



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](#)

공 학 석 사 학 위 논 문

시각 증강이 후각에 미치는
영향에 관한 연구



2023년 8월

부 경 대 학 교 대 학 원

인 공 지 능 융 합 학 과

진 예 지

공 학 석 사 학 위 논 문

시각 증강이 후각에 미치는
영향에 관한 연구

지도교수 장 원 두
(공동지도교수 Xiaoyang Mao, Masaki Omata)

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함.

2023년 8월

부 경 대 학 교 대 학 원

인 공 지 능 융 합 학 과

진 예 지

진예지의 공학석사 학위논문을 인준함.

2023년 8월 18일



위 원 장 공학박사 한 영 선 (인)

위 원 공학박사 김 훈 희 (인)

위 원 컴퓨터공학박사 장 원 두 (인)

목 차

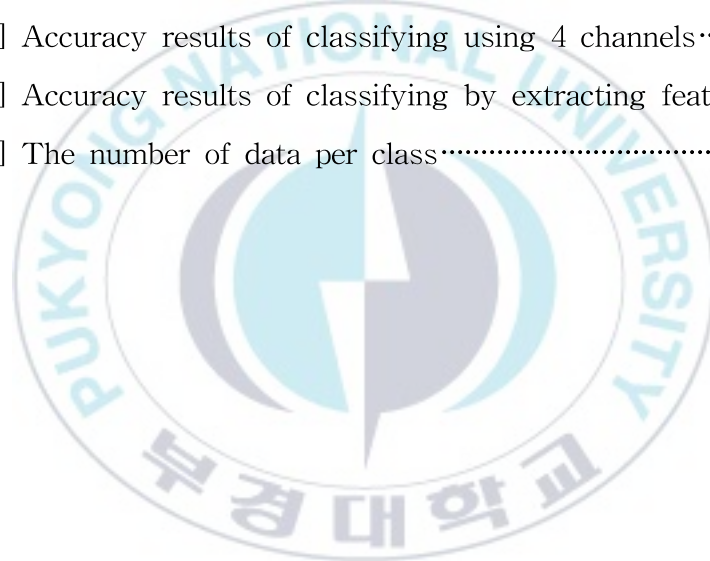
표 목차	iii
그림 목차	v
논문 요약	vii
I. 서론	1
II. 연구 방법	4
2.1 연구 설계	4
2.1.1 연구 개요	4
2.1.2 가설	7
2.2 데이터 수집	8
2.2.1 시각 자극의 제시 방법	8
2.2.2 아로마 향	10
2.2.3 시각적 효과	13
2.2.4 EEG 측정	16
2.2.5 실험 방법	20
2.2.6 설문조사	24
2.3 감정 분류	27
III. 결과 분석	33
3.1 주관적 평가	33
3.1.1 Pleasant Scents	33

3.1.2 Unpleasant Scents	40
3.2 EEG 채널 수에 따른 평가	45
3.2.1 채널 1개 사용	45
3.2.2 채널 2개 사용	46
3.2.3 채널 3개 사용	48
3.2.4 채널 4개 사용	51
3.3 DWT 특징 추출에 따른 평가	54
 IV. 결론	 56
4.1 결론	56
4.2 연구의 한계 및 향후 연구 방향	59
 참고문헌	 60

표 목 차

[Table. 1] Presentation methods by AR particles color and emission direction	8
[Table. 2] Pleasant scents images and particle colors	12
[Table. 3] Unpleasant scents images and particle colors	12
[Table. 4] Participant's information	28
[Table. 5] The RM ANOVA results of valence for pleasant scents	34
[Table. 6] Comparison by the response with significant differences of valence for lavender and rose scent	36
[Table. 7] The RM ANOVA results of arousal for pleasant scents	38
[Table. 8] Comparison results by the response with significant differences of arousal for the rose scent	39
[Table. 9] The RM ANOVA results of valence for unpleasant scents	41
[Table. 10] Comparison results by the response with significant differences of valence for the tar scent	42
[Table. 11] The RM ANOVA results of arousal for unpleasant scents	43
[Table. 12] Comparison results by the response with significant differences of arousal for tar scent	44
[Table. 13] Accuracy results of classifying using Fp1 and Fp2 channels	47
[Table. 14] Accuracy results of classifying using F3 and F4 channels	47

[Table. 15] Accuracy results of classifying using Fp1, Fp2, and F3 channels	49
[Table. 16] Accuracy results of classifying using Fp1, Fp2, and F4 channels	49
[Table. 17] Accuracy results of classifying using Fp1, F3, and F4 channels	50
[Table. 18] Accuracy results of classifying using Fp2, F3, and F4 channels	50
[Table. 19] Accuracy results of classifying using 4 channels	51
[Table. 20] Accuracy results of classifying by extracting features	54
[Table. 21] The number of data per class	55



그 림 목 차

[Fig. 1] Humans have five Senses	2
[Fig. 2] Research pipeline	6
[Fig. 3] The four visual stimulus presentation methods (methods 2 to 5)	9
[Fig. 4] Scent-related equipment used in experiments	10
[Fig. 5] How to locate scent emissions using a QR code	13
[Fig. 6] Application scenes	14
[Fig. 7] The brain is subdivided into 5 lobes	16
[Fig. 8] International 10-20 system for EEG	17
[Fig. 9] Locations of 4 EEG electrodes	18
[Fig. 10] Bio-signal related equipment used in experiments	19
[Fig. 11] Sequence of presentation methods by group using a Latin square design	20
[Fig. 12] Sequence of scents by participants using the Latin square design	21
[Fig. 13] Experiments with scents and AR particles	22
[Fig. 14] Russell's arousal-valence model of emotion	24
[Fig. 15] The Self-Assessment Manikin(SAM) used in the experiment to rate the evaluation of valence and arousal	25
[Fig. 16] Binary classification based on a scale of 1 to 9 (low:1-5, high: 6-9)	29
[Fig. 17] 10-fold cross validation	29
[Fig. 18] Raw EEG signals of rose and tar scents	30

[Fig. 19] Band-pass filtered EEG signals of rose and tar scents	31
[Fig. 20] The average value of valence for pleasant scents	33
[Fig. 21] The average value of arousal for pleasant scents	37
[Fig. 22] The average value of valence for unpleasant scents	40
[Fig. 23] The average value of arousal for unpleasant scents	42



A Study on the Effect of Visual Augmentation on Olfactory

Ye Ji Jin

Department of Artificial Intelligence Convergence, The Graduate School,
Pukyong National University

Abstract

This paper presents a study that utilizes artificial intelligence techniques to perform emotion analysis, investigating the impact of visual augmentations on the olfactory system. The visual stimuli were presented through HoloLens, depicting augmented particles, while the olfactory stimuli were derived from various aroma scents. The use of augmented particles enhanced the perception of the scent compared to a scent experience without visual stimulation.

We experimented by measuring the EEG (Fp1, Fp2, F3, and F4) of 30 participants when they were exposed to visual stimuli through augmented particles concurrent with smelling a scent. We used six scents in the experiment: lavender, lemon blossom, rose, gunpowder, smoke, and tar.

We presented visual stimuli in five different ways by controlling the color and movement of the particles. Two types of movements were examined in the experiment: one is spreading toward the users' faces from an outlet of an aroma shooter, and the other is a backward movement toward the outlet. All participants took part in experiments using all five methods of visual stimulus presentation, and each method used all six scents. After each trial with a particular scent, participants provided subjective evaluations of their experienced emotions (valence and arousal) through a questionnaire.

To analyze emotions, we utilized a support vector machine (SVM) for binary

classification and used a 10-fold cross-validation to calculate the average accuracy. Moreover, we used repeated measures analysis of variance (RM ANOVA) to analyze the influence of olfactory perception and emotional stimulation based on the participants' questionnaire results.

We performed emotion classification using SVM to examine whether there are differences in emotions depending on the method of visual stimulus presentation. When we classified emotions using SVM with all four measured EEG channels, we found differences in emotion accuracy depending on the method of visual stimuli presentation, with an average accuracy of 0.93 for valence and 0.9 for arousal.

We used RM ANOVA to investigate the effects of changes in the color and direction of augmented particle movement on the olfactory system. Our study confirmed that visual stimuli can influence scent perception and induce emotional changes. We also discovered that the use of augmented particles of a specific color can intensify or alleviate emotions, and using green-colored augmented particles while setting the particle movement opposite to the direction of the scent emission can alleviate unpleasant emotions.

Through this, we anticipate a more comprehensive understanding of the interaction between visual stimuli and olfaction. Commercially, the appropriate use of visual stimuli and aromas can stimulate consumer emotions, potentially leading to marketing benefits. Additionally, this research can aid in the development of human-computer interaction (HCI) devices to be used in specific environments, such as restrooms and garbage disposal sites, where they can help alleviate the psychological discomfort caused by malodors.

1. 서론

최근 가상 현실 및 증강 현실 기술의 발전으로 멀티모달(Multimodal)에 관한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 멀티모달은 음성, 텍스트, 이미지, 동영상, 생체신호 등 여러 가지 다른 형태의 정보를 결합하여 정보를 처리하고 전달한다. 이를 통해 보다 정확하고 효율적으로 정보를 처리할 수 있으며, 다양한 형태의 정보를 사용함으로써 특정 환경에서 접근성을 제공하는 데에도 활용될 수 있다. 예를 들어 교육 분야에서는 VR 기술과 음성 인식 기술 등을 결합하여 학습 효과를 향상시킬 수 있는 새로운 학습 환경을 제공할 수 있다. 의료 분야에서는 다양한 생체신호들을 결합하여 활용하여 질병 진단과 치료에 활용될 수 있다[1].

이러한 멀티 모달은 감정인식에 있어서도 활용된다. 일반적으로 감정인식 연구에서 참가자는 자신이 느끼는 감정을 일정 범위의 척도로 평가한다. 이 때, 참가자가 느끼는 감정은 주관적이기 때문에 타당성과 확증에 문제가 있을 수 있다[2]. 따라서 감정을 보다 객관적으로 평가하기 위해, 감정인식 연구에서는 참가자의 생체신호를 측정한다.

감정인식 시 측정되는 생체신호에는 electroencephalography(EEG), galvanic skin response(GSR), photoplethysmography(PPG), respiration rate(RT), electrocardiography(ECG), electromyography(EMG) 등이 있다 [3, 4, 5]. 특히 EEG를 활용한 감정인식 연구는 뇌-컴퓨터 인터페이스(Brain-Computer Interface, BCI)의 발전과 함께 활발히 진행되었다[6, 7, 8, 9, 10, 11, 12].

뇌파 기반 감정 연구에서는 비디오 영상 시청, 증강 현실 입자 사용 등의 시각 자극이 있으며, 음악 듣기와 같은 청각 자극을 이용한 연구가 수행되었으며, 최근 시각과 함께 후각 자극을 다루는 연구들이 수행되었다[3, 13, 14, 15, 16, 17].

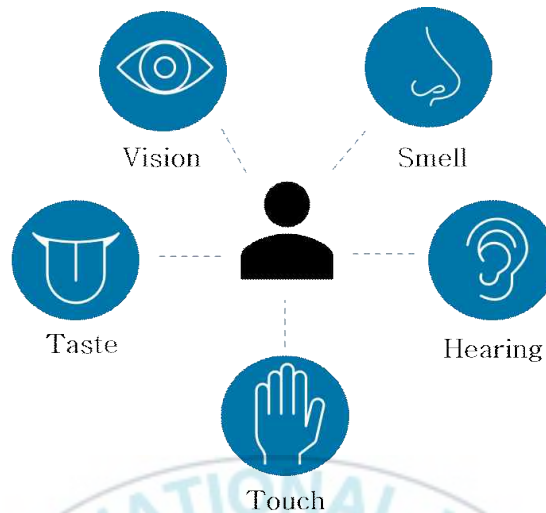


Fig 1. Humans have five Senses

시각, 후각, 미각, 청각, 촉각과 같은 감각기관은 단독으로 작용할 뿐만 아니라 상호 관계를 유지하면서 정보를 처리하기 때문에 상호작용을 통해 인간의 지각에 영향을 미친다(Fig. 1). 이 중에서 후각은 냄새를 감지하여 정보를 처리하는 데 있어서 시각 자극과 연관이 있다. 인간은 다양한 향에 노출되면서, 향에 대한 지식과 경험을 쌓아왔으나 시각적 자극과 후각이 함께 사용될 때, 인간의 후각 시스템에 어떤 영향을 미치는지에 대한 연구는 아직 부족하다. 후각에 관한 감정 분석 연구에서 pleasant scents에 대한 연구는 다소 있지만[3, 14, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24], unpleasant scents에 대한 연구는 적은 편이다[14, 15, 20, 25, 26]. 또한 향을 맡을 때 시각적 자극을 활용하여 감정의 변화에 대한 연구는 드물다. 따라서 EEG를 활용한 감정 연구에서 시각과 후각의 상호작용으로 인한 감정적 변화를 다루고, unpleasant scents에 대한 연구를 수행하는 것은 중요한 연구 방향일 수 있다.

본 연구에서는 시각과 후각을 동시에 다루는 가상 현실 시스템을 활용하여 시각적 자극이 우리의 후각 시스템에 미치는 영향을 조사하고자 한다. 특히, 다양한 시각적 자극 중에서 증강 현실 입자의 색상과 움직임 방향이

우리의 후각 체계에 어떤 영향을 미칠지에 대한 가설을 세우고 이를 분석하고자 한다. 객관적인 평가를 위해 EEG를 수집하여 시각적 자극에 따른 감정을 분석하고, 이를 통해 시각 증강이 후각에 미치는 영향에 관한 이해를 높일 수 있을 것으로 기대한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 제2장에서는 데이터셋에 대해 살펴본다. 제3장에서는 수집된 데이터셋에 대한 주관적 평가와 실험 결과에 대한 객관적 평가를 기술한다. 마지막 제4장에서는 결론과 연구의 의의와 한계 등을 제시한다.



2. 연구 방법

제2장에서는 본 연구의 연구 방법이 소개된다. 본 장은 연구 설계, 데이터 수집 방법 및 감정 분석으로 구성된다.

2.1 연구 설계

2.1.1 연구 개요

본 연구에서는 데이터 수집부터 결과 분석에 이르는 종합적인 연구를 수행하고자 하였다. 현재 단일 감각을 사용한 데이터셋은 많은 반면, 시각과 후각을 동시에 자극하는 감정 분석 연구에 대한 데이터셋은 매우 드물다. OVPD 데이터셋은 시각과 후각을 동시에 자극했을 때 측정된 뇌파 신호다. 시각 자극으로는 동영상을 사용하며, 동영상을 4부분으로 나누어 동영상만 시청하거나, 동영상을 볼 때 향을 같이 맡는 실험으로 진행되었다[14]. 해당 연구에서는 동영상만 시청했을 때와 향을 같이 맡았을 때의 뇌파를 연구한 결과, 후각 자극이 기존 영상 자극보다 감정을 강하게 유발하고 감정인식의 정확도를 향상시킨다는 결과를 확인하였다[27].

시각 자극을 받은 상태에서 뇌파를 측정한 감정 분석 데이터셋에는 DEAP 데이터셋 및 SEED 데이터셋이 있다. DEAP 데이터셋은 1분 길이의 비디오를 시청할 때 측정된 뇌파 신호이며, Valence, Arousal, Dominance, Like/Dislike 총 4가지의 감정으로 평가되었다[7]. SEED 데이터셋도 비디오를 시청할 때 측정된 뇌파 신호로 이루어져 있으며, Positive, Negative, Neutral로 평가되었다[28]. 감정 분석 데이터셋은 주로 비디오 시청을 시각 자극으로 주었을 때 측정된 뇌파 신호로 구성되어 있다.

후각 자극을 받은 상태에서 뇌파를 측정한 데이터셋에는 OPPD 데이터

셋이 있다. OPPD 데이터셋은 5명의 참가자를 대상으로 눈을 감았을 때와 눈을 떴을 때 측정된 뇌파 신호다. 후각 자극으로 사용된 향은 Valerian, Lotus flower, Cheese, Rosewater이다[29].

후각 자극을 이용하여 뇌파를 측정한 연구에서는 특정 향을 짧은 시간 동안 반복해서 맡을 때의 뇌파를 측정한다. 실험이 끝나면 참가자들은 Pleasant, Unpleasant와 같은 감정에 대해 일정한 범위의 척도로 평가한다. 주로 Pleasant/Unpleasant 또는 Pleasant/Neutral/Unpleasant와 같이 2-class 또는 3-class로 감정을 분류하는 연구가 수행되었다[15, 27, 30].

시각적 자극이 후각 지각에 미치는 영향을 실험한 연구에서, 10명의 참가자를 대상으로 Lemon 향을 사용하여 3가지 방법으로 실험을 수행하였다. 첫 번째는 참가자가 향만 맡게 하고, 두 번째는 향을 맡을 때, 시각적 자극으로 3D 입자를 보여주고, 마지막으로는 향을 맡을 때, 증강 현실 입자를 보여주었다. 연구 결과로는 향을 맡을 때 증강 현실 입자를 중첩하여 사용하면, 제시된 향을 더 쉽게 인지할 수 있으며 시각적 자극의 존재감을 향상시킬 수 있다는 것을 확인하였다[3].

따라서 본 연구에서는 시각적 자극으로 증강 현실 입자를 활용하며, 후각적 자극으로 아로마 향을 이용하여, 시각적 자극에 따른 향의 인지와 감정적 자극 변화를 분석하였다.

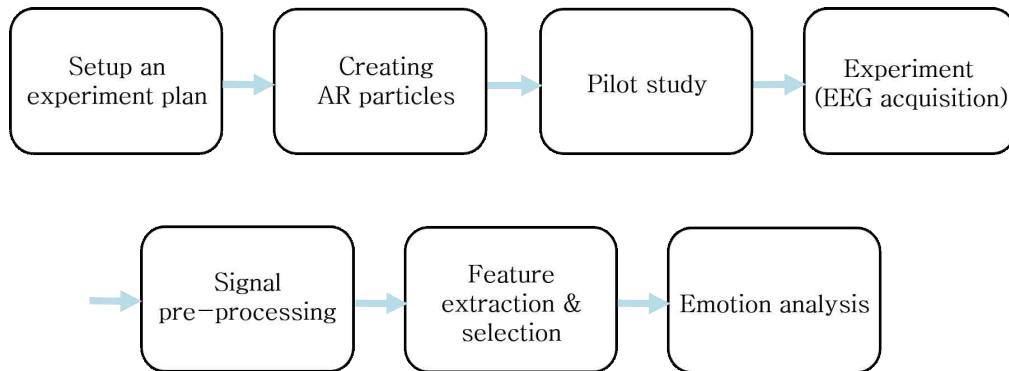


Fig 2. Research pipeline

본 연구는 다음과 같은 순서로 진행되었다(Fig. 2). 우선, 시각 자극이 후각 시스템에 미치는 영향을 연구하기 위한 가설을 세웠다. 이를 위해 색상과 움직임의 방향에 따라 5가지 시각 자극 방법을 제시하였다. 실험에 사용할 아로마 향, 시각 장비 및 측정 장비들을 선정하고, 실험을 진행할 방법과 순서를 계획하였다. 시각적 효과 실험을 위해 각 향에 맞는 증강 입자를 생성하고, 애플리케이션을 제작하였다. 본격적인 연구를 시작하기 전에 Pilot study를 실시하여 측정 도구와 절차의 유효성과 실용성을 평가하였다. 이후, 30명의 참가자를 모집하여 실험을 진행하고 뇌파 데이터를 수집하였다. 각 실험이 완료될 때마다 설문조사를 실시하였다. 참가자들의 뇌파 데이터와 설문조사 결과를 정리한 후, 전처리 과정을 거쳤다. 데이터에서 특징을 추출하고 선택한 후, Arousal과 Valence에 대한 감정 분석을 수행하였다.

2.1.2 가설

본 연구에서는 시각 자극이 후각 시스템에 미치는 영향을 연구하기 위해 4가지 가설을 세웠다.

1. 증강 현실 입자의 움직임을 통한 시각적 자극은 향의 자극을 강화 또는 약화시킬 수 있다.
2. 시각적 자극에 사용되는 입자의 색상은 향의 자극을 강화 또는 약화시키는데 영향을 준다.
3. 입자의 운동 방향은 향의 자극을 강화 또는 약화시키는데 영향을 준다.
4. 시각 자극의 제시 방법에 따라, 뇌파를 이용한 감정 분류의 정확도에 차이가 있다.

이와 관련하여, 이전 연구에서는 적절한 색상의 입자가 향의 인지를 돕고 향에 대한 선호도를 높이는 반면, 부적절한 색상은 향에 대한 식별을 약화시키고 선호도를 낮춘다는 연구 결과가 있다[31].

증강 입자의 색상과 향에 관련된 연구에서 Magnitude Estimation 방법으로 향기 강도를 평가한 결과, 향과 어울리는 색상 입자를 제시했을 때 참가자들로부터 향의 강도가 높다는 평가를 받았다[3]. 향에 적절한 색상의 AR 입자를 제시하면 향만 제시할 때보다 향의 강약, 인지의 용이성, 존재감 등의 측면에서 향에 대한 인지를 높일 수 있다는 것을 시사하였다.

색상과 관련한 많은 연구에서 초록색은 평화, 휴식, 평온함, 행복과 같은 감정과 연관되어 있다고 한다. 특정 색을 감정과 연관시키는 연구에서 초록색은 평화가 연관된다는 응답이 가장 많았으며, 대부분의 응답이 긍정적이었다[32]. 색상은 근본적인 생리적 메커니즘을 통해 일관된 생리적 반응을 유발할 수 있으며 파란색과 녹색은 참가자의 각성을 감소시킨다는 연구 결과가 있다[33]. 따라서 초록색을 사용한다면 불쾌한 감정에 대한 인식을 변화시킬 수 있을 것으로 생각된다.

2.2 데이터 수집

2.2.1 시각 자극의 제시 방법

본 연구에서는 가설을 검증을 위한 실험으로 5가지 방법을 제안하였다.

방법 1. 참가자에게 향만 맡게 한다.

방법 2. 참가자가 향을 맡을 때, 향마다 지정한 색상의 증강 현실 입자를 사용하여 시각적 효과를 준다.

방법 3. 참가자가 향을 맡을 때, 모든 향에 초록 색상의 증강 현실 입자를 사용하여 시각적 효과를 준다.

방법 4. 참가자가 향을 맡을 때, 향마다 지정한 색상의 증강 현실 입자를 사용하는데, 입자의 움직임을 반대 방향으로 움직이게 한다.

방법 5. 참가자가 향을 맡을 때, 모든 향에 초록 색상의 증강 현실 입자를 사용하는데, 입자의 움직임을 반대 방향으로 움직이게 한다.

Table 1. Presentation methods by AR particles color and emission direction

Emission Direction	No particle	AR particle	
		Specified color	Green color
No motion	method 1	×	×
Forward motion	×	method 2	method 3
Reverse motion	×	method 4	method 5

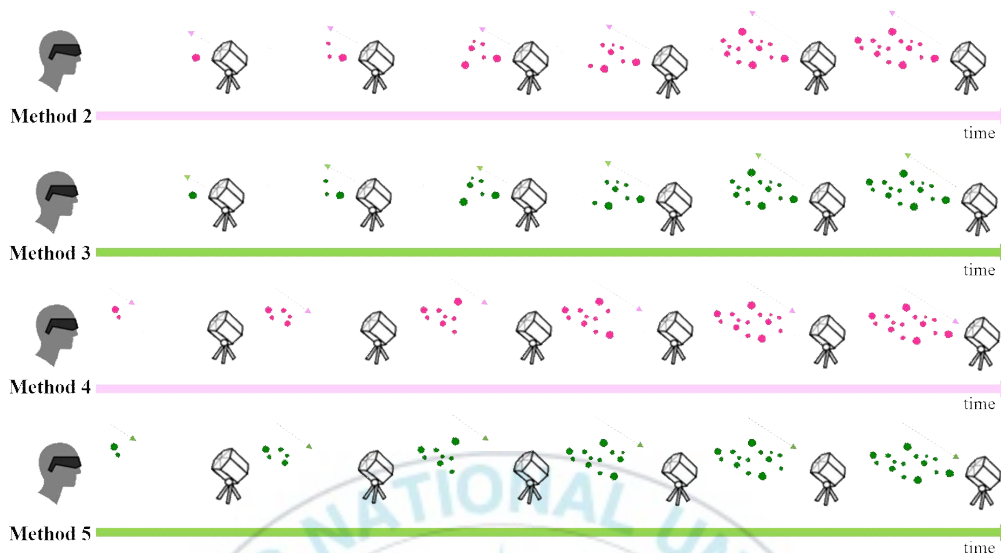


Fig 3. The four visual stimulus presentation methods (methods 2 to 5)

증강 입자의 시간적 변화에 따른 네 가지 시각 자극 제시 방법을 나타내었다(Fig. 3). 방법 2와 3에서는 증강 입자가 아로마 슈터의 분출구에서 참가자의 얼굴 쪽으로 시간이 지남에 따라 퍼진다. 반면, 방법 4와 5에서는 증강 입자가 반대 방향으로 이동한다. 이 5가지 방법을 통해 증강 현실 입자의 사용 유무에 따른 차이와 증강 현실 입자의 색상과 방출 방향에 따른 효과를 알아보려고 하였다.

2.2.2 아로마 향

향과 관련한 연구에서 사용되는 향은 음식과 관련된 향, 에센셜 오일, 인공 향 등이 있으며, 주로 레몬, 라벤더, 페퍼민트 향이 가장 많이 사용되었다[34]. 감정 분석과 관련한 연구에서는 장미 향도 많이 사용되었다[14, 16, 25, 35, 36]. unpleasant scents로는 썩은 염소 치즈, 발레리안 향이 사용된 연구가 있으나, 불쾌한 향과 관련한 연구는 드물다[15, 26, 29].

본 연구에서는 향을 분사하기 위해서 Aroma shooter라는 기기를 사용하였다[37]. 이 기기는 6개의 아로마 카트리지를 사용할 수 있으며, Bluetooth를 연결하여 Aroma Controller App으로 향의 분사를 조절할 수 있다(Fig. 4). 이 기기의 최대 분사 거리는 60cm이며 0.1초 안에 향을 변경할 수 있다는 장점이 있다. 이 기기에서 사용할 수 있는 아로마 카트리지에는 약 88개 정도지만 아로마 향이므로 unpleasant scents의 수는 제한적이었다.



Fig 4. Scent-related equipment used in experiments

Aroma shooter는 시각 자극을 주는 후각에 대한 연구에서 주로 활용되었다. 후각 자극에 증강 현실 입자의 중첩이 미치는 영향을 알아보기 위한 연구에서는 Aroma shooter를 사용하여 Lemon 향을 방출하고, 노란색의 증강 입자를 시각적 자극으로 활용하였다. 또한, Cedarwood 향을 사용하여 적합한 색상과 부적합한 색상이 향기 자극에 미치는 영향을 조사한 연구에서는 초록색을 적합한 색상으로, 연보라색을 부적합한 색상으로 선택하였으며, 실험하는 동안 참가자의 RT를 측정하여 분석을 수행하였다[3]. 이 기기를 사용하는 다른 연구에서는 Lemon과 Vanilla 향을 사용하여 움직이는 점을 보고 속도를 보고하고, 실험하는 동안 참가자의 Functional Magnetic Resonance Imaging(fMRI)을 측정하고 동작을 인식하는 연구가 수행되었다[38].

본 연구에서는 6가지 아로마 향을 선정하였다. 그중 3가지는 pleasant scents(Lemon blossom, Lavender, Rose)로 선정하였고, 3가지는 unpleasant scents(Tar, Smoke, Gun powder)으로 선정하였다. 사람마다 향에 대한 선호도는 다르므로 pleasant scents의 경우, 향과 관련된 연구에 많이 사용된 향으로 선정하였다. unpleasant scents의 경우는 아로마 종류가 한정적이어서 사용할 수 있는 향 중에서 unpleasant scents를 선택하였다.

6가지 아로마 향에 대하여 증강 현실 입자로 사용할 색상의 RGB 값을 지정하였다(Table. 2, 3). Lemon blossom은 (255, 255, 0), Lavender는 (100, 100, 255), Rose는 (255, 50, 150), Tar는 (20, 20, 20), Smoke는 (230, 230, 230), Gun powder는 (90, 90, 90)으로 RGB 값으로 설정하였으며, 각 색상은 향의 이미지와 어울리는 색상으로 지정하였다.

Table 2. Pleasant scents images and particle colors

	Lemon blossom	Lavender	Rose
Image			
RGB Color	 (255, 255, 0)	 (100, 100, 255)	 (255, 50, 150)

Table 3. Unpleasant scents images and particle colors

	Tar	Smoke	Gun powder
Image			
RGB Color	 (20, 20, 20)	 (230, 230, 230)	 (90, 90, 90)

2.2.3. 시각적 효과

본 연구에서 시각적 효과를 위해 Microsoft 사의 HoloLens 2를 사용하였으며, Unity 프로그램을 사용하여 실험에 사용될 증강 현실 입자를 소프트웨어로 구현하였다. 이 소프트웨어는 시각 자극의 제시 방법과 향에 따른 증강 현실 입자의 색상과 움직임 방향을 선택할 수 있도록 구현되었다. 해당 소프트웨어는 향만 맡는 실험인 시각 자극의 제시 방법 1을 제외한 시각 자극의 제시 방법 2에서 5까지 사용되었다.



Fig 5. How to locate scent emissions using a QR code

증강 현실 입자를 시각적 효과로 사용하기 위해서는 Aroma shooter 기기의 위치를 인식하여야 한다. 먼저 홀로렌즈를 착용한 후, 구현한 소프트웨어를 통해 실험에서 사용할 시각적 효과를 설정한다. Aroma shooter의 향 방출 위치에 맞춰 제공된 QR코드를 위치시킨다. 그러면 소프트웨어에서 QR코드의 위치를 인식하여 향 입자의 방출 위치가 설정된다(Fig. 5).

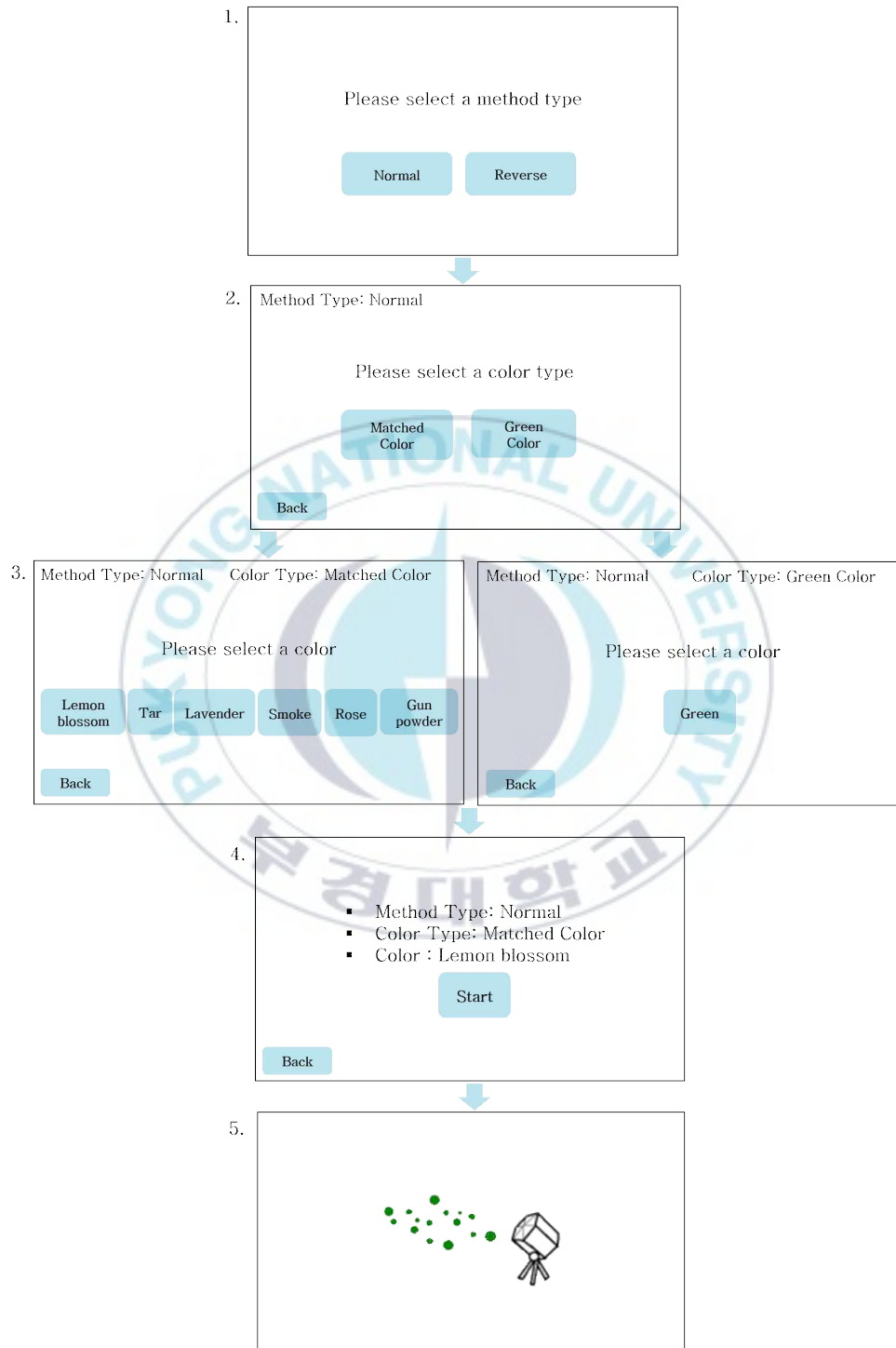


Fig 6. Application scenes

실험을 위해 구현한 소프트웨어 장면을 나타내었다(Fig. 6).

첫 번째 장면에서, 향의 증강 현실 입자에 대한 움직임 방향에 따라 시각 자극의 제시 방법을 선택할 수 있다. 증강 현실 입자의 움직임 방향이 향의 방출 방향과 일치하는 실험인 시각 자극의 제시 방법 2, 3의 경우에는 Normal을 선택하고, 증강 현실 입자의 움직임 방향을 향의 방출 방향과 반대 방향으로 실험하는 시각 자극의 제시 방법인 4, 5의 경우에는 Reverse를 선택한다.

두 번째 장면에서, 향의 증강 현실 입자에 대한 색상을 지정할 수 있다. 시각 자극의 제시 방법 2, 4의 경우, 향에 따라 지정한 색상의 증강 현실 입자를 사용하여 시각적 효과를 확인하기 위한 실험이므로 Matched color를 선택한다. 시각 자극의 제시 방법 3, 5의 경우, 초록색의 증강 현실 입자를 사용하여 시각적 효과를 확인하기 위한 실험이므로 Green color를 선택한다.

Matched color를 선택한 경우, 실험하고자 하는 향을 선택할 수 있다. 향마다 설정한 RGB 값에 따라 입자의 색상이 변경된다. Green color의 경우에는 향과 상관없이 모든 실험에서 초록색 입자를 사용한다.

네 번째 장면에서, 앞에서 선택한 항목들을 확인한 후, 설정한 값과 일치하는 경우 Start 버튼을 선택하고, 일치하지 않는 경우 Back 버튼을 선택하여 재설정을 할 수 있다. Start 버튼을 누른 후, Aroma shooter 기기의 위치에 맞게 QR code를 인식하면 해당 시각 자극의 제시 방법에 따른 향의 입자를 볼 수 있다.

연구자는 HoloLens를 이용하여 시각 자극의 제시 방법에 따라 향별로 증강 현실 입자를 설정한 후 실험을 진행하였다. 한 가지 향에 대한 실험이 끝나고 난 후, HoloLens에 손바닥을 인식시키면 홈 버튼이 나타난다. 홈 버튼을 선택하면 다음 향에 대한 실험 설정을 진행할 수 있도록 소프트웨어를 구현하였다.

2.2.4. EEG 측정

본 연구에서는 실험에 따른 감정 변화를 확인하기 위해 객관적인 평가를 위해 생체신호 중 하나인 EEG를 측정하였다. EEG는 뇌의 수많은 뉴런들이 상호작용하면서 생성된 전기적 활동 신호가 관측된 것이다. 일반적으로, 뇌파는 비침습적인 방법으로 두피에 전극을 부착하여 신호를 얻는다. 뇌의 위치에 따라 역할이 다르므로 EEG를 측정할 때 전극의 위치는 매우 중요하다.

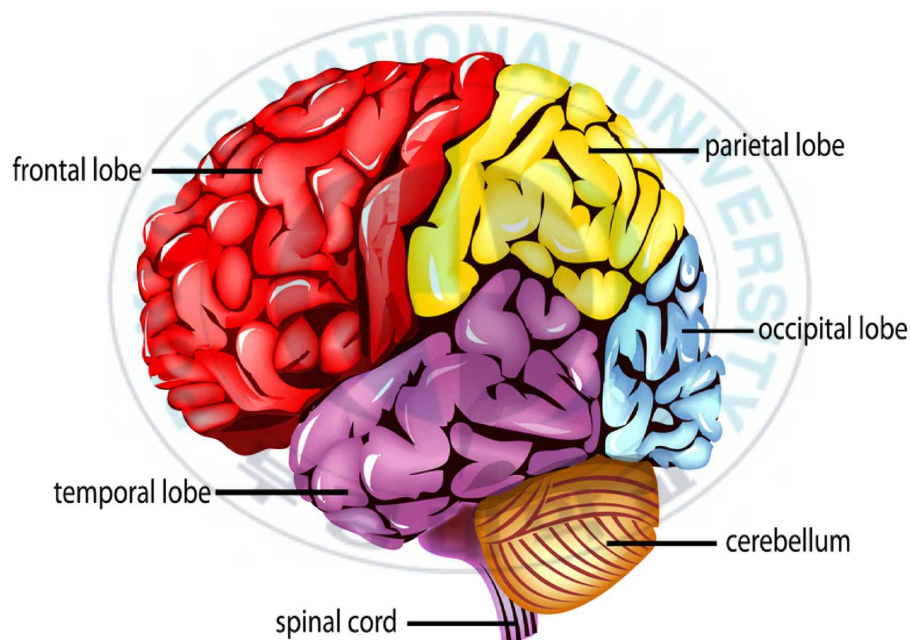


Fig 7. The brain is subdivided into 5 lobes [39]

대뇌는 2개의 반구로 이루어져 있으며, 대뇌 피질의 외층에는 전두엽, 측두엽, 후두엽, 두정엽으로 나누어져 있다(Fig. 7). 감정인식의 경우 전두엽과 두정엽이 가장 관련성이 높은 것으로 알려져 있다[40]. 전두엽의 경우 성격, 감정 및 고등 사고 능력과 관련이 있으며, 두정엽은 특히 주관적 감정, 집중력, 언어에 관여하는 것으로 보인다[41].

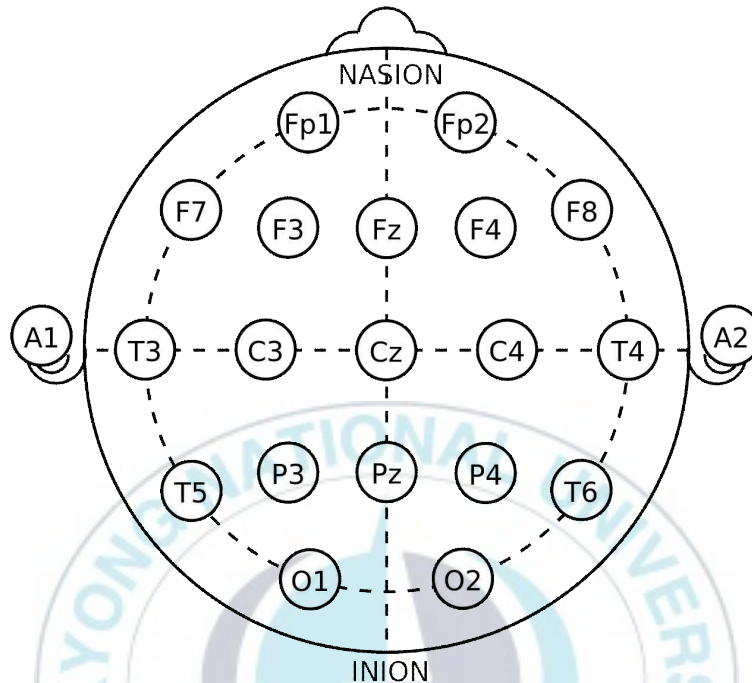


Fig 8. International 10-20 system for EEG[42]

두피에 뇌파를 기록하는 데 사용되는 전극 배치는 국제적으로 인정된 10/20 시스템을 사용한다(Fig. 8). 표준화된 EEG 명명법에서 각 위치는 엽을 식별하기 위해 지정된다. 전두엽은 F, 측두엽은 T, 후두엽은 O, 두정엽은 P로 나타낸다. 전극의 위치는 숫자로 표시되며 뇌의 오른쪽 전극은 짝수, 왼쪽은 홀수로 나타낸다[42].

뇌파에서 전극의 위치를 채널이라고 한다. 채널의 수에 따라 EEG 기록 장치의 가격은 다양하므로 연구자들은 적은 수의 채널을 사용하여 감정 인식 연구를 진행해왔다. 가장 적게는 1개의 채널을 사용하는 감정 분석 연구도 있다[43]. Fp1은 웨어러블 기기 중 가장 많이 사용되는 전극이다. 감정 인식에서 채널 감소 작업에서 가장 많이 채택된 전극은 F3과 F4이다. Fp1과 Fp2도 데이터 기반 채널 감소 분석에서 중요한 것으로 나타났다. Fp1, Fp2, F3 및 F4는 데이터 기반 및 신경 생리학적 사전 지식 접근 방

식에 따라 원자가 차원에 대해 가장 유의한 채널을 생성했다[35, 44]. 또한 전극 쌍 Fp1-Fp2는 다양한 감정에 대해 높은 정확도를 제공한다[41, 45].



Fig 9. Locations of 4 EEG electrodes

본 연구에서는 감정인식과 가장 관련성이 높은 전두엽에 위치한 Fp1, Fp2, F3, F4 채널을 선택하여 뇌파를 측정하였다(Fig. 9).



Fig 10. Bio-signal related equipment used in experiments

뇌파는 Thought Technology사의 ProComp Infiniti를 사용하여 측정되었다. ProComp Infiniti는 8채널의 신호를 측정할 수 있으며, EEG, PPG, GSR 등의 센서를 사용할 수 있다. ProComp Infiniti에서 측정한 신호를 기록하기 위해 BioGraph Infiniti 소프트웨어를 사용하였다. 센서는 EEG-ZTM Sensor를 사용하였으며, TT-EEG 4 Channel Connectivity Kit와 TT-EEG Monopolar Bipolar Kit with DIN Cable을 연결하여 4채널의 뇌파를 측정하였다(Fig. 10).

2.2.5 실험 방법

실험을 진행할 때, 실험의 순서를 정하는 것은 매우 중요하다. 본 연구에서는 Latin Square Design을 적용하여 실험의 순서를 결정하였다. 행과 열의 수가 같은 행렬을 라틴 사각형이라고 한다. 각 행과 열에는 하나의 기호만 포함할 수 있다. 이 디자인은 반복 측정 설계에서 시간적 순서 또는 순서의 효과를 제어하는데 탁월하다.

	A	B	C	D	E
A	m1	m2	m3	m4	m5
B	m2	m3	m4	m5	m1
C	m3	m4	m5	m1	m2
D	m4	m5	m1	m2	m3
E	m5	m1	m2	m3	m4

Fig 11. Sequence of presentation methods by group using a Latin square design

시각 자극의 제시는 5가지 방법으로 이루어졌으므로 Latin Square Design을 적용하여 5개의 그룹(A, B, C, D, E)으로 나누었으며, m은 제안 방법을 의미한다(Fig. 11). 그룹 A에 속하는 참가자들은 m1-m2-m3-m4-m5 순서로 실험을 진행한다. 그룹 B에 속하는 참가자들은 m2-m3-m4-m5-m1의 순서로, 그룹 C에 속하는 참가자들은 m3-m4-m5-m1-m2의 순서로 실험을 진행한다. 즉, 그룹마다 실험하는 시

각 자극의 제시 방법의 순서는 모두 다르다.

실험에서 사용하는 향은 6가지이므로 각 그룹은 여섯 명으로 구성되었다. 실험하는 향의 순서는 pleasant scent와 unpleasant scent의 순서를 번갈아 실험할 수 있도록 설정하였으며 Latin Square Design은 향의 순서에도 적용되었다.

	1	2	3	4	5	6
1	s1	s2	s3	s4	s5	s6
2	s2	s3	s4	s5	s6	s1
3	s3	s4	s5	s6	s1	s2
4	s4	s5	s6	s1	s2	s3
5	s5	s6	s1	s2	s3	s4
6	s6	s1	s2	s3	s4	s5

Fig 12. Sequence of scents by participants using the Latin square design

Latin Square Design이 적용된 향의 순서는 다음과 같으며, s는 향을 의미한다(Fig. 12). s1은 Lemon blossom, s2는 Tar, s3는 Lavender. s4는 Smoke, s5는 Rose, s6는 Gun powder 향이다. 그룹의 첫 번째 참가자는 Lemon blossom - Tar - Lavender - Smoke - Rose-Gun powder의 순서로 실험한다. 두 번째 참가자는 Tar - Lavender - Smoke - Rose-Gun powder-Lemon blossom의 순서로 실험한다. 세 번째 참가자는 Lavender - Smoke - Rose-Gun powder-Lemon blossom-Tar의 순서로 실험을 진행하며, 각 그룹에 속한 참가자는 향의 순서가 모두 다르다.

참가자들은 5가지 시각 자극의 제시 방법에 모두 참가하였으며, 각 시각 자극의 제시 방법은 6가지 아로마 향에 대한 실험으로 이루어졌다. 하나의 향은 100초 동안 제시되었으며, 이 시간 동안 뇌파를 측정하였다.

향 실험 사이에는 2분의 휴식 시간을 가졌으며, 이 시간 동안 실험실을 환기하고 참가자들은 향에 대해 주관적인 평가를 진행하였다. 참가자들의 후각 피로를 방지하기 위해, 각 시각 자극의 제시 방법 사이에는 만나절의 간격을 두었다.



Fig 13. Experiments with scents and AR particles

뇌파를 측정하기 위해 전극을 부착할 부위를 알코올 솜으로 소독하였다. 참가자의 양쪽 귓불에 reference ground를 부착하고, EEG의 전극 채널 중 Fp1, Fp2, F3, F4에 전극을 부착하였다. 시각 자극의 제시 방법 2 에서 시각 자극의 제시 방법 5를 실험할 때는 시각적 효과를 위해 참가자는 HoloLens2를 착용하였다. 한 가지 향에 대한 실험을 시작하기 전, 전극의 접촉 상태를 확인하기 위해 항상 Impedance check를 실시하였다. 체격이 다른 참가자 사이에서 Aroma shooter와 참가자의 얼굴 사이의 거리를 일

정하게 유지하기 위해 턱의 받침대에 턱을 올리고 실험하였다. 또한 Aroma shooter와 참가자의 거리는 40cm로 일정하게 유지하며 실험을 진행하였다(Fig. 13).



2.2.6. 설문조사

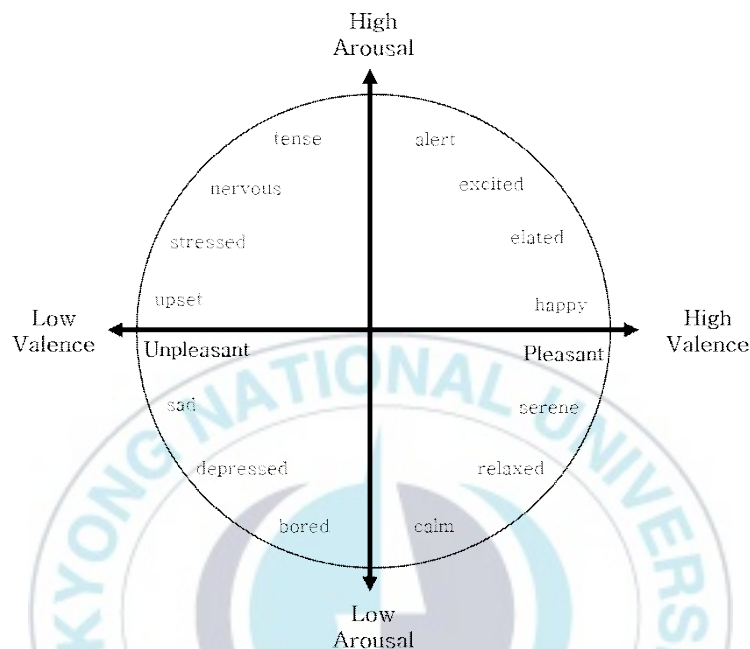


Fig 14. Russell's arousal-valence model of emotion

감정 분석 연구에서 일반적으로 사용되는 Russell의 모델은 감정을 이해하기 위한 이론적인 모델로서, 감정을 Valence, Arousal로 2차원 공간으로 표현한다[46]. 모든 감정은 Valence와 Arousal의 조합으로 사분면에 나타낼 수 있다(Fig. 14). Valence는 감정의 긍정 또는 부정 정도를 나타내고, Arousal은 감정의 강도를 의미한다. Valence의 값이 낮을수록 불쾌한 감정을 나타내며, Valence의 값이 높을수록 긍정적이며 행복한 느낌을 나타낸다. Arousal의 값이 낮을수록 안정적이고 졸린 느낌이며, Arousal의 값이 높을수록 흥분되거나 활동적인 느낌을 나타낸다.

이러한 이론을 기반으로, 감정 분석 연구에서는 주로 참가자들의 감정 상태를 시각화하여 평가하는 도구인 Self Assessment Manikin(SAM)을 이용하여 Valence, Arousal과 같은 감정 상태를 평가한다[47].

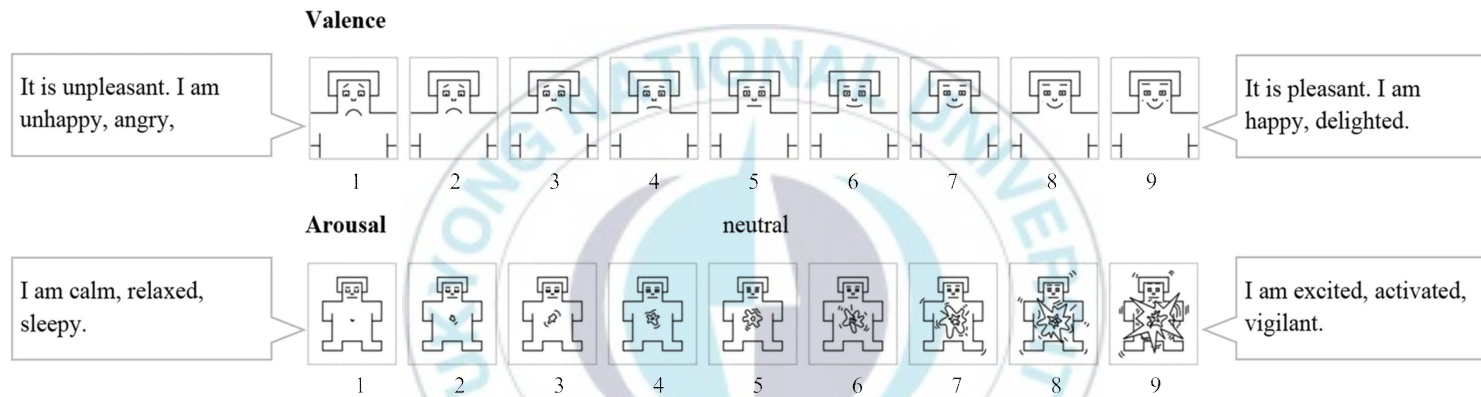


Fig 15. The Self-Assessment Manikin(SAM) used in the experiment to rate the evaluation of valence and arousal [48].

본 연구에서는 한 향에 대한 실험이 끝난 후, 참가자들이 느끼는 감정에 대한 설문조사를 수행하였다. 평가 항목은 Valence, Arousal, 향의 강도, 향에 대한 선호도, 향과 증강 현실 입자 색상의 조화, 향에 대한 증강 현실 입자의 움직임 표현으로 총 6가지가 있다.

참가자들에게 SAM을 이용하여 Valence와 Arousal에 대해 1에서 9까지의 척도로 평가하게 하였다(Fig. 15). 첫 번째 줄은 Valence에 대한 그림이며 1은 매우 불쾌함, 5는 보통, 9는 매우 유쾌한 감정을 나타낸다. 두 번째 줄은 Arousal에 대한 그림이며, 1은 매우 편안하거나 졸림, 5는 보통, 9는 매우 흥분된 감정을 나타낸다. 참가자들이 느끼는 향의 강도를 측정하기 위해 Magnitude Estimation(ME) Method를 사용하여 1에서 100까지의 척도로 평가하였다. 또한 향에 대한 선호도, 향과 증강 현실 입자의 색상이 조화로운지, 향에 대한 증강 현실 입자의 움직임에 대한 표현이 적절한지에 대하여 1에서 5까지의 척도로 조사하였다.

시각 자극의 제시 방법 1은 향만 맡는 실험이므로, 향과 증강 현실 입자 색상의 조화, 향에 대한 증강 현실 입자의 움직임에 대한 표현 항목은 시각 자극의 제시 방법 2에서 5까지의 실험에서만 조사하였다.

2.3 감정 분류

참가자는 총 30명으로 구성되었으며, 그중 7명은 여성, 23명은 남성이다. 이들의 국적은 일본, 말레이시아, 중국이며 나이는 만 22세에서 만 31세까지이다(Table. 4). 이 실험은 색상과 관련된 실험이므로, 색맹이나 색약을 가진 사람은 실험에 참여하지 않았다. 또한 실험 전에 참가자의 컨디션이 좋지 않거나, 콧물, 코 막힘의 증상이 있으면 실험 일정을 변경하였으며, 참가자가 정상적으로 향을 맡을 수 있는 상태일 때만 실험을 진행하였다.



Table 4. Participant's information

Participant #	Gender	Age(Years)	Nationality
1	Female	27	Malaysian
2	Male	22	Japanese
3	Male	24	Chinese
4	Male	25	Chinese
5	Male	25	Chinese
6	Male	24	Japanese
7	Female	26	Malaysian
8	Male	24	Japanese
9	Male	24	Japanese
10	Male	24	Chinese
11	Male	24	Chinese
12	Male	25	Malaysian
13	Female	22	Japanese
14	Male	24	Japanese
15	Male	23	Japanese
16	Male	26	Chinese
17	Male	26	Chinese
18	Female	28	Malaysian
19	Female	31	Malaysian
20	Male	22	Japanese
21	Male	23	Japanese
22	Male	28	Chinese
23	Male	27	Chinese
24	Female	31	Malaysian
25	Female	28	Malaysian
26	Male	23	Japanese
27	Male	22	Japanese
28	Male	25	Chinese
29	Male	25	Malaysian
30	Male	25	Chinese

향을 받을 때 뇌파를 측정된 연구에서 SVM을 사용하여 감정 분류를 진행하였으며, 감정은 2-class(pleasure, disgust), 3-class(negative, neutral, positive), 5-class(unpleasant, slightly unpleasant, neutral, slightly pleasant, very pleasant)로 수행되었다. [14, 15, 16, 17]. 감정에 대한 척도를 -10에서 10으로 설정하여 실험한 연구에서는 2-class 분류를 수행한 연구에서는 중간값인 0을 기준으로하여 0보다 작으면 pleasure, 크면 disgust로 분류하였다[15].

본 연구에서는 실험을 통해 수집한 데이터로 감정 분석을 수행하였으며, SVM을 사용하여 Valence와 Arousal에 대해 2-class로 분류하였다. Valence와 Arousal은 참가자들로부터 1에서 9까지의 값으로 측정되었으며 2-class 분류에서는 중간값인 5를 기준으로 5보다 작거나 같으면 low(0), 5보다 크면 high(1)로 분류하였다(Fig. 16).



Fig 16. Binary classification based on a scale of 1 to 9 (low:1-5, high: 6-9)

커널은 일반적으로 많이 사용되는 Radial Basis Function(RBF)을 사용하였으며 10-fold cross validation을 적용하며 평균 정확도를 산출하였다(Fig. 17).

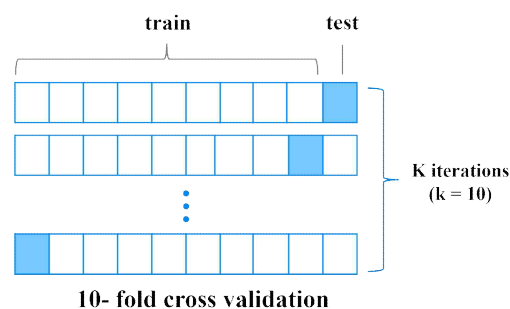


Fig 17. 10-fold cross validation

분류에 사용한 데이터는 30명의 참가자로부터 5가지 시각 자극의 제시 방법으로 6가지 향을 맡을 때의 뇌파를 측정된 것이다. 신호는 100초 동안 측정되었으며, Sampling rate는 256Hz이므로 데이터의 길이는 25,600이다.

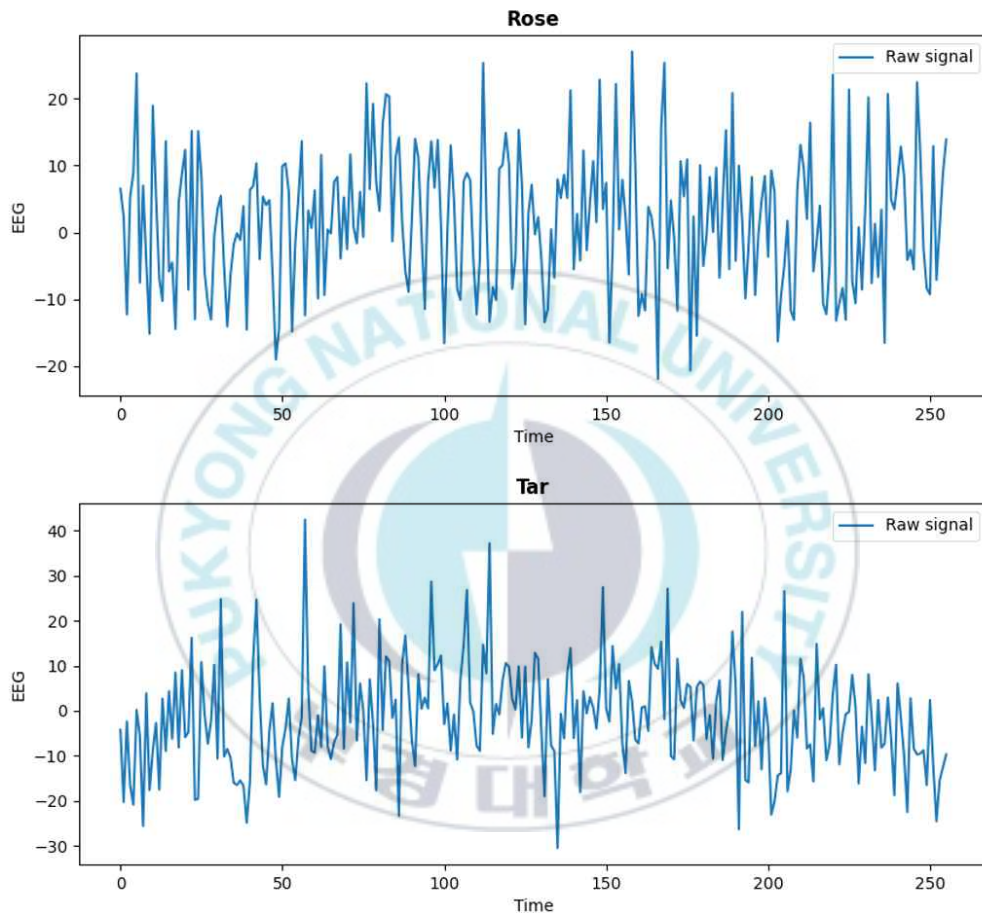


Fig 18. Raw EEG signals of rose and tar scents

뇌파 신호는 주로 시간에 따른 전압 변화의 패턴으로 표현된다. 본 연구에서 Pleasant scent(rose)와 Unpleasant scent(tar)를 인식하였을 때의 한 참가자의 뇌파 데이터를 비교해보았다. Fp1 채널에서 측정된 신호 중 1초간의 원시 뇌파 신호를 그래프로 나타내었다(Fig. 18).

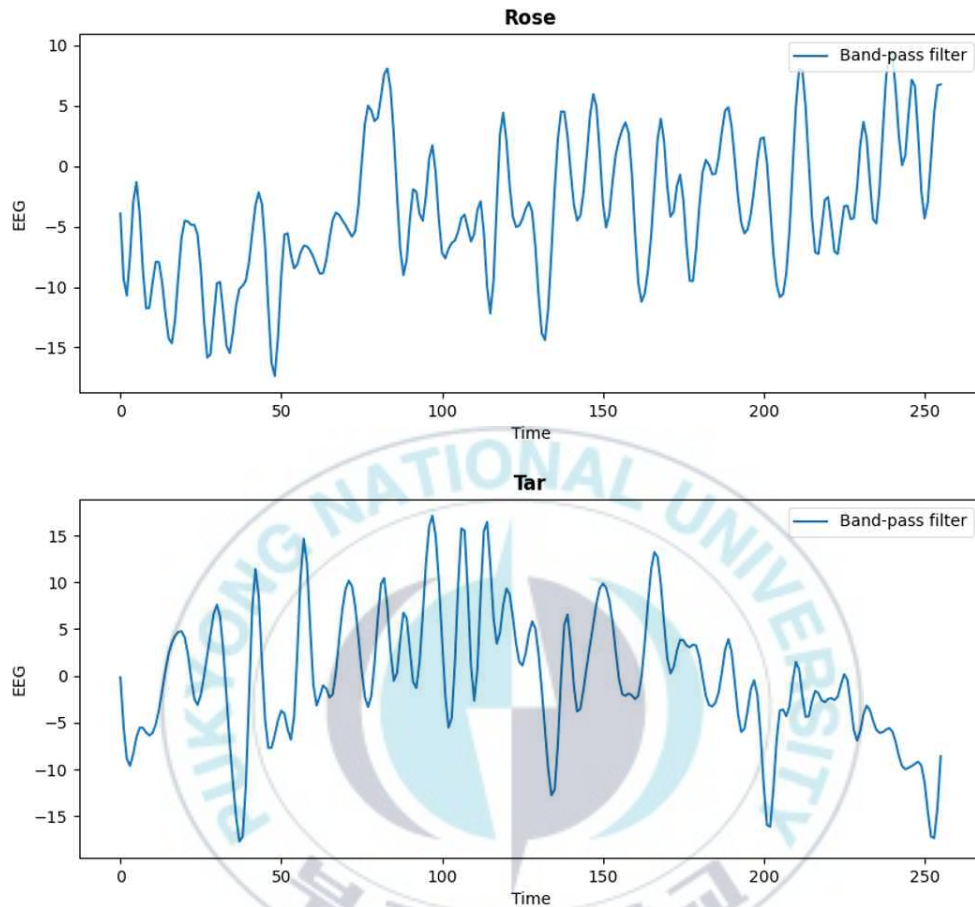


Fig 19. Band-pass filtered EEG signals of rose and tar scents

뇌파는 다섯 가지 대역(델타파, 세타파, 알파파, 베타파, 감마파)으로 구분된다. 델타파(0.5-4Hz)는 깊은 수면 동안 주로 나타나며, 세타파(4-7Hz)는 가벼운 수면 혹은 깊은 명상 상태에서 보이며, 이는 감정, 감각, 추억 등과 연관되어 있다. 알파파(8-12Hz)는 뇌가 편안한 상태, 즉 휴식 상태에서 주로 관찰되며, 베타파(12-30Hz)는 뇌가 활발하게 작동하거나 의사결정을 내리는 상황에서 나타난다. 마지막으로, 감마파는 30Hz 이상의 주파수에서 발생하며, 고도의 인지 작업, 학습, 메모리, 정보 처리 등과 관련이 있다. 본 연구에서는 노이즈 제거와 함께 뇌파에서 주로 관찰되는 0.5Hz에서

40Hz 사이의 주파수 대역을 추출하기 위해 band-pass filter를 사용하여 데이터를 전처리하였다(Fig. 19).

향을 받을 때 시각적 효과에 따른 감정을 알아보기 위해서, 각 시각 자극의 제시 방법별로 분류를 진행하였다. 또한 뇌파의 전극 위치에 따른 감정의 분류를 알아보기 위해 전극의 채널 개수에 따라 분류를 수행하였다. 전극의 채널 수에 따른 분류 수행 시에는 Standard Scaler를 사용한 후, 데이터 분류를 수행하였다. 또한 Discrete Wavelet Transform(DWT)을 사용하여 웨이블릿 함수인 Daubechies-4와 레벨 6으로 특징을 추출하여 분류를 수행하였다.



3. 결과 분석

제3장에서는 본 연구에서 수집된 데이터셋에 대한 주관적 평가와 실험 결과에 대한 객관적 평가가 소개된다. 주관적 평가는 참가자들의 설문조사 결과를 바탕으로 통계분석을 수행하였다. 객관적 평가는 EEG 채널 개수, 특징 추출된 데이터로 분류하였다.

3.1 주관적 평가

3.1.1 Pleasant Scents

참가자들이 향에 대해 느끼는 감정을 파악하기 위해 시각 자극의 제시 방법에 대한 실험이 완료된 후, 향에 대한 설문조사를 실시하였다. Pleasant scents에 대해 참가자가 느낀 감정을 Valence와 Arousal을 1부터 9까지의 척도로 평가하였다.

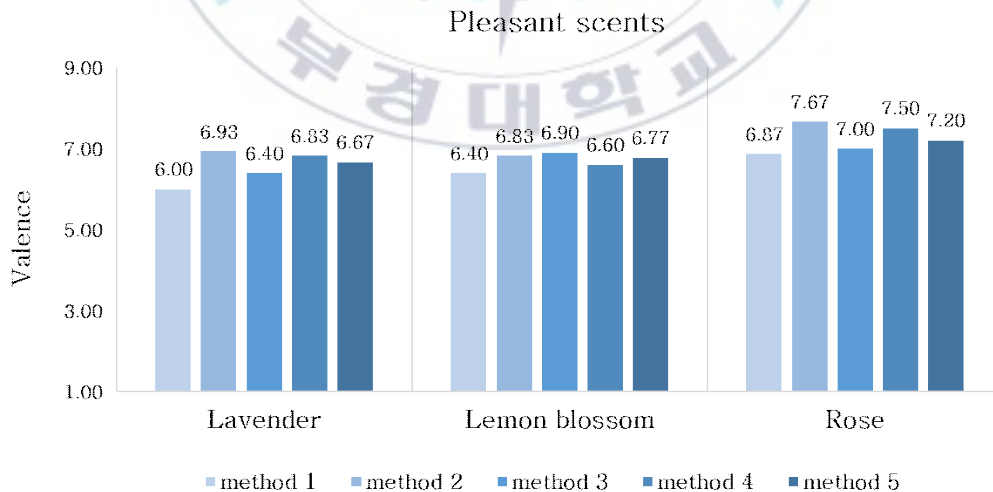


Fig 20. The average value of valence for pleasant scents

Pleasant scents인 Lavender, Lemon blossom, Rose에 대한 Valence의 평균값을 시각 자극의 제시 방법별로 그래프로 나타낸 것이다(Fig. 20). x 축은 시각 자극의 제시 방법, y 축은 모든 참가자가 측정한 평균 Valence 값이다. Valence의 값이 낮을수록 불쾌하고 부정적인 감정을 느끼며, 높을수록 긍정적이며 행복함을 의미한다. 참가자들의 평가 결과에 따르면, 평균적으로 Rose 향을 맡았을 때 가장 긍정적인 느낌을 받았으며, Lemon blossom, Lavender의 순서로 좋은 감정을 느꼈다.

RM ANOVA를 수행한 결과, Lavender 향에서 $p = .005$ 이며, Rose 향에서 $p = .002$ 이므로, 유의수준이 0.01 미만이므로 귀무가설을 기각하고 대립가설을 채택하였다. 그러나 Lemon blossom 향에서는 $p = .324$ 가 나왔으므로 유의수준이 0.05 이상이므로 귀무가설을 채택하였다(Table. 5). 즉, Lavender와 Rose 향은 시각 자극의 제시 방법별로 유의미한 차이가 있었지만, Lemon blossom은 유의미한 차이가 없었다.

Table 5. The RM ANOVA results of valence for pleasant scents

Scent	Sum of Square	degree of freedom	Mean Square	F	p
Lavender	16.933	4	4.233	3.952	0.005**
Lemon blossom	4.867	2.884	1.688	1.173	0.324
Rose	13.440	4	3.360	4.676	0.002**

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

Lavender 향과 Rose 향의 Valence에 대한 시각 자극의 제시 방법 간 비교에서 유의미한 차이가 있는 쌍만 나타내었다(Table. 6). Lavender 향의

경우, 시각 자극의 제시 방법 2-1의 쌍에서 $p = .001$ 이므로 유의수준이 0.001 미만이다. 시각 자극의 제시 방법 2-3의 쌍에서 $p = .047$, 시각 자극의 제시 방법 4-1의 쌍에서 $p = .018$, 시각 자극의 제시 방법 5-1의 쌍에서 $p = .03$ 이므로 유의수준이 0.05 미만이다. Lavender의 Valence에 대한 시각 자극의 제시 방법 2-1, 2-3, 4-1, 5-1의 쌍에서 귀무가설을 기각하고 대립가설을 채택하였으며, 각 쌍에서 유의미한 차이가 있었다.

Rose 향의 경우, 시각 자극의 제시 방법 2-1의 쌍에서 $p = .001$ 이므로 유의수준이 0.001 미만이다. 시각 자극의 제시 방법 2-3의 쌍에서 $p = .007$, 시각 자극의 제시 방법 4-1의 쌍에서 $p = .007$ 이 나왔으므로 유의수준이 0.01 미만이다. 시각 자극의 제시 방법 2-5의 쌍에서 $p = .028$, 시각 자극의 제시 방법 4-3의 쌍에서 $p = .037$ 이므로 유의수준이 0.05 미만이다. 따라서 Rose는 시각 자극의 제시 방법 2-1, 2-3, 2-5, 4-1, 4-3의 쌍에서 귀무가설을 기각하고 대립가설을 채택하였으며, 각 쌍은 유의미한 차이가 있었다.

Table 6. Comparison by the response with significant differences of valence for lavender and rose scent

Scent	(I) Method	(J) Method	Mean difference (I-J)	Std. Error	<i>p</i>
Lavender	2	1	0.933	0.253	0.001***
		3	0.533	0.257	0.047*
	4	1	0.833	0.332	0.018*
	5	1	0.667	0.293	0.030*
Rose	2	1	0.800	0.206	0.001***
		3	0.667	0.232	0.007**
		5	0.467	0.202	0.028*
	4	1	0.633	0.217	0.007**
		3	0.500	0.229	0.037*

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

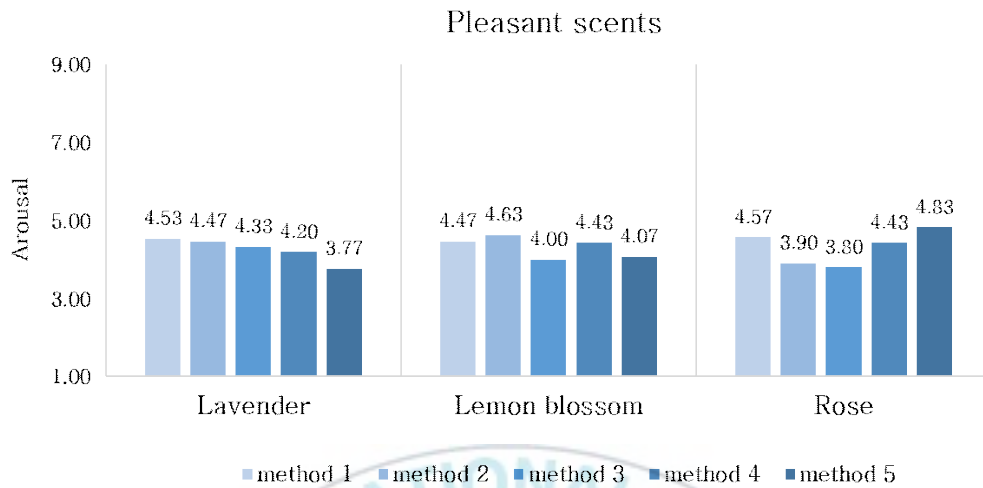


Fig 21. The average value of arousal for pleasant scents

Pleasant scents에 대한 평균 Arousal 값을 시각 자극의 제시 방법별 그래프로 나타내었으며(Fig. 21), 평균 Arousal 값은 Lemon blossom, Rose, Lavender 순으로 높음을 확인할 수 있다.

RM ANOVA를 수행한 결과에서, Rose 향에서 $p = .039$ 이므로 유의수준이 0.05 미만이며, Lavender와 Lemon blossom 향에서는 유의수준이 0.05 이상이다(Table. 7). 따라서 Rose 향에서만 유의미한 차이가 있었으며 Lavender와 Lemon blossom에서는 유의미한 차이가 없었다.

Table 7. The RM ANOVA results of arousal for pleasant scents

Scent	Sum of Square	degree of freedom	Mean Square	<i>F</i>	<i>p</i>
Lavender	11.093	3.250	3.413	1.494	0.219
Lemon blossom	8.973	3.127	2.870	1.179	0.323
Rose	23.493	3.035	7.741	2.905	0.039*

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

Rose 향의 Arousal에 대한 시각 자극의 제시 방법 간 비교에서 유의미한 차이가 있는 쌍만 나타내었다(Table. 8). 시각 자극의 제시 방법 4-3의 쌍에서 $p = .028$, 시각 자극의 제시 방법 5-2의 쌍에서 $p = .039$, 시각 자극의 제시 방법 5-3의 쌍에서 $p = .013$ 이므로 유의수준이 0.05 미만이다. 따라서 Rose의 Arousal에 대한 시각 자극의 제시 방법 4-3, 5-2, 5-3의 쌍에서 귀무가설을 기각하고 대립가설을 채택하였으며, 각 쌍에서 유의미한 차이가 있었다.

Table 8. Comparison results by the response with significant differences of arousal for the rose scent

(I) Method	(J) Method	Mean difference (I-J)	Std. Error	<i>p</i>
4	3	0.633	0.273	0.028*
5	2	0.933	0.431	0.039*
	3	1.033	0.391	0.013*

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

Pleasant Scents에서 증강 입자의 효과를 확인하기 위해 향만 맡았을 때와 향에 시각적 효과를 주었을 때의 효과를 비교하였으며, Lavender와 Rose 향에서 유의미한 차이가 있었다. 또한 향에 대한 증강 입자의 방출 방향에 따른 효과를 비교에서 Rose 향에서 유의미한 차이가 있었다.

향에 대해 선호도 조사에서 Rose에 대한 선호도가 가장 높았고, Lemon blossom, Lavender의 순서로 선호도가 높았다. 또한 참가자가 느끼는 향의 강도 평가에서는 Rose 향이 가장 강하다고 느꼈으며, Lavender, Lemon blossom의 순서로 강하다고 느꼈다.

3.1.2 Unpleasant Scents

Unpleasant scents로는 Tar, Gun powder, Smoke 향을 선정하였으며, 각 향에 대해 참가자가 느낀 감정을 Valence와 Arousal을 이용하여 1부터 9까지의 척도로 평가하였다.

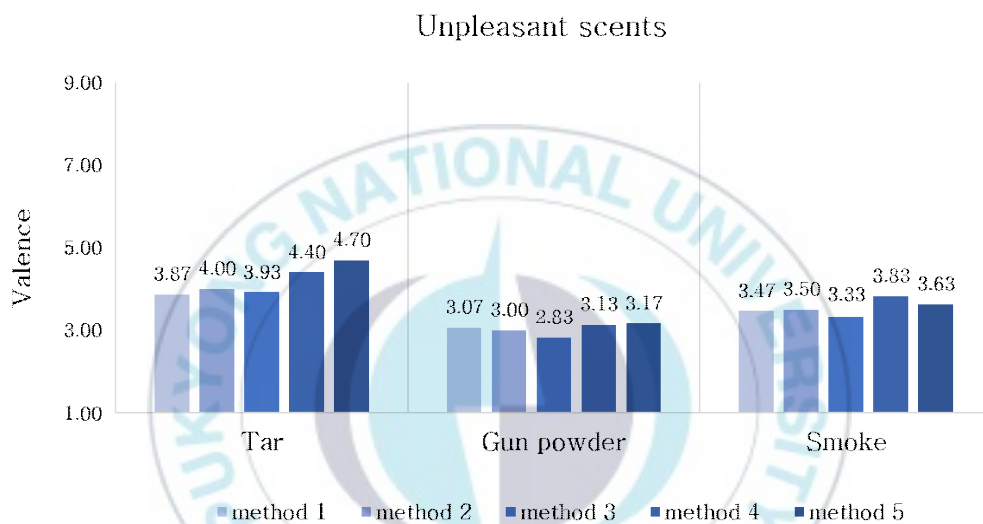


Fig 22. The average value of valence for unpleasant scents

Unpleasant scents인 Tar, Gun powder, Smoke에 대한 평균 Valence의 값을 시각 자극의 제시 방법별로 그래프로 나타내었다(Fig. 22). Valence의 값이 낮을수록 불쾌하고, 높을수록 기분 좋음을 의미한다. 참가자의 평가에 따르면 평균적으로 Gun powder 향이 가장 불쾌하고, Smoke, Tar의 순으로 불쾌감을 느꼈다.

항마다 시각 자극의 제시 방법 사이에서 유의미한 차이가 있는지 알아보기 위해서 RM ANOVA를 수행하였다. 분석 결과에서 Tar 향의 $p = .032$ 이므로 유의수준이 0.05 미만이므로 귀무가설을 기각하고 대립가설을 채택하였다. 그러나 Gun powder 향의 $p = .559$, Smoke 향의 $p = .493$ 이므로

유의수준이 0.05 이상이 나왔으므로 귀무가설을 채택하였다(Table. 9). 즉, Tar 향은 시각 자극의 제시 방법별로 유의미한 차이가 있었지만, Gun powder, Smoke 향의 시각 자극의 제시 방법 사이에서 유의미한 차이가 없었다.

Table 9. The RM ANOVA results of valence for unpleasant scents

Scent	Sum of Square	degree of freedom	Mean Square	<i>F</i>	<i>p</i>
Tar	15.307	4	3.827	2.742	0.032*
Gun powder	2.093	4	0.523	0.752	0.559
Smoke	4.307	4	1.077	0.855	0.493

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

Tar 향의 Valence에 대한 시각 자극의 제시 방법 간 비교에서 유의미한 차이가 있는 쌍만 나타내었다(Table. 10). 시각 자극의 제시 방법 5-1의 쌍에서 $p = .024$, 시각 자극의 제시 방법 5-2의 쌍에서 $p = .046$, 시각 자극의 제시 방법 5-3의 쌍에서 $p = .016$ 이므로 유의수준이 0.05 미만이다. 따라서 시각 자극의 제시 방법 5-1, 5-2, 5-3의 쌍에서 귀무가설을 기각하고 대립가설을 채택하였으며, 각 쌍에서 유의미한 차이가 있었다.

Table 10. Comparison results by the response with significant differences of valence for the tar scent

(I) Method	(J) Method	Mean difference (I-J)	Std. Error	p
5	1	0.833	0.349	0.024*
	2	0.700	0.336	0.046*
	3	0.767	0.298	0.016*

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

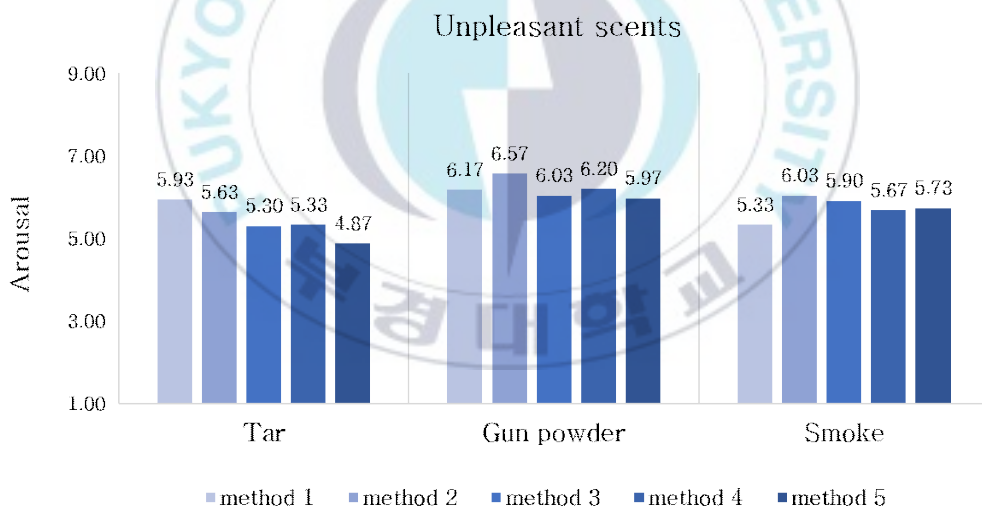


Fig 23. The average value of arousal for unpleasant scents

Unpleasant scents에 대한 평균 Arousal 값을 시각 자극의 제시 방법별로 그래프로 나타내었다(Fig. 23). Arousal은 값이 낮을수록 편안하고 졸린 상태를, 높을수록 흥분되고 짜증이 나는 상태를 나타낸다. 평균 Arousal의 값을 비교하였을 때, Arousal 값은 Gun powder, Smoke, Tar 순으로 높다.

RM ANOVA를 수행한 결과, Tar 향에서 $p = .012$ 로 유의수준이 0.05 미만이므로 유의미한 차이를 발견할 수 있었다. 그러나 Smoke와 Gun powder에서는 유의미한 차이를 발견할 수 없었다(Table. 11).

Table 11. The RM ANOVA results of arousal for unpleasant scents

Scent	Sum of Square	degree of freedom	Mean Square	F	p
Tar	19.107	4	4.777	3.360	0.012*
Gun powder	6.507	2.553	2.548	0.996	0.390
Smoke	8.467	4	2.117	1.505	0.205

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

Tar 향의 Arousal에 대한 시각 자극의 제시 방법 간 비교에서 유의미한 차이가 있는 쌍만 나타내었다(Table. 12). 시각 자극의 제시 방법 1-3의 쌍에서 $p = .049$ 로 유의수준이 0.05 미만이 나왔고, 시각 자극의 제시 방법 1-5의 쌍에서 $p = .001$, 시각 자극의 제시 방법 2-5의 쌍에서 $p = .005$ 이므로 유의수준이 0.01 미만이 나왔다. 따라서 Tar 향의 Arousal에서는 시각 자극의 제시 방법 1-3, 1-5, 2-5의 쌍에서 유의미한 차이가 있었다.

Table 12. Comparison results by the response with significant differences of arousal for tar scent

(I) Method	(J) Method	Mean difference (I-J)	Std. Error	p
1	3	0.633	0.309	0.049*
	5	1.067	0.295	0.001**
2	5	0.767	0.252	0.005**

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

Unpleasant scents에서 참가자들의 주관적 평가를 바탕으로 증강 현실 입자의 시각적 효과를 확인하기 위해 향만 맡았을 때와 향에 시각적 자극을 주었을 때를 비교하였다. 또한, 향에 대한 증강 입자의 방출 방향에 따른 효과를 비교하였다. 그 결과, 불쾌한 향 중 Tar 향에서 유의미한 차이가 있었다.

향에 대해 선호도와 참가자가 느끼는 향의 강도에 대한 설문조사도 수행되었다. 선호도 조사에서 Gun powder에 대한 선호도가 가장 낮았으며, Smoke, Tar의 순서로 선호도가 낮았다. 또한 참가자가 느끼는 향의 강도 평가에서는 Gun powder 향이 가장 강하다고 느꼈으며, Smoke, Tar의 순서로 강하다고 느꼈다.

3.2 EEG 채널 수에 따른 평가

3.2.1 채널 1개 사용

전극 위치에 따른 효과를 알아보기 각 뇌파 채널을 Valence와 Arousal에 대해 시각 자극의 제시 방법별로 2-class 감정 분류를 수행하였다. Valence와 Arousal은 참가자들로부터 1에서 9까지의 값으로 측정되었으므로 중간값인 5를 기준으로 하여, 5보다 작거나 같으면 low(0)로 분류하고, 5보다 크면 high(1)로 분류하였다. RBF 커널을 적용한 SVM을 사용하여 분류를 수행하였으며, 신뢰할 수 있는 정확도를 얻기 위해 10-fold cross validation을 사용하였다. 10개의 fold 별 정확도를 평균을 내어 결과를 도출하였다.

6가지 아로마 향을 사용하였으며, 각 향의 데이터 수는 30개이므로 총 입력 데이터의 개수는 180개이다. 데이터는 0.5Hz에서 40Hz의 주파수 대역을 추출하기 위해 band-pass filter를 사용하고, Standard scaler를 사용하여 전처리하였다.

채널별 2-class로 분류한 결과, 정확도의 차이는 거의 나타나지 않았다. Valence의 경우, 모든 채널에서의 평균 정확도는 약 0.48에서 0.51 사이였으며, Arousal의 경우는 0.49에서 0.53으로 매우 낮으므로 1개의 채널을 사용했을 때는 분류가 되지 않았다고 볼 수 있다.

3.2.2 채널 2개 사용

전극 위치와 채널 개수에 따른 효과를 알아보기 위해 2개의 채널을 조합하여 2-class로 감정 분류를 수행하였다. 2개의 채널을 선택하여 조합할 수 있는 모든 경우를 테스트하였다. 조합이 가능한 쌍은 Fp1-Fp2, Fp1-F3, Fp1-F4, Fp2-F3, Fp2-F4, F3-F4로 6가지가 있다. 2개의 채널을 사용했을 때, 입력 데이터 수는 6가지 쌍을 모두 사용하였으므로 360개다.

6가지 채널 쌍 중에서 Fp1-Fp2 채널 쌍을 사용하여 분류하였을 때, 정확도가 가장 높았으며 F3-F4 채널 쌍은 2번째로 정확도가 높았다. 나머지 채널 쌍의 정확도는 0.59에서 0.68로 정확도가 낮았다.

Fp1-Fp2, F3-F4 채널 쌍을 이용하여 Valence와 Arousal에 대해 시각 자극의 제시 방법별로 분류한 결과를 나타내었다(Table. 13, 14). Fp1-Fp2 채널 쌍을 사용하여 분류하였을 때, Valence의 정확도는 0.89이며, Arousal의 정확도는 0.87이다. F3-F4 채널 쌍을 사용하여 분류하였을 때, Valence의 정확도는 0.89이며, Arousal의 정확도는 0.88이다. 따라서, 2개의 뇌파 채널을 사용하여 감정 분류할 때 Fp1-Fp2 또는 F3-F4 채널 쌍이 유용하다는 것을 확인하였다.

Table 13. Accuracy results of classifying using Fp1 and Fp2 channels

Presentation Method	Valence	Arousal
1	0.82	0.85
2	0.91	0.86
3	0.88	0.86
4	0.92	0.89
5	0.92	0.88
Average	0.89	0.87

Table 14. Accuracy results of classifying using F3 and F4 channels

Presentation Method	Valence	Arousal
1	0.8	0.86
2	0.87	0.84
3	0.91	0.91
4	0.95	0.92
5	0.92	0.89
Average	0.89	0.88

3.2.3 채널 3개 사용

3가지 채널을 조합하여 2-class로 감정 분류를 수행하였다. 조합이 가능한 채널은 Fp1-Fp2-F3, Fp1-Fp2-F4, Fp1-F3-F4, Fp2-F3-F4로 4가지가 있다. 3개의 채널을 사용했을 때, 입력 데이터의 수는 6가지 향을 모두 사용하였으므로 540개이다.

모든 조합에서 정확도를 비교하였을 때, Valence의 정확도는 거의 비슷하다(Table. 15, 16, 17, 18). Valence의 정확도는 Fp1-Fp2-F3, Fp1-F3-F4, Fp2-F3-F4 조합에서 0.86이 나왔으며, Fp1-Fp2-F4의 조합에서 0.88이 나왔다. 그러나 Arousal에서 Fp1-Fp2-F3와 Fp1-Fp2-F4의 조합을 사용하였을 때 Fp1-F3-F4, Fp2-F3-F4 조합으로 분류하였을 때보다 정확도가 높다. Arousal의 정확도는 Fp1-Fp2-F3 조합에서 0.83이 나왔으며, Fp1-Fp2-F4의 조합에서 0.85, Fp1-F3-F4 조합에서 0.79, Fp2-F3-F4 조합에서 0.8이 나왔다. Fp1-Fp2 채널 조합으로 있을 때가 정확도가 조금 더 높으며 F3보다는 F4에서 정확도가 조금 더 높게 나왔다.

그러나 2개의 채널을 사용한 Fp1-Fp2, F3-F4 쌍의 정확도가 3개의 채널 사용했을 때보다 정확도가 높았다. 즉, 3개의 채널을 사용하기보다는 2개의 채널만 사용하는 것이 유용하다는 결과가 나왔다.

Table 15. Accuracy results of classifying using Fp1, Fp2, and F3 channels

Presentation Method	Valence	Arousal
1	0.78	0.86
2	0.93	0.8
3	0.89	0.82
4	0.85	0.88
5	0.84	0.8
Average	0.86	0.83

Table 16. Accuracy results of classifying using Fp1, Fp2, and F4 channels

Presentation Method	Valence	Arousal
1	0.81	0.89
2	0.94	0.83
3	0.89	0.83
4	0.89	0.89
5	0.85	0.8
Average	0.88	0.85

Table 17. Accuracy results of classifying using Fp1, F3, and F4 channels

Presentation Method	Valence	Arousal
1	0.78	0.82
2	0.9	0.76
3	0.86	0.81
4	0.89	0.88
5	0.85	0.75
Average	0.86	0.8

Table 18. Accuracy results of classifying using Fp2, F3, and F4 channels

Presentation Method	Valence	Arousal
1	0.8	0.84
2	0.91	0.75
3	0.85	0.78
4	0.87	0.86
5	0.85	0.74
Average	0.86	0.79

3.2.4 채널 4개 사용

측정한 뇌파 채널 4개를 모두 사용하여 2-class 분류를 수행하였다 (Table. 17). 4개의 채널을 사용했을 때, 입력 데이터의 수는 6가지 향을 모두 사용하였으므로 720개이다.

채널의 개수에 따라 정확도를 비교하였을 때, Fp1, Fp2, F3, F4 채널을 모두 사용하였을 때 정확도가 제일 높다. Valence에서 정확도는 0.93이 나왔으며, Arousal에서 정확도는 0.9가 나왔다(Table. 19)

Table 19. Accuracy results of classifying using 4 channels

Presentation Method	Valence	Arousal
1	0.87	0.93
2	0.97	0.88
3	0.94	0.9
4	0.94	0.94
5	0.92	0.85
Average	0.93	0.9

4개의 채널을 사용했을 때 시각 자극의 제시 방법별로 감정을 분류한 결과에서, Valence의 경우 시각 자극의 제시 방법 1의 정확도는 0.87이며, 나머지 시각 자극의 제시 방법의 정확도는 0.92 이상이다. 시각 자극의 제시 방법 1은 향만 맡았을 때이며 나머지 시각 자극의 제시 방법은 시각적 자극을 주었을 때다. 즉, 향만 맡았을 때보다 시각적 자극을 주었을 때, 감정 자극에 영향을 많이 받았음을 알 수 있다. 시각 자극의 제시 방법 2의 경

우, 정확도가 0.97로 시각 자극의 제시 방법 1에 비해 정확도가 0.1 높으며, 5가지 시각 자극의 제시 방법 중에서 정확도가 제일 높다.

색상에 따른 효과를 알아보기 위해 시각 자극의 제시 방법 2와 3, 시각 자극의 제시 방법 4와 5를 비교하였다. 시각 자극의 제시 방법 2는 향과 어울리는 색을 지정하여 증강 입자로 사용하였고, 시각 자극의 제시 방법 3은 초록색을 증강 입자로 사용한 실험이다. 시각 자극의 제시 방법 2, 3은 증강 입자의 방출 방향이 향의 방출 방향과 일치한다. 시각 자극의 제시 방법 2와 3을 비교하였을 때, 시각 자극의 제시 방법 2의 정확도가 높다. 시각 자극의 제시 방법 4는 향과 어울리는 색을, 시각 자극의 제시 방법 5는 초록색을 증강 입자로 사용한 실험이다. 시각 자극의 제시 방법 4, 5는 증강 입자의 방출 방향이 향의 방출 방향과 반대이다. 시각 자극의 제시 방법 4와 5를 비교하였을 때, 시각 자극의 제시 방법 4의 정확도가 높다. 즉, 향과 어울리는 색을 증강 입자로 사용하였을 때 감정에 대한 자극이 강화되는 것을 발견하였다.

증강 현실 입자의 움직임 방향에 따른 효과를 알아보기 위해, 시각 자극의 제시 방법 2와 4, 시각 자극의 제시 방법 3과 5를 비교하였다. 시각 자극의 제시 방법 2와 4중에서는 시각 자극의 제시 방법 2의 정확도가 높고, 시각 자극의 제시 방법 3과 5중에서는 시각 자극의 제시 방법 5의 정확도가 더 높았다. 즉, 증강 현실 입자의 움직임이 향의 방출 방향과 반대로 하면 감정에 대한 자극이 약화되는 것을 발견하였다.

시각 자극의 제시 방법 5의 경우 정확도가 다른 시각 자극의 제시 방법에 비해 제일 낮은 것을 볼 수 있다. 즉, 초록색의 증강 현실 입자를 사용하면서 입자의 움직임을 향의 방출 방향과 반대로 동작하게 하면, 초록색의 증강 현실 입자만 사용하거나 입자의 움직임을 향의 방출 방향과 반대로만 동작하게 하는 것 보다 감정에 대한 자극이 더 약화되는 것을 발견하였다.

증강 현실 입자의 색상과 움직임 방향 등의 2가지 시각적 자극이 감정과 인지능력에 영향을 주는 것을 확인하였다. 향을 맡을 때 시각적 자극을

적절하게 활용한다면 pleasant scent의 경우, 긍정적인 감정을 강화시킬 수 있고, unpleasant scent의 경우, 불쾌한 냄새에 대한 부정적인 감정을 완화시킬 수 있음을 시사한다.



3.3 DWT 특징 추출에 따른 평가

특징에 따른 감정 분석을 위해 Discrete Wavelet Transform(DWT)을 사용하여 웨이블릿 함수인 Daubechies-4와 레벨 6로 특징을 추출하였다. 6가지 아로마 향과 4개 뇌파 채널을 모두 사용하였으며, SVM을 통해 10-fold cross validation으로 분류를 수행한 후, 평균 정확도를 계산하였다. DWT로 특징을 추출하여 2-class로 분류한 결과, 모든 향을 사용하였을 때 평균 정확도는 Valence가 0.92이며, Arousal이 0.91이다(Table. 20).

Table 20. Accuracy results of classifying by extracting features

Presentation Method	Valence	Arousal
1	0.88	0.93
2	0.97	0.88
3	0.92	0.92
4	0.94	0.94
5	0.89	0.86
Average	0.92	0.91

시각 자극의 제시 방법에 따른 시각적 효과를 비교한 결과, 시각 자극의 제시 방법 1에서 정확도는 0.88로 제일 낮았다. 시각 자극의 제시 방법 1은 참가자에게 향만 맡게하는 실험이다. 즉, 향을 맡을 때 시각적 자극을 주면 향만 맡을 때보다 감정의 자극이 강해진다는 것을 확인하였다. 시각 자극의 제시 방법 2에서 정확도가 0.97로 제일 높았으며, 향과 어울리는 색을 증강 입자로 사용하면 감정에 대한 자극이 강화되는 것을 확인하였다. 시

각 자극의 제시 방법 3과 5는 초록색을 증강 현실 입자로 사용하였는데 다른 시각적 자극을 준 시각 자극의 제시 방법에 비해 정확도가 비교적으로 낮았다. 즉, 특정 색상과 입자의 움직임은 향의 인지능력에 영향을 주어 감정을 강화하거나 약화시킬 수 있는 것으로 나타났다.

6가지 향을 사용하며 4개의 뇌파 채널을 모두 사용할 때, 분류에 사용한 클래스별 데이터 수를 나타내었다(Table. 21). 참가자 수는 30명이므로 각 시각 자극의 제시 방법은 720개의 데이터로 이루어져 있다. Valence와 Arousal은 1에서 9까지의 척도로 평가되었으므로, 5를 기준으로 5보다 작거나 같으면 low, 5보다 크면 1로 분류하였다.

Table 21. The number of data per class

Presentation Method	Valence		Arousal	
	Low(0)	High(1)	Low(0)	High(1)
1	380	340	388	332
2	360	360	344	376
3	372	348	388	332
4	352	368	376	344
5	340	380	400	320

4. 결론

4.1 결론

본 연구에서는 시각적 자극이 후각 시스템에 미치는 영향을 조사했다. 30명의 일본, 중국, 말레이시아 국적을 가진 참가자를 대상으로 6가지 아로마 향에 대한 실험을 진행하였다. 아로마 향은 Pleasant scents로 Lavender, Lemon blossom, Rose 향과 Unpleasant scents로 Gun powder, Smoke, Tar 향이 실험에서 사용되었다. 참가자는 한 가지 향에 대하여 100초 동안 향을 맡았으며, 향 실험 사이에는 2분의 휴식 시간이 주어졌다. 이 시간 동안 환기가 이루어졌으며, 참가자는 향에 대해 주관적 평가하였다. 참가자가 향을 맡을 때, 256Hz의 Sampling rate로 뇌파를 측정하였다.

시각적 자극의 영향을 조사하기 위하여 5가지 시각 자극의 제시 방법으로 실험을 진행하였다. 시각 자극의 제시 방법 1은 참가자가 향만 맡게 하는 방법이며, 시각 자극의 제시 방법 2에서 5는 시각적 자극의 조건을 변경하여 향을 맡게 하는 방법이다. 시각적 자극의 조건으로는 향의 이미지와 어울리는 적절한 색상의 증강 현실 입자 사용하는 방법과 초록색의 증강 현실의 입자로 사용하는 방법이 있다. 또한 증강 현실 입자의 움직임을 향의 방출 방향과 일치하도록 설정하는 방법과 향의 방출 방향과 반대 방향으로 설정하는 방법이 있다.

실험이 끝난 후, 주관적 평가와 측정된 뇌파 신호를 통해 시각적 자극이 후각 시스템에 미치는 영향에 대한 분석을 수행하였다. 먼저, 주관적 평가 데이터로 감정에 대해 ANOVA 분석 결과, Rose, Lavender, Tar 향에서 시각 자극의 제시 방법 사이에 유의미한 차이가 있었다. Rose, Lavender, Tar에서 증강 현실 입자를 시각적 자극으로 사용할 때 유의미한 차이가 있음을 확인하였다.

Rose, Lavender 향의 경우 시각적 자극을 사용하였을 때 전체적으로 긍

정적인 감정에 대한 자극이 증가하였다. 향의 이미지와 어울리는 색상을 증강 현실 입자로 사용했을 때는 유의미한 차이가 있었으며 감정에 대한 자극이 컸다. 초록색 증강 입자를 사용했을 때는 유의미한 차이가 없었으나 향의 이미지와 어울리는 색상을 증강 현실 입자로 사용한 결과에 비해 자극이 감소하였다. 증강 현실 입자의 움직임은 향의 방출 방향과 반대로 했을 때, 자극의 크기가 약간 증가했지만 유의미한 차이는 없었다. Lemon blossom 향의 경우 시각 자극의 제시 방법 사이에서 유의한 차이는 없었으나, Valence에서 초록색 증강 현실 입자를 사용하였을 때 자극의 정도가 컸다. 이는 Pleasant scents의 경우에는 초록색이 향과 어울린다면 긍정적인 감정을 강화한다는 것을 알 수 있으며, 항상 감정을 약화시키지 않는다는 것을 알 수 있다.

Tar 향의 경우, 시각적 자극을 사용하였을 때 전체적으로 부정적인 감정이 줄어들었다. 즉, unpleasant scent의 경우에는 향만 맡을 때가 오히려 불쾌하고, 시각적 자극이 주어지면 불쾌한 감정이 완화되는 것을 확인하였다. 또한 초록색 증강 현실 입자를 사용하면서 입자의 운동 방향을 향의 방출 방향과 반대로 하면 부정적인 감정의 정도가 많이 줄어든다는 것을 확인하였다.

측정된 뇌파 신호를 이용하여 뇌파 채널 개수, 특징에 따라 감정 인식 분류를 수행하여 정확도를 평가하였다. 시각 자극의 제시 방법에 따른 감정 인식 자동 분류를 위해 SVM을 사용하였으며, 신뢰도 있는 정확도를 위해 10-fold cross validation을 사용하여 평균 정확도를 계산하였다. 모든 향을 사용하여 Valence와 Arousal에 대해 2 클래스로 시각 자극의 제시 방법별로 분류를 수행하였다. 뇌파 채널 개수에 따른 평가에서 Fp1, Fp2, F3, F4 채널을 모두 사용하였을 때 Valence의 정확도는 0.93, Arousal의 정확도는 0.9로 분류가 가장 잘 수행되었다. 2개의 채널을 사용하였을 때는 Fp1-Fp2 채널 쌍, F3-F4 채널 쌍을 사용하였을 때 Valence의 정확도는 모두 0.89, Arousal의 정확도는 각각 0.87과 0.88이 나왔다. 특징에 따른 분류는 DWT를 이용하여 데이터의 특징을 추출하여 분류를 수행하였으며

Valence의 정확도는 0.92, Arousal의 정확도는 0.91이 나왔다.

뇌파 신호를 시각 자극의 제시 방법별로 분류한 결과, 시각 자극의 제시 방법별 정확도에 차이가 존재하는 것을 확인하였다. 정확도 차이로 분석한 결과, 증강 현실 입자를 사용하면 시각적 효과의 인지와 감정 분석을 더욱 효과적으로 할 수 있음을 확인하였다. 또한 향의 이미지와 어울리는 색상의 입자는 향의 자극을 강화할 수 있으며, 입자의 움직임 방향에 따라 참가자가 느끼는 자극을 강화하거나 약화할 수 있음을 확인하였다. 특히 초록색 증강 현실 입자를 사용하면서 입자의 운동 방향을 향의 방출 방향과 반대로 하면 불쾌한 냄새에 대한 자극을 줄일 수 있다는 것을 발견하였다. 또한 시각 자극의 제시 방법에 따른 감정인식 분류에서 SVM을 사용하면 시각 자극의 제시 방법에 따라 감정의 정확도에 차이가 있다는 것을 확인하였다. 시각적 자극이 주의 분산을 유발하고, 주의를 시각적 자극으로 분산시킴으로써 불쾌감을 감소시키는 효과가 있음을 확인하였다.

이를 통해 시각적 자극과 후각의 상호작용에 대한 이해를 높일 수 있을 것으로 기대한다. 향과 어울리는 증강 현실 입자의 색상은 감정에 영향을 미치는 것을 확인하였다. 따라서 적절한 색상의 증강 현실 입자를 사용하면, 소비자의 감정을 자극하여 마케팅 효과를 기대할 수 있다. 또한 초록색 증강 현실 입자를 사용하면서 입자의 운동 방향을 향의 방출 방향과 반대로 하면 감정에 대한 자극을 약화시킬 수 있다. 이에 따라 적절한 시각적 자극을 이용하여 악취에 대한 심리를 감소시킬 수 있는 HCI(Human-Computer Interaction)를 개발할 가능성을 보여준다. 이는 실생활에서 특수한 환경(화장실, 하수구, 쓰레기 처리장)에서 근무하거나 해당 환경을 이용하는 사용자들을 위해 적절한 시각적 효과로 악취의 인지와 불쾌감을 감소시킴으로써 일의 효율성과 이용성을 증가시키는 데 도움을 줄 수 있을 것으로 기대한다.

4.2 연구의 한계 및 향후 연구 방향

본 연구에서는 3가지 unpleasant scents(Tar, Smoke, Gun powder)를 사용하여 연구를 수행하였으나, Tar 향에서만 유의한 차이가 있었다. 일부 참가자들은 Gun powder 향을 처음 맡아본다고 응답하였는데, 감정은 개인의 주관적 경험에도 영향을 받기 때문에 이전에 경험하지 않은 향이므로 향의 인지에 영향을 주었을 수도 있을 것으로 생각된다. 본 논문에서 사용된 향은 기존 연구에서는 거의 다루어지지 않았기 때문에 의의가 있다고 할 수 있지만, 사용자의 감정을 자극하기 위한 unpleasant scents에 관한 연구가 더 필요하다.

본 연구에서는 감정 분석을 위해 6가지 아로마 향에 대한 뇌파 데이터를 모두 사용하여 시각 자극의 제시 방법별로 분류를 수행하였다. 향후 연구에서는 6가지 아로마 향에 대하여 향별로 분류를 수행할 예정이다. 또한 참가자들의 주관적 평가와 EEG 신호를 결합한 예측 모델에 대한 탐구도 진행할 예정이다.

감정인식을 위해 뇌파를 분석할 때 많이 사용하는 SVM을 사용하여 분류를 수행하였는데, 향후 연구에서는 다양한 모델을 사용하여 평가할 필요가 있다. 또한 감정 분석을 위해 PPG, GSR과 같은 다양한 생체신호를 활용할 수 있다.

참고문헌

- [1] Davoudi, Anis, et al. "Intelligent ICU for autonomous patient monitoring using pervasive sensing and deep learning." Scientific reports 9.1 (2019): 1-13.
- [2] Bethel, Cindy L., et al. "Survey of psychophysiology measurements applied to human-robot interaction." RO-MAN 2007-The 16th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication. IEEE, 2007.
- [3] Dai Muramatsu, Masaki Omata, "Effects on subjective evaluation and respiratory motion of smelling a fragrance with augmented reality particles", FIT2016 (第 15 回情報科学技術フォーラム).
- [4] Jin, Ye-Ji, et al. "A Photoplethysmogram Dataset for Emotional Analysis." Applied Sciences 12.13 (2022): 6544.
- [5] Hasnul, Muhammad Anas, et al. "Electrocardiogram-based emotion recognition systems and their applications in healthcare—a review." Sensors 21.15 (2021): 5015.

- [6] Gannouni, Sofien, et al. "Emotion detection using electroencephalography signals and a zero-time windowing-based epoch estimation and relevant electrode identification." *Scientific Reports* 11.1 (2021): 7071.
- [7] Koelstra, Sander, et al. "Deap: A database for emotion analysis; using physiological signals." *IEEE transactions on affective computing* 3.1 (2011): 18-31.
- [8] Park, Cheul Young, et al. "K-EmoCon, a multimodal sensor dataset for continuous emotion recognition in naturalistic conversations." *Scientific Data* 7.1 (2020): 293.
- [9] Schmidt, Philip, et al. "Introducing wesad, a multimodal dataset for wearable stress and affect detection." *Proceedings of the 20th ACM international conference on multimodal interaction*. 2018.
- [10] Markova, Valentina, Todor Ganchev, and Kalin Kalinkov. "Clas: A database for cognitive load, affect and stress recognition." *2019 International Conference on Biomedical Innovations and Applications (BIA)*. IEEE, 2019.
- [11] Sharma, Karan, et al. "A dataset of continuous affect annotations

and physiological signals for emotion analysis." *Scientific data* 6.1 (2019): 196.

[12] Kimmatkar, Nisha Vishnupant, and Vijaya B. Babu. "Human emotion classification from brain EEG signal using multimodal approach of classifier." *Proceedings of the 2018 International Conference on Intelligent Information Technology*. 2018.

[13] Lin, Yuan-Pin, et al. "EEG-based emotion recognition in music listening." *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* 57.7 (2010): 1798–1806.

[14] Xue, Jingyi, et al. "OVPD: Odor-Video Elicited Physiological Signal Database for Emotion Recognition." *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement* 71 (2022): 1–12.

[15] Hou, Hui-Rang, Xiao-Nei Zhang, and Qing-Hao Meng. "Odor-induced emotion recognition based on average frequency band division of EEG signals." *Journal of neuroscience methods* 334 (2020): 108599.

[16] Hou, Hui-Rang, et al. "Pleasantness Recognition Induced by Different Odor Concentrations Using Olfactory Electroencephalogram Signals." *Sensors* 22.22 (2022): 8808.

- [17] Becerra, M. A., et al. "Odor pleasantness classification from electroencephalographic signals and emotional states." *Advances in Computing: 13th Colombian Conference, CCC 2018, Cartagena, Colombia, September 26 - 28, 2018, Proceedings*. Cham: Springer International Publishing, 2018.
- [18] Amores, Judith, and Pattie Maes. "Essence: Olfactory interfaces for unconscious influence of mood and cognitive performance." *Proceedings of the 2017 CHI conference on human factors in computing systems*. 2017.
- [19] Dmitrenko, Dmitrijs, Emanuela Maggioni, and Marianna Obrist. "OSpace: towards a systematic exploration of olfactory interaction spaces." *Proceedings of the 2017 ACM international conference on interactive surfaces and spaces*. 2017.
- [20] Dmitrenko, Dmitrijs, Emanuela Maggioni, and Marianna Obrist. "I smell trouble: using multiple scents to convey driving-relevant information." *Proceedings of the 20th ACM international conference on multimodal interaction*. 2018.
- [21] Dmitrenko, Dmitrijs, Emanuela Maggioni, and Marianna Obrist. "Towards a framework for validating the matching between notifications and scents in olfactory in-car interaction." *Extended*

Abstracts of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. 2019.

- [22] Dobbstein, David, Steffen Herrdum, and Enrico Rukzio. "inScent: A wearable olfactory display as an amplification for mobile notifications." Proceedings of the 2017 ACM international symposium on wearable computers. 2017.
- [23] Kim, So-Jeong, and Dong-Hee Shin. "The effects of ambient scent on hedonic experience on online shopping." Proceedings of the 11th international conference on ubiquitous information management and communication. 2017.
- [24] Martzke, Jeffrey S., Lili C. Kopala, and Kimberley P. Good. "Olfactory dysfunction in neuropsychiatric disorders: review and methodological considerations." *Biological psychiatry* 42.8 (1997): 721-732.
- [25] Cherninskii, A. A., et al. "Modifications of EEG related to directed perception and analysis of olfactory information in humans." *Neurophysiology* 41 (2009): 63-70.
- [26] Kline, John P., et al. "Anterior electroencephalographic asymmetry

changes in elderly women in response to a pleasant and an unpleasant odor." *Biological Psychology* 52.3 (2000): 241-250.

- [27] Xing, Mengxia, et al. "Spatial-frequency-temporal convolutional recurrent network for olfactory-enhanced EEG emotion recognition." *Journal of Neuroscience Methods* 376 (2022): 109624.
- [28] Zheng, Wei-Long, and Bao-Liang Lu. "Investigating critical frequency bands and channels for EEG-based emotion recognition with deep neural networks." *IEEE Transactions on autonomous mental development* 7.3 (2015): 162-175.
- [29] Kroupi, Eleni, et al. "EEG correlates of pleasant and unpleasant odor perception." *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications (TOMM)* 11.1s (2014): 1-17.
- [30] Kroupi, Eleni, Jean-Marc Vesin, and Touradj Ebrahimi. "Subject-independent odor pleasantness classification using brain and peripheral signals." *IEEE Transactions on Affective Computing* 7.4 (2015): 422-434.
- [31] Zellner, Debra A. "Color - odor interactions: A review and model." *Chemosensory Perception* 6 (2013): 155-169.

- [32] Demir, Ümit. "Investigation of color emotion associations of the university students." *Color Research & Application* 45.5 (2020): 871-884.
- [33] Hanada, Mitsuhiko. "Correspondence analysis of color - emotion associations." *Color Research & Application* 43.2 (2018): 224-237.
- [34] Holloman, Amanda K., and Chris S. Crawford. "Defining scents: a systematic literature review of olfactory-based computing systems." *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications (TOMM)* 18.1 (2022): 1-22.
- [35] Pandey, Pallavi, and K. R. Seeja. "Subject independent emotion recognition from EEG using VMD and deep learning." *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences* 34.5 (2022): 1730-1738.
- [36] Konstantinidis, Iordanis, Thomas Hummel, and Maria Larsson. "Identification of unpleasant odors is independent of age." *Archives of Clinical Neuropsychology* 21.7 (2006): 615-621.
- [37] Aromajoin Inc, Aroma Shooter, (online), <<https://aromajoin.com>> (last visited May. 30, 2023)

- [38] Tsushima, Yoshiaki, Yurie Nishino, and Hiroshi Ando. "Olfactory Stimulation Modulates Visual Perception Without Training." *Frontiers in Neuroscience* 15 (2021): 642584.
- [39] Alarcao, Soraia M., and Manuel J. Fonseca. "Emotions recognition using EEG signals: A survey." *IEEE Transactions on Affective Computing* 10.3 (2017): 374–393.
- [40] Chanel, Guillaume, et al. "Short-term emotion assessment in a recall paradigm." *International Journal of Human-Computer Studies* 67.8 (2009): 607–627.
- [41] Wagh, Kalyani P., and K. Vasanth. "Performance evaluation of multi-channel electroencephalogram signal (EEG) based time frequency analysis for human emotion recognition." *Biomedical Signal Processing and Control* 78 (2022): 103966.
- [42] Klem, George H. "The ten-twenty electrode system of the international federation. The international federation of clinical neurophysiology." *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol. Suppl.* 52 (1999): 3–6.
- [43] Khan, Amna, and Shahzad Rasool. "Game induced emotion analysis

using electroencephalography." *Computers in Biology and Medicine* 145 (2022): 105441.

[44] Apicella, Andrea, et al. "A survey on eeg-based solutions for emotion recognition with a low number of channels." *IEEE Access* 10 (2022): 117411-117428.

[45] ohammadi, Zeynab, Javad Frounchi, and Mahmood Amiri. "Wavelet-based emotion recognition system using EEG signal." *Neural Computing and Applications* 28 (2017): 1985-1990.

[46] Russell, James A. "A circumplex model of affect." *Journal of personality and social psychology* 39.6 (1980): 1161.

[47] Bradley, Margaret M., and Peter J. Lang. "Measuring emotion: the self-assessment manikin and the semantic differential." *Journal of behavior therapy and experimental psychiatry* 25.1 (1994): 49-59.

[48] Bartosova, Michaela, et al. "Emotional stimuli candidates for behavioural intervention in the prevention of early childhood caries: a pilot study." *BMC oral health* 19.1 (2019): 1-8.