ‘적외선 차단필터’를 제거하고, ‘적외선 투과필터’를 삽입하였다. 그리고 눈 영상을 보다면 거리에서 크게 획득하기 위하여, 카메라에 줌 렌즈(기본 렌즈의 약 2.3배)를 부착하였다. 본 연구에서 사용한 헬멧 형태의 착용형 눈 영상 촬영 장치는 [그림 1]과 같다.

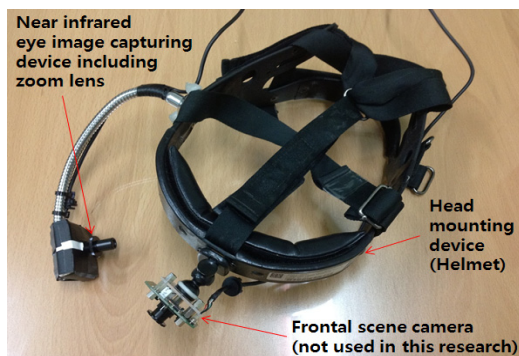


그림 1. Helmet based eye image capturing device

1.2 특징 검출 알고리즘

기존 홍채인식 분야에서는 동공을 원으로 가정하여 원형 검출 알고리즘(Circular Edge Detection)을 사용

하였다[14]. 하지만 본 연구에서 사용한 헬멧 형태의 장치를 통해 비스듬하게 부착된 카메라를 통해 눈 영상을 촬영하므로, 타원 형태로 나타날 수 있다. 또한, 기존 연구에서는 실제 동공의 형태가 원 또는 타원으로 단순화 되기에는 그 형태가 매우 불규칙적이라고 보고하고 있다[15][16].

본 연구에서도 동공의 위치를 검출하기 위해 1차적으로 원형 검출 알고리즘을 사용하였다. 원형 검출 알고리즘은 크기가 비슷하고 중심이 같은 두 개의 원이 영상전체를 반지름의 크기를 변화시켜가면서 탐색하면서, 두 원의 픽셀 값이 가장 크게 나는 부분을 동공으로 판단하는 동공 추출 방법이다. 원형 검출 알고리즘을 이용하면, 정확한 원 형태의 동공이 추출된다. 하지만 앞에서 언급한 바와 같이 실제 눈 영상에서의 동공은 정확한 원 형태로 나타나지 않기 때문에, 추가적인 과정을 진행한다.

원형 검출 알고리즘으로 추출된 대략의 동공 영역을 중심으로 지역적 이진화를 수행한다. 지역적 이진화는 원형 검출 알고리즘으로 결정된 원을 중심으로 하여 원의 지름에 30픽셀을 더한 값을 한 번으로 하는 정사각형 영역에서 수행된다. 동공 영역은 눈 영상에서 상대적으로 어두운 값을 가지고, 외부 조명 환경에 영향을 받지 않기 때문에 이진화 임계치는 80으로 설정하였다. 이진화 후 눈썹 등과 같은 노이즈를 제거하기 위하여, 이진화 영상에 라벨링(component labelling)을 수행하여 가장 큰 라벨 부분을 동공으로 판단하고, 나머지 부분은 제거하였다. 해당 결과의 예는 [그림 2]와 같다.

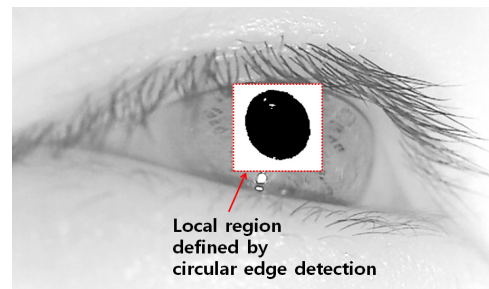


그림 2. An example of acquiring pupil region after sequentially performing binarization, component labelling, and size filtering onto the local region defined by circular edge detection[13]

1.1장에서 언급하였듯이, 본 논문의 촬영장비는 피험자의 눈을 아래쪽에서 촬영하기 때문에, 수직방향으로 타원형태 모양이 발생 할 수 있다. 따라서 동공의 중심은 수평방향으로의 지름을 이용하여 측정하였다. 좌측상단에서 수직우선 탐색을 수행하여 가장 먼저 탐색되는 동공 픽셀 (x_1, y_1) 과 우측하단에서 수직우선 탐색을 수행하여 가장 먼저 탐색되는 동공 픽셀 (x_2, y_2) 사이의 거리를 동공의 지름으로 설정한다. 그리고 두 위치의 중점을 동공의 중심 (x_c, y_c) 로 결정하였다. 설명한 과정은 [그림 3]과 같다. 위와 같이 구해진 동공 영역의 지름은 동공 크기 및 변화를 측정을 위한 특징으로 사용된다.

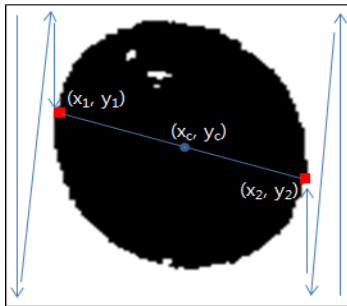


그림 3. Vertical first searching method for obtaining pupil diameter[13]

하지만, 눈을 감은 경우에 위에서 구한 지름 값은 신뢰할 수가 없으며, 이 값을 통해 눈을 떴는지 감았는지를 판단할 수도 없다. 따라서 본 논문에서는 동공 영역의 흑 화소 크기를 통해 눈의 개폐 여부를 판단한다. 본 연구에서는 흑화소의 개수가 2500개 미만인 경우 눈을 감은 것으로 판단하였다. 임계치를 2500으로 설정한 것은 동공의 크기가 2~8mm라는 기존의 이론에 따라, 본 연구에서 사용한 카메라가 1mm에 약 30픽셀로 표현되는 것을 고려하여 설정한 수치이다[17].

2. 실험 방법 및 결과

2.1 실험 방법

실험 환경은 청각자극 이외에 시각적 side effect를 유발할 만한 자극을 최소화하기 위해 피험자의 앞에

Black screen이 설치되었다. 피험자는 헬멧 형태의 눈 영상 촬영 장치를 착용하고, 청각자극을 위한 이어폰을 착용한 후 편안하게 앉은 상태에서 실험에 임하였다.

2.1.1 청각자극 수집 및 대표 청각자극 결정

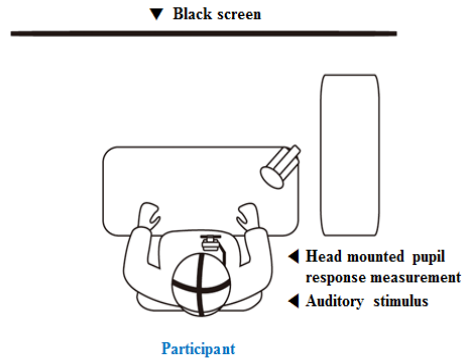


그림 4. Experimental setup

객관적인 감성 유발 자극을 이용하기 위해 자극음향 추출에 4가지 검증과정을 거쳤다. 1차적으로 초기 수집 자극은 감성마다 각 30개, 총 120가지 청각 음향을 수집하였다. 2차 검증단계는 집단심층면접법(FGD, Focus Group Discussion)을 통해 빈도수가 높은 음향을 선정하였다. 집단심층면접법은 응답자들의 토론 중심 진행으로 정성적 자료를 얻고, 응답자들의 자발적 의사표시로 공통된 점을 찾아 타당성 있는 정보를 얻을 수 있는 검증법이다[18]. 3차 검증단계는 카이제곱검정 (Chi-square test)을 통해 2차 검증단계에서 선정된 음향들의 적합성을 검증하였다. 4차 검증단계는 관찰변수들의 공통의 요인을 찾는 요인분석(Factor analysis)을 통해 최종적으로 각성, 이완, 긍정, 부정에 해당하는 대표 청각 자극을 결정하였다.

2.1.2 자극에 따른 눈의 특징 측정

피험자는 총 33명(남자 17명, 여자 16명), 평균 나이 23.4세 이다. 실험은 총 35분 동안 진행되었고, 실험의 순서는 [그림 5]와 같다. 실험은 각 감성 당 5분씩 진행되었으며, 데이터는 초당 10프레임씩 취득되어 각 감성에 3000개 프레임이 취득되었다.

동공의 기본적인 크기나 동공 조절 속도, 그리고 깜

박임 빈도는 개인차가 존재한다. 따라서 본 논문에서는 보다 정확한 눈의 특징을 검출하기 위해서, 피험자간의 개인차를 없애기 위해 감성을 유발 자극을 주기 전에 제일 먼저 neutral 감성 상태에서 실험을 진행하였다. 특정 감성이 유발되기 전 개인마다의 동공의 특징을 사전분석하기 위함이다. 감성과 감성 사이에는 이전 감성 상태에 영향을 안정화하기 위해, 무 자극 상태(Rest)가 2분간 주어졌다. 또한 현 감성 유발 자극이 이전 자극에 종속적인 결과를 유발하는 것(order effect)을 배제하기 위해서 청각 자극을 통해 유도할 감성의 종류는 무작위 순서로 제공되었다.

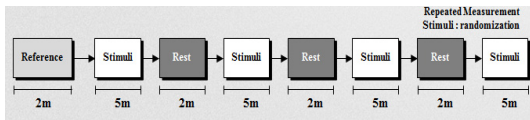


그림 5. Experiment sequence and time

2.2 실험 결과

각성(Arousal)-이완(Relaxation), 긍정(Positive)-부정(Negative)의 상반된 감성 유발하여 눈의 4가지 특징을 추출 하였다. 각 감성에서 피험자의 동공 크기 변화율을 분석한 pupil accommodation rate, 눈 깜박임 빈도를 분석한 blink frequency, 동공의 변화속도가 아닌 동공의 크기 자체를 분석한 pupil size, 그리고 eye closed duration은 각 감성에서 피험자가 눈을 감은 지속시간을 분석한 것이다. 그리고 본 논문에서 상반된 두 가지 감성 간의 유의한 차이를 알기 위해 T검정을 수행하였다. T검정은 독립적인 두 집단 간에 유의한 차이를 확인하기 위해 가장 많이 쓰이는 가설검정으로, 평균과 분산이 다른 두 집단 간에 차이가 있는지 테스트하기 위해 쓰인다[7].

2.2.1 동공 크기 변화율

단위 시간당 동공의 확장 및 축소율은 홍채 근육의 운동 속도를 나타내므로, 시각 피로 도를 판단하는 목적으로 활용될 수 있다[1]. 따라서 감성에 따라 동공 크기 변화율이 달라진다고 할 수 있으므로, 감성분류를 위한 눈의 특징으로 사용하였다.

실험 중 피험자가 눈을 감았을 때는 동공의 크기가 측정될 수 없다. 따라서 정확한 동공 크기 변화율을 분석하기 위해서 측정되지 않은 데이터를 보정해 주어야 한다. 본 연구에서는 Nearest Neighbor Interpolation (NNI)방법을 이용하여, 눈을 감았을 때의 데이터를 보정하였다.

동공 크기 변화율 분석은 단순히 동공의 크기를 분석하는 것이 아니라, 초당 변화율을 분석하는 것이기 때문에 변화 파악을 위해 데이터(r)를 미분하는 단계를 제일 먼저 수행한다. 그리고 미분한 전체 데이터를 초당 변화율로 환산하기 위해 하나의 감성에 5분, 즉 300 초간 실험이 진행되었으므로 300으로 나누는 단계를 거친다. 동공 크기 변화율(R)을 분석하기 위한 계산식은 (1)와 같다.

$$R = (NNI)r' / 300 \tag{1}$$

또한 본 논문에서는 정확한 눈의 특징을 검출하기 위해서, 피험자간의 개인차를 없애기 위해 감성을 유발 자극을 주기 전에 제일 먼저 neutral 상태에서 실험을 진행하였다고 언급하였다. 예를 들어, $R_i(i=1,2,\dots,33)$ 를 i 번째 피험자의 청각자극 주어졌을 때의 동공 크기 변화율 이라고 하고, $A_i(i=1,2, \dots,33)$ 를 i 번째 피험자의 각성 상태에서 동공 크기 변화율 이라고 한다. 이 두 가지 데이터로 개인차를 제거한 데이터(Y_i)를 구할 수 있다. 개인차를 없애기 위한 계산식은 (2)와 같다.

$$Y_i = R_i - A_i(i=1,2, \dots,33) \tag{2}$$

동공 크기 변화율을 분석하기 위해서 절대적인 값을 사용하지 않고, 상대적인 데이터로 분석하기 때문에 식 (2)에서 계산하는 과정은 데이터를 분석하기에 오류가 없다. 모든 피험자들에 대해 Y_i 를 계산하고, 상반된 감성간의 유의한 차이를 확인하기 위한 값으로는 Y_i 의 평균을 사용하였다. 각성-이완 감성에서의 동공 크기 변화율을 나타낸 그래프는 [그림 6]의 (a)와 같다. 이완 자극에 대해 동공 크기 변화율이 통계적으로 유의하게 높게 나타남을 확인하였다.

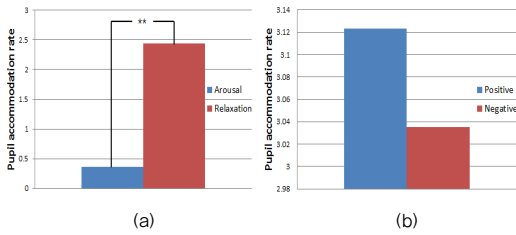


그림 6. Pupil accommodation rate at (a) arousal-relaxation and (b) positive-negative. (“**” means statistically significant at confidence level of 95%)

[그림 6]의 (b)는 긍정-부정 감성 자극에 대한 결과로써, T검정 결과는 $p=0.48$ 로 나타나, 두 자극사이에 동공 크기 변화율의 유의한 차이가 없음을 확인하였다.

2.2.2 깜박임 빈도

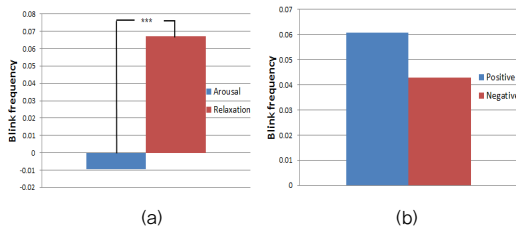


그림 7. Blink frequency at (a) arousal-relaxation and (b) positive-negative. (“****” means statistically significant at confidence level of 99%)

다음은 단위 시간당 눈 깜박임의 빈도 분석을 통해 상반된 감성의 구분이 가능한지를 확인하였다.

[그림 7]의 (a)는 깜박임 빈도에서 각성-이완 감성에서의 Y_i 의 평균을 나타낸 그래프이다. T검정 결과는 $p=0.01$ 로 이완 감성이 유의수준 99%에서 유의한 수준으로 깜박임 빈도가 높게 나타남을 확인하였다.

반면 긍정-부정 감성에서의 결과는 [그림 7]의 (b)와 같고, T검정 결과는 $p=0.33$ 으로, 유의한 차이가 없음을 확인되었다.

2.2.3 동공 크기

다음은 동공 크기를 통해 상반된 자극에 대한 반응 차이를 분석한 결과이다.

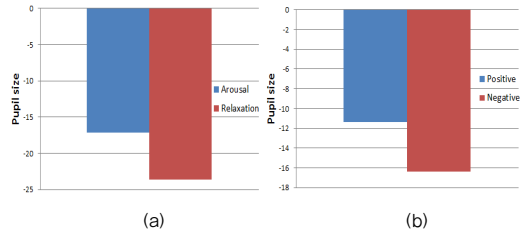


그림 8. Pupil size at (a) arousal-relaxation and (b) positive-negative.

[그림 8]의 (a)는 동공 크기에 대한 각성-이완 감성 자극에 대한 동공 크기의 Y_i 를 그래프로 나타낸 것이고, (b)는 긍정-부정 감성 자극에 대한 결과를 그래프로 나타낸 것이다. T검정 결과는 각성-이완 감성에서 $p=0.22$, 긍정-부정 감성에서 $p=0.25$ 가 나타나 모두 유의한 차이가 없음을 확인하였다.

이는 모든 감성 자극에 대해 무자극 상태일 때보다 동공 크기가 작아지는 양상을 보이면서, 상반된 감성 간 유의한 차이가 없게 나타나는 것이다. 위의 결과에 따라 동공 크기를 통해 감성을 분류하는 것은 적절하지 않다는 결과를 얻었다. 기존 연구에서도 유사한 결과를 보고한 바 있다[3]. 동공 크기를 통해 긍정-부정의 상반된 감성은 구분할 수 없었지만, 무자극 상태와는 모두 유의한 차이가 관찰되는 것을 확인하였다. 이러한 기존 연구의 결과는 본 연구의 결과와 일치하는 결과이며, 본 연구에서는 각성-이완의 상반된 감성에서도 동공 크기는 구분력이 없음을 추가적으로 확인한 것이다.

2.2.4 눈을 감은 지속시간

마지막 특징으로 눈을 감은 지속시간을 통해 상반된 자극에 대한 반응 차이를 분석한 결과이다.

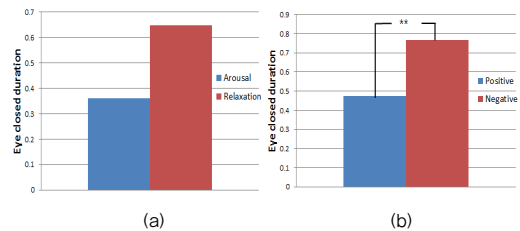


그림 9. Eye closed duration at (a) arousal-relaxation and (b) positive-negative.

[그림 9]의 (a)는 눈을 감은 지속 시간을 각성-이완 감성에 대해 나타낸 그래프이다. 두 감성에서 모두 neutral 감성에서보다 눈을 감고 있는 지속시간이 길게 나타났고, T검정 결과는 $p=0.13$ 로 나타나 통계적으로 유의한 차이가 없음을 확인하였다.

[그림 9]의 (b)는 긍정-부정 감성에서의 눈을 감은 지속시간을 나타낸 그래프이고, 이 또한 neutral상태일 때보다 지속시간이 길게 나타났다. 이 두 감성 사이의 T검정 결과는 $p=0.05$ 로 유의수준 95%에서 유의한 차이가 있음을 확인 하였다. 그래프에 나타난 것과 같이 긍정-부정 감성 중에서는 부정감성일 때 지속시간이 더 길게 나타났다.

III. 결론

본 논문에서는 카메라를 이용한 눈의 다양한 특징분석을 통해 감성을 분류하는 방법에 관한 연구를 진행하였다. 본 논문에서 분석한 결과는 [표 1]과 같이 요약할 수 있다. [표 1]은 neutral 상태에서의 눈의 특징을 기준으로 하여, 각 특징에서 나타난 수치를 비교하여 Low와 High로 나타낸 것이다. 상반된 감성 자극에 대해서 neutral 상태를 기준으로 모든 특징에 대해 상반된 결과가 나타났다.

표 1. Summary of experimental results in terms of the used four eye features against emotion stimuli (Red solid lines mean statistically significant)

	Pair #1		Pair #2	
	Arousal	Relaxation	Positive	Negative
Pupil accommodation rate	Low	High	High	Low
Blink frequency	Low	High	High	Low
Pupil size	High	Low	High	Low
Eye closed duration	Low	High	Low	High

각성-이완으로 구성된 상반된 감성 자극에 대해서는 동공 크기 변화율과 깜박임 빈도가 통계적으로 유의한

차이를 보였다. 그리고 긍정-부정으로 구성된 상반된 감성 자극에서는 눈을 감은 지속시간이 유의한 차이를 보였다. 특히 동공 크기는 상반된 감성 두 쌍에서 모두 유의한 차이가 없음을 확인하였으나, neutral 상태와 비교했을 때, 어떤 종류의 감성 자극에 대해서도 유의한 차이가 나타남을 확인하였다.

결과적으로, 본 연구에서 눈 영상으로부터 추출할 수 있는 4개의 모든 특징이 감성을 분류함에 있어서 모두 유의미함을 확인하였다. 감성 유발을 위한 자극으로써 청각 자극을 사용함으로써 눈에 끼치는 영향을 최소화 하였으므로, 도출된 결과에 신뢰성이 높다고 할 수 있다.

향후 감성 분류를 위해 눈의 특징을 분석하기 위한 연구로는 성별을 구분하여 남자와 여자 사이에 어떤 차이가 나타나는지 연구해 볼 수 있을 것이고, 시선 추적 장치와 같은 차세대 웨어러블 장치 기반의 콘텐츠 환경에서 사용자의 감성을 정량적으로 측정하기 위한 목적으로 활용할 계획이다.

참고 문헌

- [1] 이의철, "시각 자극에 의한 감성 반응의 정량적 측정을 위한 카메라 비전 시스템", 제23회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵, 제주그랜드호텔, 2011(2).
- [2] H. Heo, E. Lee, J. Woo, C. Kim, K. Park, and M. Whang, "Realistic game system using Multi-Modal user interface," IEEE Transaction on Consumer Electronics, Vol.56, Issue.3, pp.1364-1372, 2010(8).
- [3] T. Partala and V. Surakka, "Pupil size variation as an indication of affective processing," Int. J. Human-Computer Studies, Vol.59, Issue.1-2, pp.185-198, 2003(7).
- [4] Y. Song, L. Morency, and R. Davis, "Learning a Sparse Codebook of Facial and Body Microexpressions for Emotion Recognition," ICMI, pp.237-244, 2013(12).

- [5] H. Gunes and M. Piccardi, "Bi-modal emotion recognition from expressive face and body gesture," *J. of Network and Computer Applications*, Vol.30, Issue.4, pp.1334-1345, 2007(9).
- [6] P. Ekman, R. Levenson, and W. Friesen, "Autonomic nervous system activity distinguishes among emotions," *Science New Series*, Vol.221, No.4616, pp.1280-1210, 1983(9).
- [7] S. Kawai, H. Takano, and K. Nakamura, "Pupil Diameter Variation in Positive and Negative Emotions with Visual Stimulus," *IEEE Int. C.*, pp.13-16, 2013(10).
- [8] 엄진섭, 박광배, 손진훈, "ERP와 동공 반응을 이용한 숨긴정보검사", *Korean J. of the science of Emotion & sensibility*, Vol.15, No.2, pp.259-268, 2012.
- [9] 이재화, 이건표, "제품 사용 환경의 사용자 초기 감성 측정 방법에 관한 연구", *Korean J. of the science of Emotion & sensibility*, Vol.13, No.1, pp.111-120, 2010.
- [10] M. Miyao, S. Hacisalihzade, and J. Allen, "Effects of VDT resolution on eyestrain and readability: an eye movement approach," *Ergonomics*, Vol.32, Issue.6, pp.603-614, 2007(5).
- [11] K. Kaneko and K. Sakamoto, "Spontaneous blinks as a criterion of visual fatigue during prolonged work on visual display terminals," *Perceptual and Motor Skills*, Vol.92, Issue.1, pp.234-350, 2001(2).
- [12] E. Lee, K. Park, M. Whang, and K. Min, "Measuring the degree of eyestrain caused by watching LCD and PDP devices," *Int. J. of Industrial Ergonomics*, Vol.39, Issue.5, pp.798-806, 2009(9).
- [13] 배민경, 장운수, 조지혜, 김치중, 이의철, "정확한 동공 검출 및 분석을 통한 감성 특징 추출 및 시각화 방법", 제25회 신호처리합동학술대회, 성균관대학교, 2012(9).
- [14] J. Daugman, "High confidence visual recognition of persons by a test of statistical independence," *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, Vol.15, Issue.11, pp.1148-1160, 1993(11).
- [15] J. Daugman, "New Methods in Iris Recognition," *IEEE Trans. On Systems, Man, and Cybernetics, PartB: Cybernetics*, Vol.37, Issue.5, pp.1167-1175, 2007(10).
- [16] T. Tan, Z. He, and Z. Sun, "Efficient and robust segmentation of noisy iris images for non-cooperative iris recognition," *Image and Vision Computing*, Vol.28, Issue.2, pp.223-230, 2010(2).
- [17] E. Lee, J. Lee, and K. Park, "Experimental Investigations of Pupil Accommodation Factors," *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, Vol.52, No.9, pp.6478-6485, 2011(7).
- [18] C. Basch, "Focus Group Interview: An Underutilized Research Technique for Improving Theory and Practice in Health Education," *Health education & Behavior*, Vol.14, No.4, pp.411-448, 1987(12).
- [19] B. Moser, G. Stevens, and C. Watts, "The two-sample test versus Satterthwaite's approximate f test. *Communications in Statistics*," *Theory and Methods*, Vol.18, Issue.11, pp.3963-3975, 1989(5).

저 자 소 개

김 윤 경(Yoonkyoung Kim)

준회원



- 2014년 8월 : 상명대학교 미디어 소프트웨어학과(이학사)
- 2014년 9월 ~ 현재 : 상명대학교 컴퓨터과학과 석사과정

<관심분야> : Image processing, Signal processing, Pattern recognition

원 명 주(Myoung Ju Won)

정회원



- 2013년 8월 : 상명대학교 감성공학(공학석사)
- 2013년 9월 ~ 현재 : 상명대학교 감성공학과 박사과정

<관심분야> : Emotion Engineering, Emotional Design, Micro-expression, HCI, 3D

이 의 철(Eui Chul Lee)

정회원



- 2005년 2월 : 상명대학교 소프트웨어학과(이학사)
 - 2007년 2월 : 상명대학교 대학원 컴퓨터과학과(이학석사)
 - 2010년 2월 : 상명대학교 대학원 컴퓨터과학과(이학박사)
 - 2010년 3월 ~ 2012년 2월 : 국가수리과학연구소 융복합수리과학연구부 전임연구원
 - 2012년 3월 ~ 현재 : 상명대학교 컴퓨터과학과 교수
- <관심분야> : Computer vision, Image processing, Pattern recognition, HCI