



뇌파(Electroencephalogram) 분석을 통한 Voice User Interface (VUI)의 감성 만족도 평가

POSTECH
POHANG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

 INDUSTRIAL AND MANAGEMENT
ENGINEERING, POSTECH

 Ergonomic Design
Technology Lab



미래산업
사용성평가센터
Usability Center

권도훈, 이승훈, 김민재, 유희천

포항공과대학교
산업경영공학과
인간공학설계기술 연구실

본 연구는 산업통상자원부의 "미래첨단 사용자편의서비스 기반조성사업"의 지원을 받아 수행된 연구결과임 (R0004840, 2020)

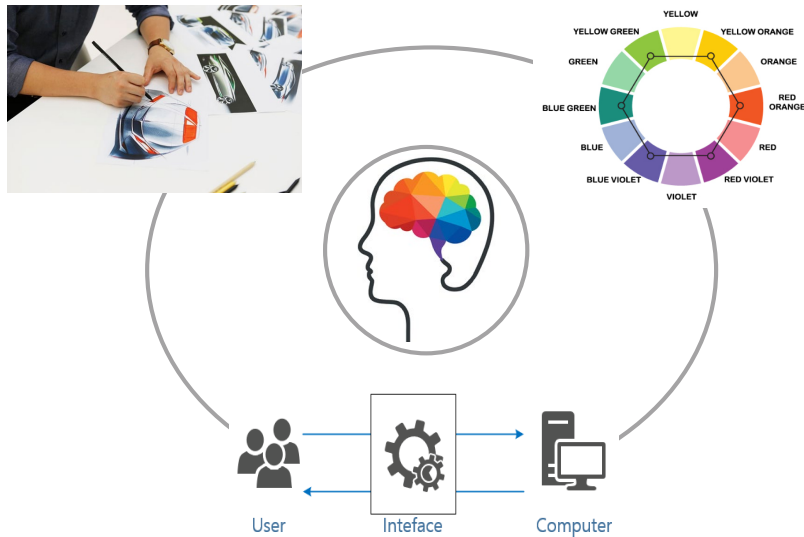
Contents

- 서론
 - 연구 배경
 - 연구 목적
- 문헌조사: EEG 기반 감성 평가
 - 실험참여자
 - 감성 유발 방법
 - EEG 기반 감성 평가/분석 방법
- VUI 설계 요소에 따른 감성 평가
 - EEG 기반 감성 평가/분석 Protocol 개발
 - VUI 설계 요소별 감성 만족도
- 토의

감성이 고려된 제품 개발 필요성

- 사용자 감성이 고려되지 않은 제품은 **사용성을 저해** 시킬 수 있음
 - ✓ 사용자 감성이 고려된 제품은 **만족감, 편의성, 사용성을 향상** 시킴

사용자 감성에 영향을 주는 요인



감성 디자인 예시: AI 스피커



객관적 감성 평가 방법 필요

- 사용자 감성은 제품 사용성에 영향을 끼치지만, **주관적**이고 **개인차가 심하며** **측정에도 어려움**을 겪고 있음 (Jeong et al, 2006)
- Self-report, 인터뷰 등은 정성적 측정 방식으로, 사용자 감성을 평가하기 위한 **객관적 체계 정립 및 정형화 필요**

감성 평가 설문지

시각적 인상 카드를 활용한 평가 방법		
평가 준비	제시 어휘	기본 구성 어휘 83개
	평가 대상 이미지	슬라이드 제작
평가 진행	어휘 항목의 선택	느낀 어휘 선택 유사 의미 어휘 모음/각 모음에서 대표 어휘 1개 선별
	추가 과정	최종 어휘 선택 이유 인터뷰 긍정/중립/부정 분류 감성의 강도(보통/강함/아주 강함) 적용
결과 분석	결과 도출 과정	어휘별 선택 빈도 합산 긍정/중립/부정 기준 합산 주요 감성 어휘 선택 이유 정리
	결과 내용	주요 감성 어휘(선택 빈도, 감성 강도) 감성의 긍정/중립/부정 비율 감정 요인

친구를 도와주거나 보살피 주는 나의 태도와 가까운 곳에 ○를 하시오.				
중요한	:	:	:	중요하지 않은
의미 있는	:	:	:	의미 없는
하고 싶은	:	:	:	하고 싶지 않은
도움이 되는	:	:	:	도움이 되지 않는
쉬운	:	:	:	어려운

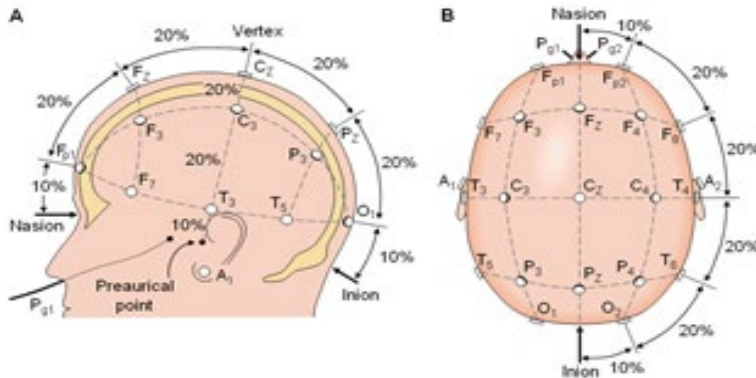
감성 평가 위한 언어 추출 목록 예시

분류	평가 어휘	
진위성(眞僞)	진실하다, 참되다	거짓되다, 헛되다, 부질없다
시비성(是非)	옳다, 바르다, 맞다, 옳바르다	그르다, 틀리다, 어정쩡하다
선악성(善惡)	착하다	나쁘다, 모질다, 그악스럽다, 고약하다, 악하다
귀천성(貴賤)	귀하다, 중하다, 소중하다, 보배롭다	천하다, 상스럽다
미추성(美醜)	아름답다, 곱다, 멋있다, 예쁘다	밉다, 추하다, 흉하다,
난이성(難易)	쉽다, 능하다, 평이롭다	어렵다, 난해하다, 까다롭다
이익성(利益)	이롭다, 유리하다, 달갑다	해롭다, 불리하다, 아깝다
비교성(比較)	같다, 비슷하다, 유사하다, 동등하다	다르다, 차이나다

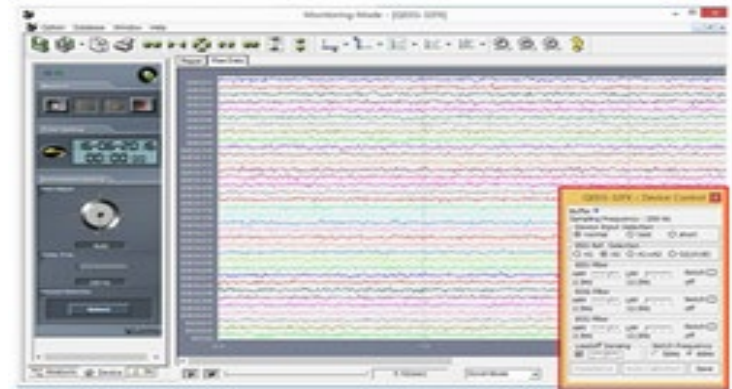
감성 평가의 EEG 활용성

- 뇌의 전위 변화를 활용하는 EEG는 **사용자가 의식적으로 조절할 수 없으므로, 객관적 감성 측정 및 평가에 활용될 수 있음**

EEG 전극 부착 부위



측정 결과 예시



뇌파(EEG) 기반 감성 평가 및 분석 Protocol 정립 및 VUI 평가 적용

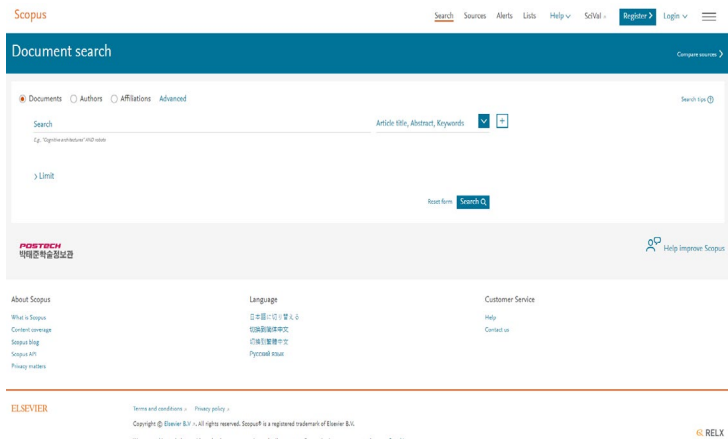
1. EEG 기반 감성 평가 및 분석 방법 **문헌 조사**
2. EEG 기반 VUI 감성 만족도 **평가 및 분석 protocol 정립**
3. VUI의 **음 높이**와 **빠르기**별 EEG 기반 **감성 만족도 평가**
4. VUI 변화에 따른 **EEG 및 감성 만족도 분석**

S1. 문헌 조사

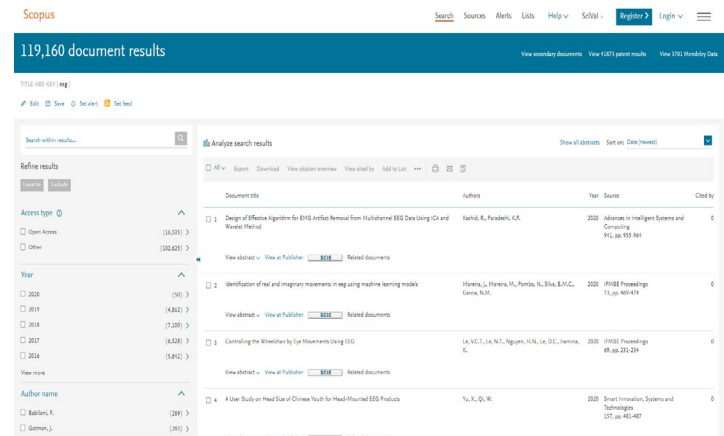
문헌 조사 방법

- ❑ 문헌 조사 site: sciencedirect.com, scopus.com
- ❑ 검색 조건: title, abstract, keyword
- ❑ 검색 keyword
 - ✓ **EEG** 관련: EEG, electroencephalogram
 - ✓ **감성** 관련: sentiment, affective, arousal, emotion, valence

문헌 검색 site: scopus.com



문헌 검색 결과 예시



문헌 선정 절차

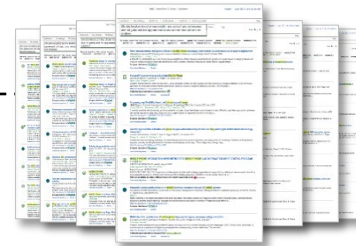
S1. **Keywords 조합**을 통한 journal paper 검색

TITLE-ABS-KEY

(("EEG" OR "electroencephalogram") AND
("sentiment" OR "affective" OR "arousal"
OR "emotion" OR "valence"))

→ **1394 건**

S2. **Title screening**을 통한 1차 선별



→ **401 건**

S3. **Abstract screening**을 통한 2차 선별

→ **176 건**

S4. 입수된 full paper에 대한 **관련도 평가**

관련도 평가 결과

상: 16건

중: 45건

하: 115건

S5. 관련도에 따라 **최종 review 대상 논문** 선별

상: 16건 review

문헌 선정 결과

No.	Author(s)	Year	Title	관련도
1	Xing B et al	2019	Exploiting EEG Signals and Audiovisual Feature Fusion for Video Emotion Recognition	상
2	Ciorciari J et al	2019	An EEG study on emotional intelligence and advertising message effectiveness	상
3	Hwang S et al	2018	Measuring Workers' Emotional State during Construction Tasks Using Wearable EEG	상
4	Su Y et al	2018	A spatial filtering approach to environmental emotion perception based on electroencephalography	상
5	Zhuang N et al	2018	Investigating patterns for self-induced emotion recognition from EEG signals	상
6	Ruiz-Padial E et al	2018	Fractal dimension of EEG signals and heart dynamics in discrete emotional states	상
7	Suto J et al	2018	Music stimuli recognition in electroencephalogram signal	상
8	Hu X et al	2017	EEG correlates of ten positive emotions	상
9	Thammasan N et al	2016	Continuous music-emotion recognition based on electroencephalogram	상
10	Bhatti A.M et al	2016	Human emotion recognition and analysis in response to audio music using brain signals	상
11	Mehmood R	2015	EEG based emotion recognition from human brain using Hjorth parameters and SVM	상
12	Nor N.M	2015	Correlation between precursor emotion and human stress by using EEG signals	상
13	Su Y et al	2018	A spatial filtering approach to environmental emotion perception	상
14	Zhuang N et al	2018	Investigating patterns for self-induced emotion recognition from EEG signals	상
15	Ruiz-Padial E et al	2018	Fractal dimension of EEG signals and heart dynamics in discrete emotional states	상
16	Suto J et al	2018	Music stimuli recognition in electroencephalogram signal	상

실험참여자

□ $n = 28.4 \pm 12.34$ (range = 7 ~ 45 yrs)

- ✓ 약물(흡연, 음주 등) 복용은 EEG 변화에 영향을 끼칠 수 있는 요인으로 실험 전 금기
- ✓ 감성 변화를 수용하는 감각 및 인지에 문제가 없는 참여자 모집

Author (year)	# of participant	Mean \pm SD (Range)	Inclusion criteria	Exclusion criteria
Ning et al. (2018)	30 (M = 20, F = 10)	23.7 \pm 2.9 (18 ~ 35)	-	약물 복용 금지,
Baixi et al. (2019)	39	21.7 \pm 4.2 (18 ~ 35)	-	우울증, 정신 질환 병력
Suto et al. (2018)	15	25.5 \pm 2.1 (22 ~ 30)	Task 사용 경험 보유	-
Raja et al. (2015)	7 (Only male)	23.5 \pm 3.3 (21 ~ 30)	Mentally healthy	정신 질환 병력
Ciorciari et al. (2019)	10 (M = 6, F = 4)	30.2 \pm 3.1 (-)	-	-
Bhatti et al. (2016)	30 (M = 15, F = 15)	27.5 \pm 4.7 (-)	-	뇌 손상 및 질환 병력
Chai et al. (2018)	45 (M = 23, F = 22)	- (20 ~ 45)	Task 사용 경험 보유	-
Nor et al. (2015)	30 (M = 15, F = 15)	23.5 \pm 3.3 (20 ~ 29)	-	시각 및 청각 기능 장애
Hwang et al. (2018)	10 (M = 6, F = 4)	25.3 \pm 2.3 (-)	-	감각 기관에 문제가 있는 자

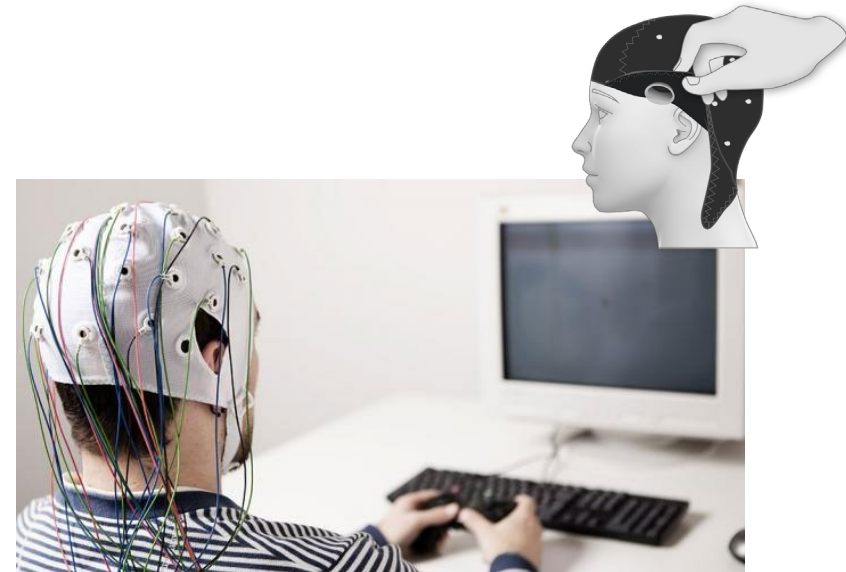
실험 환경

- 평가 대상 이외의 요인이 **뇌파에 끼치는 영향을 최소화** 하기 위해, EEG 측정 실험은 **외부 간섭을 차단하는 환경**에서 수행됨

VR을 통한 외부 visual noise 차단 예시






Sound noise 차단을 위한 EEG cap 디자인 예시



실험 장비

□ 전극을 부착 방법에 따라 (1) EEG cap, (2) EEG headset, (3) 단일 부착 방식으로 구분됨

□ 단일 부착 방식은 사용자의 머리 크기에 따라 **정확한 위치에 전극 부착** 가능

	EEG cap	EEG headset	단일 부착 방식
설명	전극이 부착된 EEG cap을 머리에 착용	전극이 부착된 EEG headset을 머리에 착용	개별 전극을 두피에 직접 부착
사진			
장점	전극 부착에 드는 시간 및 노력 ↓	빠른 부착과 실험 참여자의 불편도 최소화	정확한 위치에 전극 부착 가능
단점	머리 크기에 따라 달라지는 부착 간격	한번에 측정할 수 있는 부위가 제한적	실험 진행자의 숙련도 요구 및 부착에 드는 시간 및 노력 ↑
사용 빈도	50% (8/16건)	12.5% (2/16건)	37.5% (6/16건)

감성 유발 방법

- 실험 참여자가 직접 특정 task를 수행하여 유발되는 (1) **active**한 방법과 외부 자극을 통해 감성을 유발하는 (2) **passive**한 방법으로 구분됨
- EEG 연구에서는 **noise**를 최소화 하기 위해 **passive**한 방법이 주로 사용됨

Active (expression-based)

실험 참여자가 특정 행동 또는 task를 수행하여 감성 유발



Play game



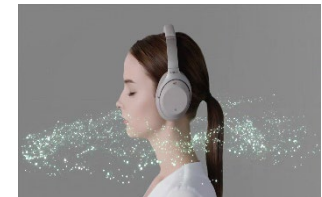
Remind experience

Passive (perception-based)

실험 참여자에게 시각 및 청각적 자극을 주어 감성 유발



Visual (picture, video)

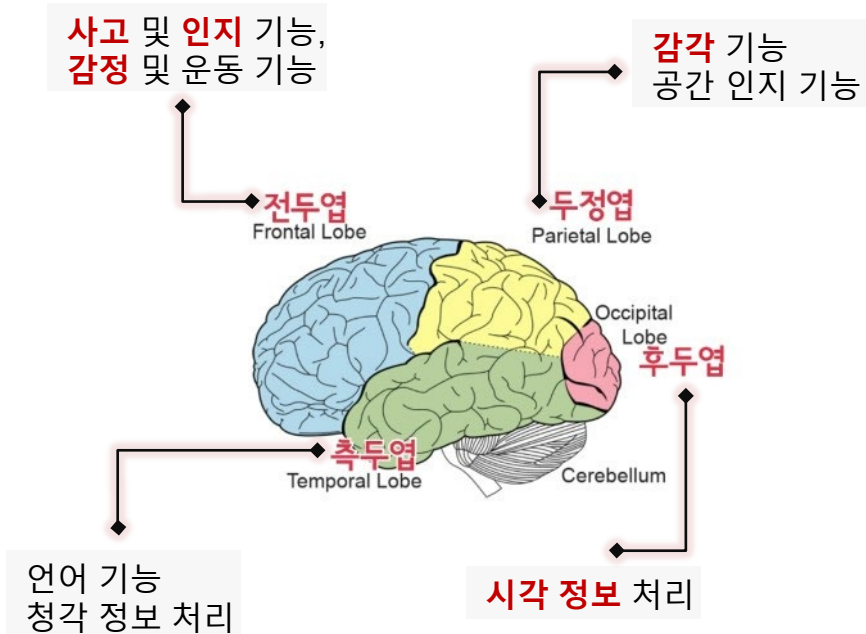


Audio (music, AUI)

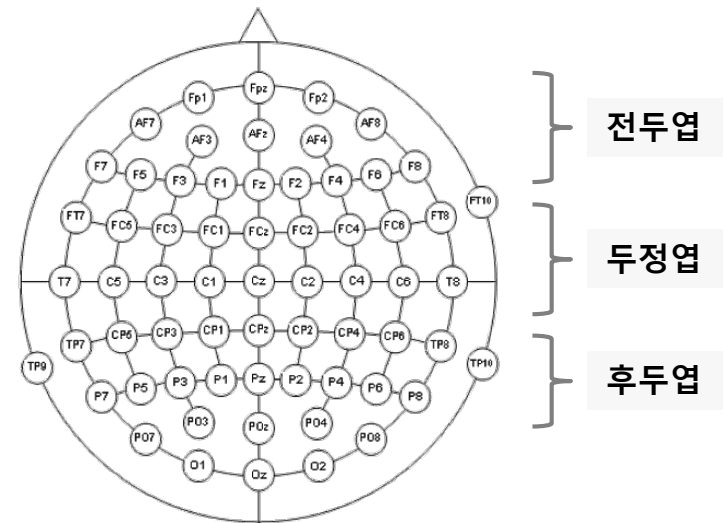
EEG 전극 부착 위치

- 감성은 감각/인지 기관이 밀집 되어있는 뇌의 **전두엽**과 **두정엽**과 관련이 있음
- 시각기능과 관련이 있는 후두엽은 신호 확인 reference로 주로 활용됨

뇌 부위별 기능



62-channel EEG 표준 부착 위치



EEG 신호 정량화 척도

- 뇌파는 진동하는 **주파수의 범위**에 따라 **5가지**(δ , θ , α , β , γ)로 구분된다.
- **Delta wave**와 **theta wave**는 주로 수면과 관련이 있으며 개인차로 인하여 **표준화된 결과들이 다소 부족함**

	주파수 (Hz)	주요 위치	신호 형태	신호 의미	Physiological meaning	
					↑ (high level)	↓ (low level)
Slow wave	Delta	뇌 전반부		수면 시 활성화되며 뇌 손상 진단에도 활용됨	깊은 수면 시 활성화, 뇌 손상 및 학습 장애	얕은 수면 상태에서 활성화
	Theta	뇌 전반부		얕은 수면 시 활성화 되지만 고등 사고 활동시에도 활성화	얕은 수면, 우울함, 고등 사고 활동, creative thinking	불안, 스트레스
Fast wave	Alpha	전두엽, 두정엽		휴식 시 활성화되며, 결핍 시 스트레스와 우울증 등을 의미	휴식, 편안한 상태, 차분한 상태	스트레스, 걱정, 바쁜 상태
	Beta	전두엽		활동 상태, 사고 활동 시 활성화 주의 집중과도 관련이 있음	걱정, 긴장, 스트레스, alert 상태	우울함, 집중 결핍, poor cognitive ability
	Gamma	전두엽, 두정엽		Beta wave보다 더 긴장된 상태와 집중 상태를 의미	스트레스, 정보 처리, 고등 인지 작용 high mental activity	depression, non-conscious activity

EEG 신호 분석 방법

- EEG 신호 분석은 (1) preprocessing, (2) feature extraction, (3) classification의 3단계로 이루어짐

S1. Preprocessing

- Body movement / eye artifact 제거
- Baseline 대비 개인차 보정



S2. Feature extraction

- Frequency에 따른 brain wave 구분
- 주파수/일관성 분석 등을 통한 특징 추출



S3. Classification

- Machine learning 기반 EEG 신호별 감성 도출
- 주관적평가와 상관성 비교

VUI 설계 요소에 따른 감성 평가

실험 참여자

□ 모집 인원: $n = 20$ 명(M: 10명, F: 10명)

➢ 연령: **28.8 ± 12.8 yrs** (range = 24 ~ 54 yrs)

□ 실험 참여자 모집 기준

- 가전제품 VUI (mobile phone, AI speaker, home appliance 등) 사용 경험 보유
- 실험 task 수행을 위한 감각 및 인지에 문제 없음

실험 참여 동의서

POSTECH 100 세익 4-11 인간대상연구 허락서 정서서

인간대상연구 피험자 동의서

기본 정보				
승인번호				
연구 과제명	노화 죽음을 통한 죽음 VUI 감성 평가			
연구 책임자	성명	소속	직위	연락처
	유원진	산업경영학과	교수	인간공학
	전화번호: 064-279-2210	이메일: hosu@postech.ac.kr		

본 연구는 뇌 시술에 대한 EEG 기반 사용자 감성 평가 측정 및 분석에 대한 연구입니다. 귀하는 본 연구에 참여할 것인지 여부를 결정하기 전에, 설명서와 중요사항 신중하게 읽어보셔야 합니다. 이 연구가 왜 수행되며, 무엇을 수행하는지 귀하가 이해하는 것이 중요합니다. 이 연구를 수행하는 필요성 연구원이 귀하에게 이 연구에 대해 설명해 줄 것입니다. 이 연구는 자발적으로 참여 의사를 밝힌 후에 만행에 수행될 것입니다. 다음 내용을 신중히 읽어보신 후 참여 의사를 밝히지 마십시오. 발음하지만 가짜이나 친구들과 의논해 보십시오. 만일 어떠한 질문이 있다면 담당 연구원이 자세히 설명해 줄 것입니다.

귀하의 서명은 귀하가 본 연구에 대해 그리고 위험성에 대해 설명을 들었음을 의미하며, 이 문서에 대한 귀하의 서명은 귀하께서 자신(또는 법정대리인)이 본 연구에 참가를 원하는 것을 의미합니다.

- 본 연구는 오로지 연구만을 목적으로 수행합니다.
- 연구의 배경 및 목적
본 연구는 가전제품 Voice User Interface(VUI)의 감성 평가를 EEG를 이용하여 측정 및 분석하는 프로토타입을 위한 연구로서 개인용 VUI를 대상으로 객관적 및 주관적 비교 평가를 통해 사용자 감성 측정 및 분석 프로토타입을 확립하고자 하는 연구입니다.
본 연구에서 확립된 프로토타입을 이용하여 여러 전자제품에서 활용 할 수 있도록 하는 목적에 기여 할 수 있습니다.
- 대상 참여기간 및 본 연구에 참여하는 대상의 전체 퇴장지 수
본 연구는 VUI에 대한 사용자의 감성을 EEG로 측정하는 실험입니다. 대상되는 참여 기간은 2020년 2월 17일부터 3월 6일까지이며 20대에서 60대의 피험자들을 대상으로 평가가 진행됩니다. 평가 시간당 약 60분이 소요되며, 피험당사 30분을 대상으로 실험하게 됩니다.

IRB 심사 승인

POSTECH IRB 144 141 보건의료윤리위원회

심의면제통보서

수신	책임연구자	신청	의결일	소속	상요연구윤리과	직위	교수
대상 번호	P100-2019-E010						
연구과제명	연구 최종 목적을 이용한 Smart TV 사용 시 인지 부조 용기						
연구윤리	<input checked="" type="checkbox"/> 승인대상연구 <input type="checkbox"/> 면제대상연구						
면제일지	2019년 3월 20일						

상기 연구자에서 대학을 본 학제적연구는 결과별에대상을 확인합니다.

* 모든 연구자(또는 이해당사자) 서명을 준수하여야 합니다.

- 연구자(또는 이해당사자)는 본 연구에 참여하는 대상의 수에 따라, 이해당사자 연구에 참여할 수 있도록 동의서를 작성하여서 제출하여야 합니다.
- 귀하의 연구(또는 이해당사자)는 본 연구의 목적과 관련된 정보를 제공하여야 합니다.
- 연구윤리를 위반한 피험자가 필요 시 조사 및 감독 과정에서 변경사항을 접수할 수 있습니다.
- 연구자(또는 이해당사자)는 연구가 종료된 후 모든 연구자(또는 이해당사자)가 합니다.

포항공과대학교 생명윤리위원회 위원장

ver 1.0 (Apr 2015)

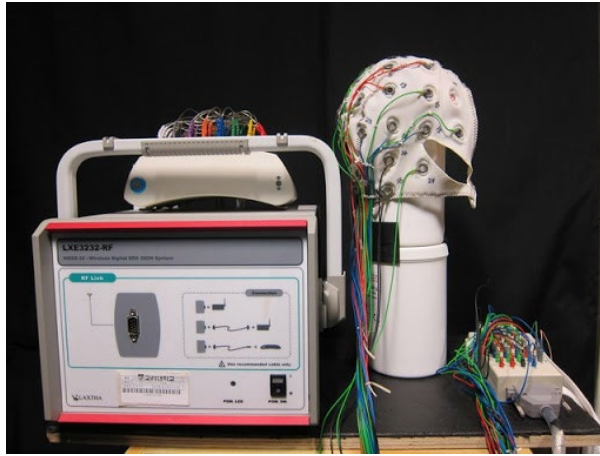
평가 대상: Voice User Interface (VUI)

- (1) 음 높기와 (2) 말 빠르기가 상이한 VUI에 대하여 평가
 - **음 높이**(pitch; 3-level): (1) **High**: 240 Hz, (2) **Moderate**: 210 Hz, (3): **Low**: 170 Hz
 - **빠르기**(speech rate; 3-level) (1) **Fast**: 405 syllable/min,
(2) **Moderate**: 345 syllable/min, (3) **Slow**: 285 syllable/min (J. Yoo et al., 2019)

Table 수정 완료하여 첨부 예정

평가 장비

뇌파 측정 장비
(Laxtha, WEEG 32 – channel)



스피커



Laptop



실험진행자에 의한
VUI 제시 용도

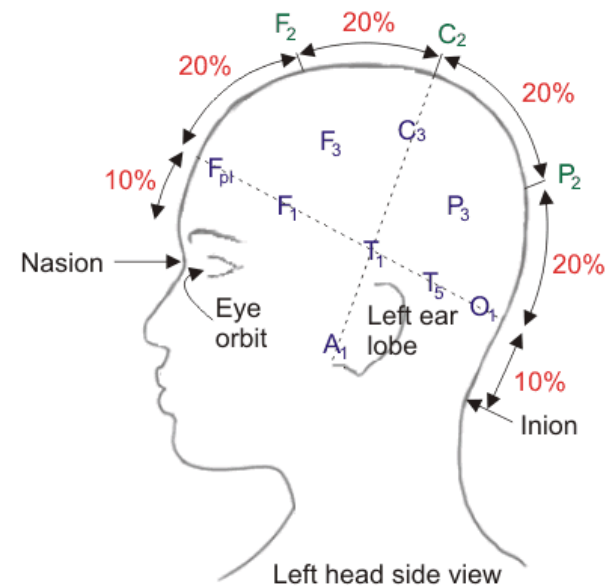
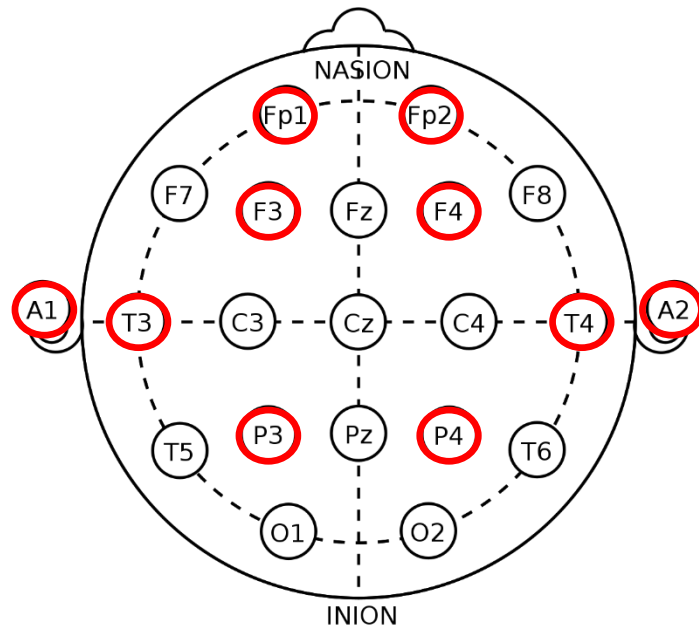
평가 환경

- Noise를 최소화할 수 있는 환경에서 뇌파 측정 실험 진행
- EEG 장비를 통하여 실험 참여자의 뇌파 관련 data 수집



8ch EEG 전극 부착 위치

- 감성을 담당하는 전두엽 부위 전극 부착
- 시각에 의한 노이즈 확인용 전극(P3, P4), 접지용 전극(A1, A2)
- 10-20 국제 표준 전극 부착법 참조



평가 척도

1. Performance measures: Task success rates

2. Physiological response: EEG 신호의 주파수 대역폭 분석

- ✓ Alpha(8 ~ 13 Hz): 차분한 상태, 휴식 상태, 편안한 기분 ↑
- ✓ Beta(13 ~ 30 Hz): 바쁜 상태, 걱정, 운동 시 ↑
- ✓ Gamma(> 30 Hz): 정보 처리, 인지 활동 시 ↑

	주파수 (Hz)	주요 위치	신호 의미	Physiological meaning	
				↑ (high level)	↓ (low level)
Alpha	8 ~ 13	전두엽, 두정엽	휴식 시 활성화되며, 결핍 시 스트레스와 우울증 등을 의미	휴식, 편안한 상태, 차분한 상태	스트레스, 걱정, 바쁜 상태
Beta	13 ~ 30	전두엽	활동 상태, 사고 활동 시 활성화 주의 집중과도 관련이 있음	걱정, 긴장, 스트레스, alert 상태	우울함, 집중 결핍, poor cognitive ability
Gamma	30 ~ 45	전두엽, 두정엽	Beta wave보다 더 긴장된 상태 와 집중 상태 를 의미	스트레스, 정보 처리, 고등 인지 작용 high mental activity	depression, non-conscious activity

평가 척도

- EEG 기반 추정식을 통해 arousal와 valence 추출 (Blaiech et al., 2013; Davidson et al., 1990; Hwang et al., 2018)
 - Valence (pleasure state): 전두엽의 F3과 F4에서 정서 조절에 관여
 - ✓ Negative state : 왼쪽 정면(F4, Fp2)의 비활성화
 - ✓ Positive state : 오른쪽 정면(F3, Fp1)의 비활성화
 - ✓ 두 전극의 활성화 차이로 valence 추정
 - Arousal (excitation state): power ratio of alpha and beta frequency ranges
 - ✓ High arousal: **beta wave 활성화**, alpha wave 비활성화
 - ✓ Low arousal: **alpha wave 활성화**, beta wave 비활성화

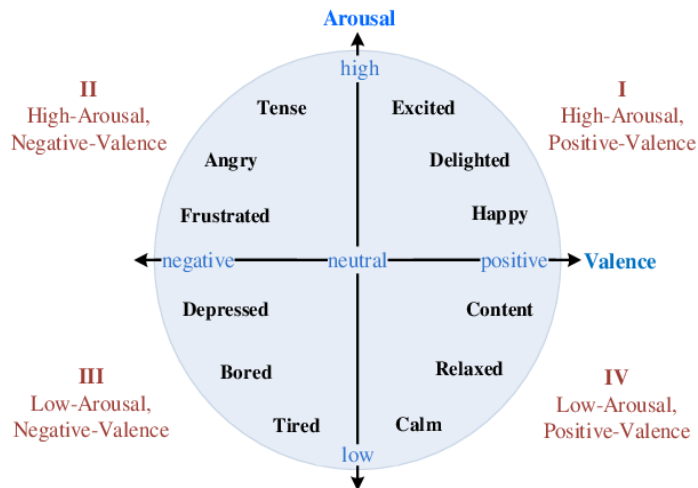
$$Valence = \frac{\alpha(F4)}{\beta(F4)} - \frac{\alpha(F3)}{\beta(F3)} \quad (\text{Equation 1})$$

$$Arousal = \frac{\alpha(AF3+AF4+F3+F4)}{\beta(AF3+AF4+F3+F4)} \quad (\text{Equation 2})$$

평가 척도: 주관적 만족도 (1/2)

- (1) 2-dimensional emotion system과 (2) VUI 감성 평가 항목의 주관적 만족도
 - ✓ Arousal & valence 기반 2-dimensional emotion system
 - ✓ VUI 감성 어휘 목록 중 내부 연구진 검토를 통하여 measure 선정

2-dimensional emotion system

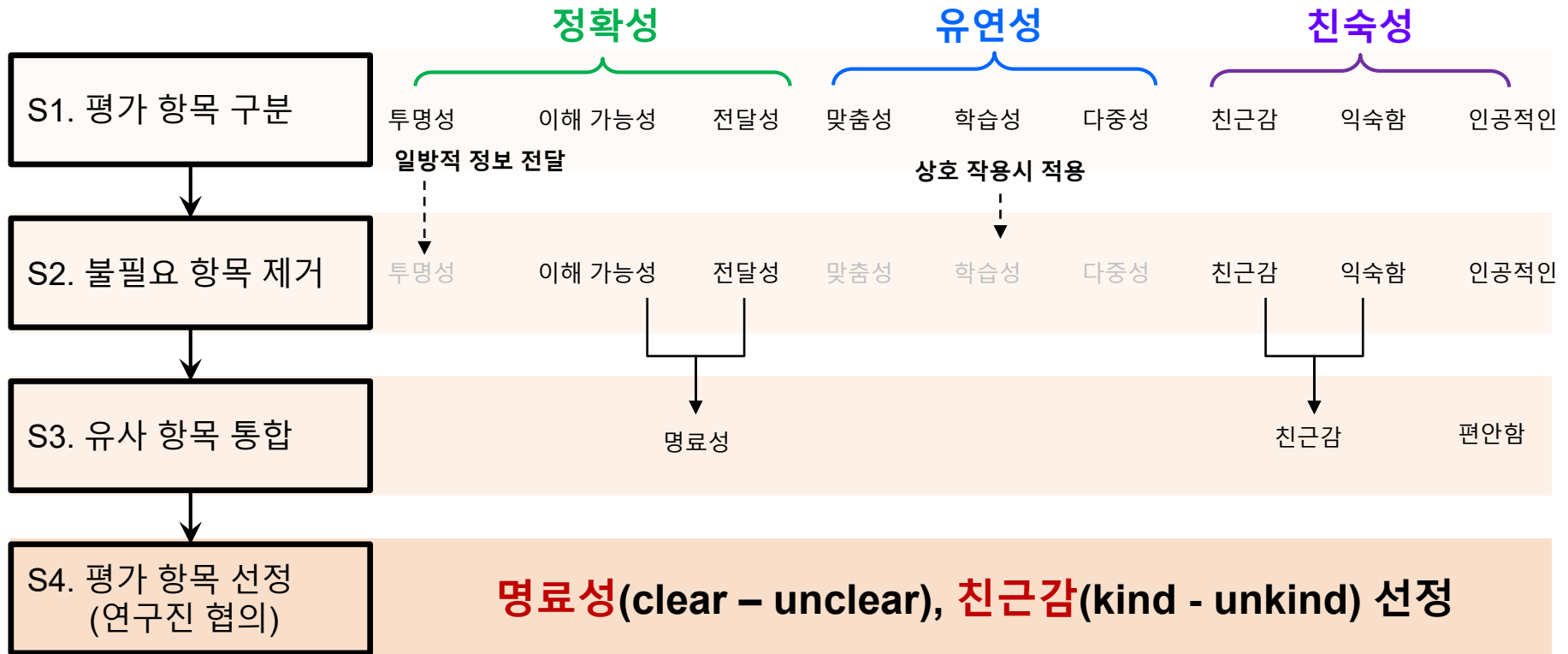


VUI 사용성 범주 및 감성 어휘 목록

구분	평가 감성	설명
정확성	투명성	VUI가 투명하고 신뢰할 수 있는 안전한 방식을 제공 하는가
	이해 가능성	VUI가 사용자에게 의미를 이해할 수 있도록 전달하는지
	전달성	VUI가 사용자에게 의미를 정확하게 전달하는지
유연성	개인 맞춤성	사용자의 취향이나 특성에 따라 시스템의 상태를 변화 시킬 수 있는지
	학습성	초보 사용자가 시스템을 통해 지식을 취득하는 것이 쉬운지
	다중성	한번에 2개 이상의 작업을 동시 혹은 교차적으로 수행할 수 있는지
친숙성	친근감	VUI가 얼마나 친근감 있게 정보를 전달하는지
	익숙함	VUI가 사용자의 사전 경험을 바탕으로 사용자에게 친숙하게 다가가는지
	인공적인	VUI가 얼마나 사용자에게 자연스러운 음성으로 들리는지

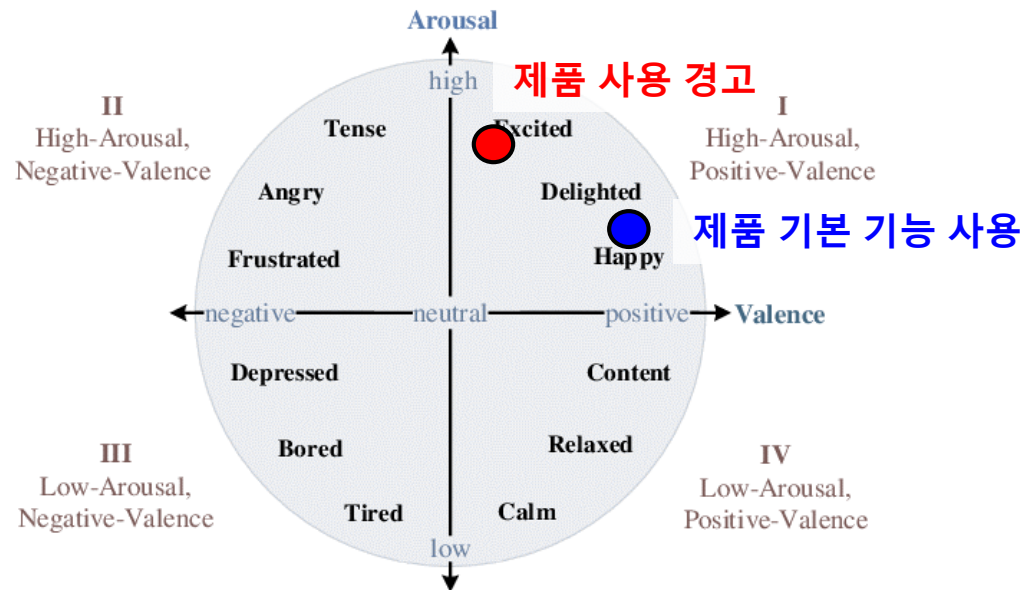
평가 척도: 주관적 만족도 (2/2)

- 본 실험과의 연관성을 고려하여 불필요 항목 제거 및 내부 연구진 검토를 통해
 (1) 친근감, (2) 명료성의 2가지 최종 평가 항목 도출



평가 상황

1. **제품 기본 기능 사용** (예: 에어컨 예약 설정, TV 시청 예약, 뉴스 읽어 주기)
→ **적절한 집중과 긍정적 감정을 유발하는 VUI 탐색**
2. **제품 사용 경고** (예: TV 시청 시간 초과, 대기 상태 경고, 냉장고 문 열림)
→ **높은 집중과 일부 긍정적 감정을 유발하는 VUI 탐색**



제품 기본 기능 사용 평가 시나리오

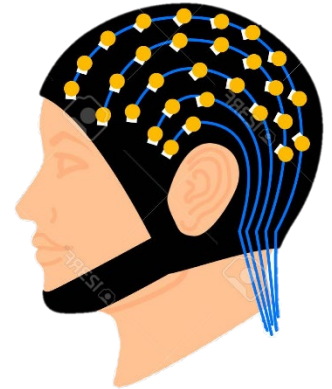
안내 구간



오늘의 날씨를 확인하고 싶으시면
“오늘 날씨” 라고 말씀해주세요.

명령 구간

“오늘 날씨”



EEG 분석 구간
(2×2 conditions)



오늘 포항시는 오전에 흐리다 오후
에 차차 개겠습니다.

- 주관적 감성 평가 (1 min)
- 날씨 문답 (performance 정도 확인)
- Recovery (2 min)

**총 20분 소요
(5분/condition)**

제품 사용 경고 평가 시나리오

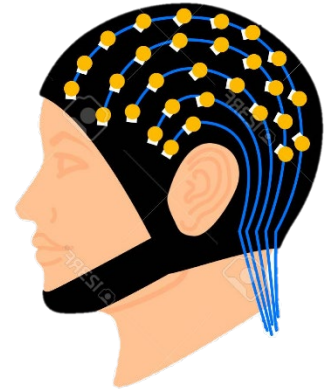
안내 구간



세탁을 시작하시려면
“동작” 이라고 말씀해주세요

명령 구간

동작



EEG 분석 구간
(2×2 conditions)



세탁조에 “이물질”(변경하며 제시,
예: 동전)이 감지되었습니다.

- 주관적 감성 평가 (1 min)
- 이물질 종류 문답 (performance 정도 확인)
- Recovery (2 min)

**총 20분 소요
(5분/condition)**

평가 절차

총 60분/인

S1. 실험 설명 (10분)

- 실험 목적 설명
- 실험 참여 동의서 작성

S2. 장비 착용 (10분)

- EEG cap 착용 및 장비 calibration
- 실험참여자별 baseline 측정 (1분 휴식 후, 10초간 측정)

S3. VUI 친숙화 Task 수행 (5분)

- VUI에 친숙해질 수 있도록 일반적인 task 적용

S4. VUI 평가 실험 (40분)

S4-1. 제품 기본 기능 사용 (15분)

S4-2. 제품 사용 경고 (15분)

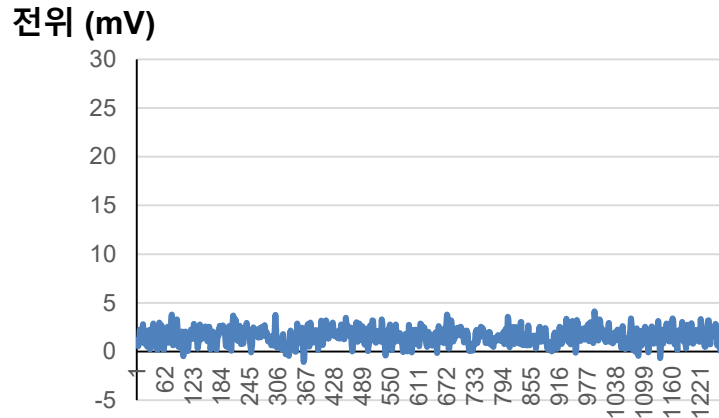
- VUI에 대한 brain signal 측정
- Arousal – Valence을 통한 주관적 평가
- Task 수행 후 neutral 상태로의 회기를 위해 30초간 휴식

무작위
순서로
제시

EEG 신호 분석 확인 사항

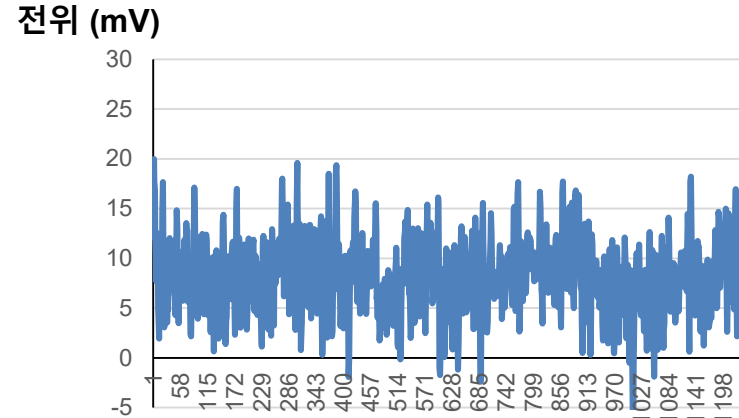
- 실험참여자별 **뇌파 전위가 상이함**
⇒ baseline 대비 VUI 청취구간의 **신호 변화량으로 확인**
- 안구 운동 관련 전극인 P3/P4에서 **baseline 대비 신호 변화가 없는 경우**
⇒ 분석에서 제외

EEG baseline 신호
참여자 #1



Baseline 측정 구간

EEG baseline 신호
참여자 #2

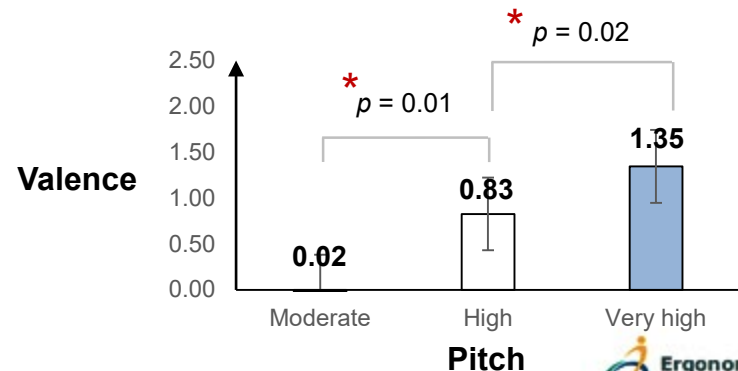
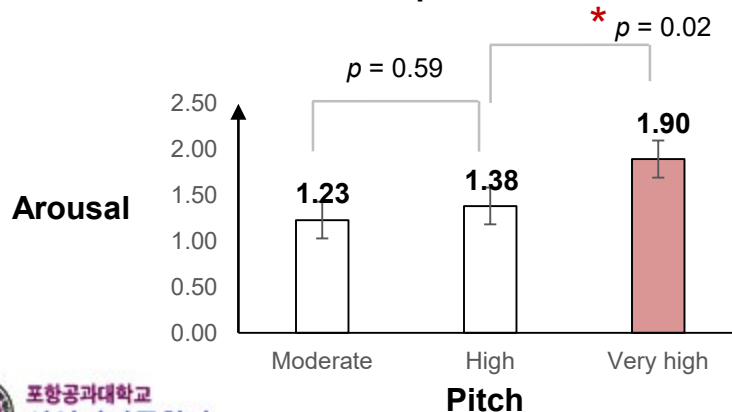
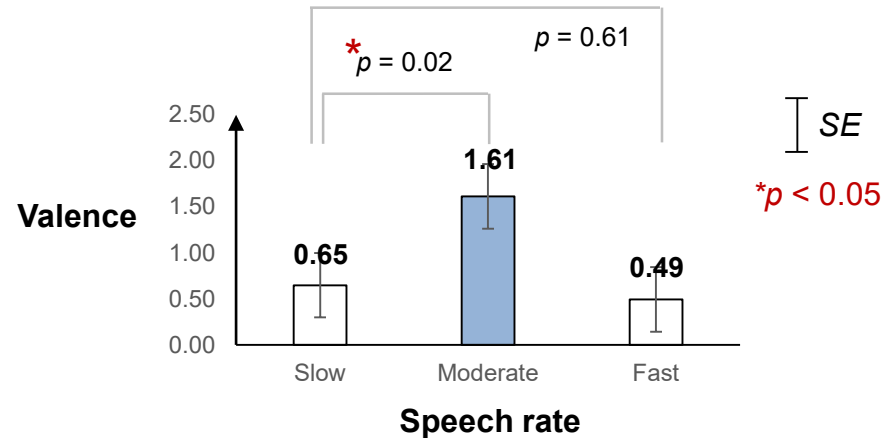
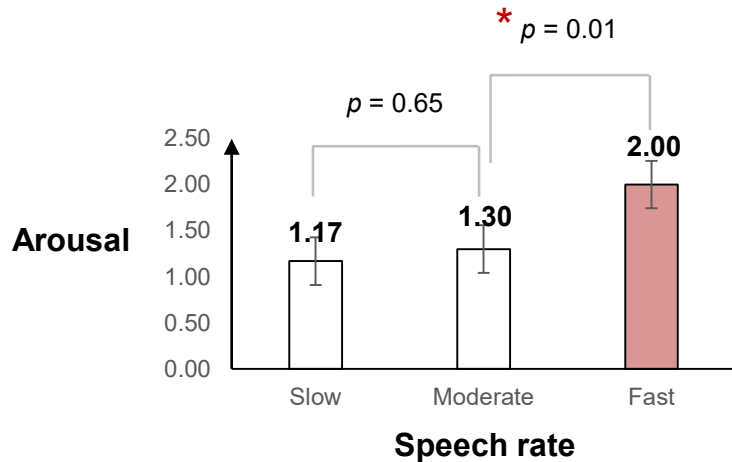


Baseline 측정 구간

VUI 변화에 따른 감성: EEG

- (1) **Arousal**은 **speech rate**와 **pitch** 증가에 따라 증가하며, (2) **valence**는 **speech rate**가 **moderate**일 때, **pitch**가 **very high**일 때 최대

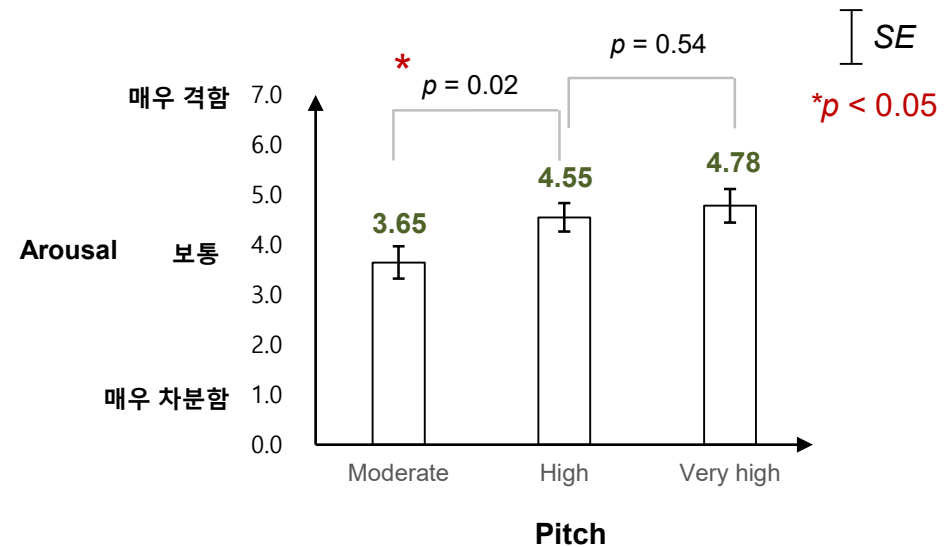
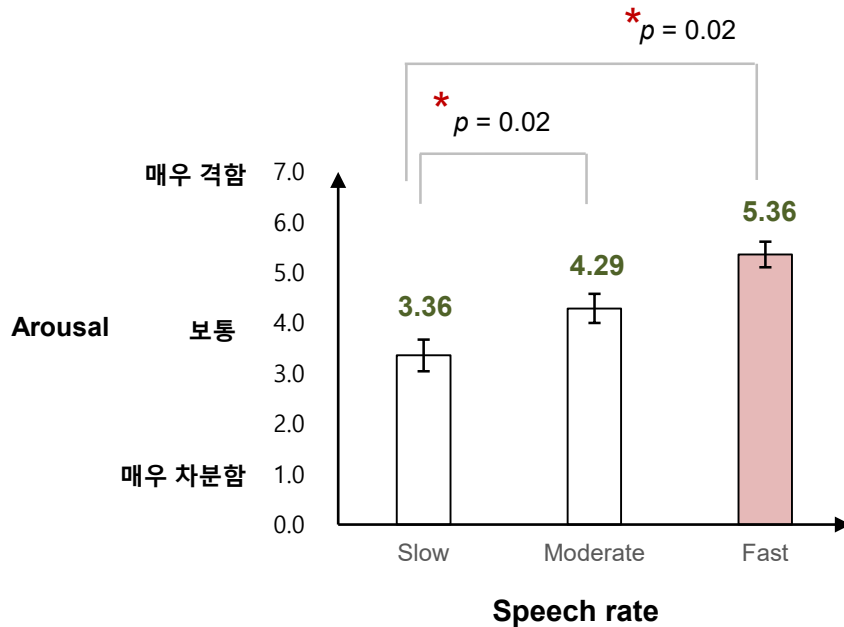
⇒ **speech rate**가 **빨라질수록 높은 집중도가 요구되어 arousal**이 증가된 것으로 사료 됨



VUI 변화에 따른 Arousal: 주관적 평가

- (1) **Speech rate**가 **빨라질수록 arousal이 증가**하지만, (2) Pitch는 **그룹간 유의한 차이 없음**

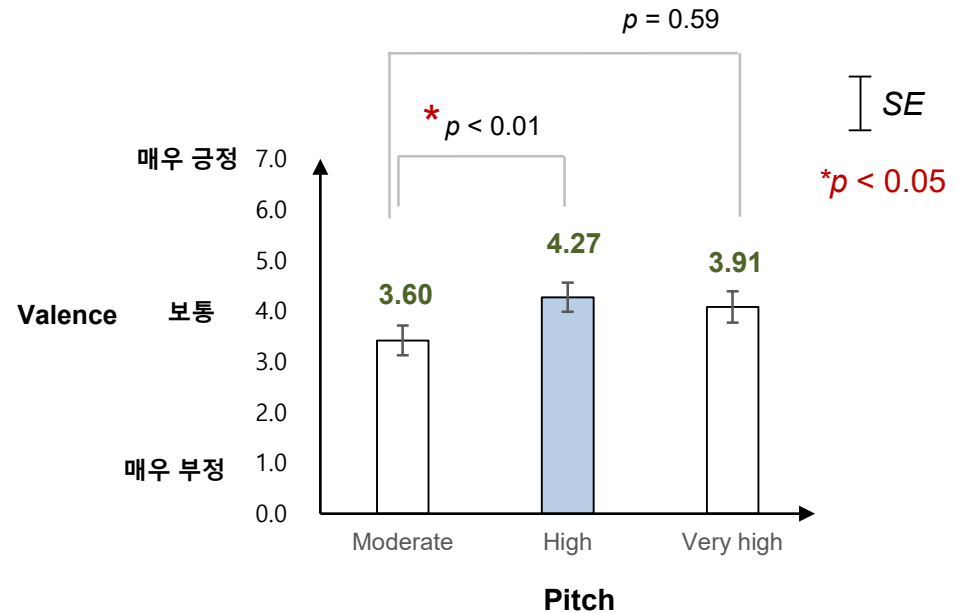
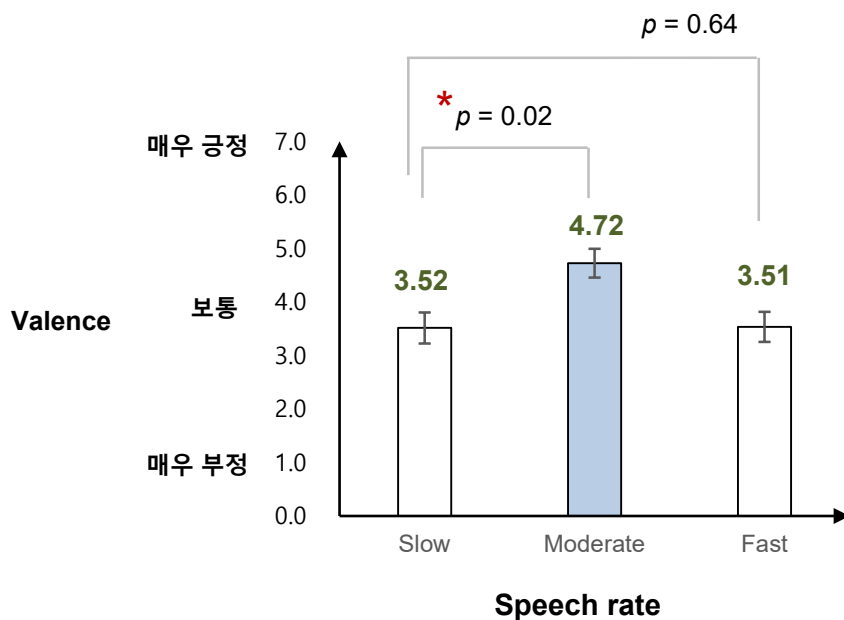
⇒ **Speech rate 증가에 따른 arousal 증가가 EEG와 경향 일치**



VUI 변화에 따른 Valence: 주관적 평가

- (1) Speech rate는 moderate speed에서 가장 명료하지만, (2) Pitch는 그룹간 유효한 차이 없음

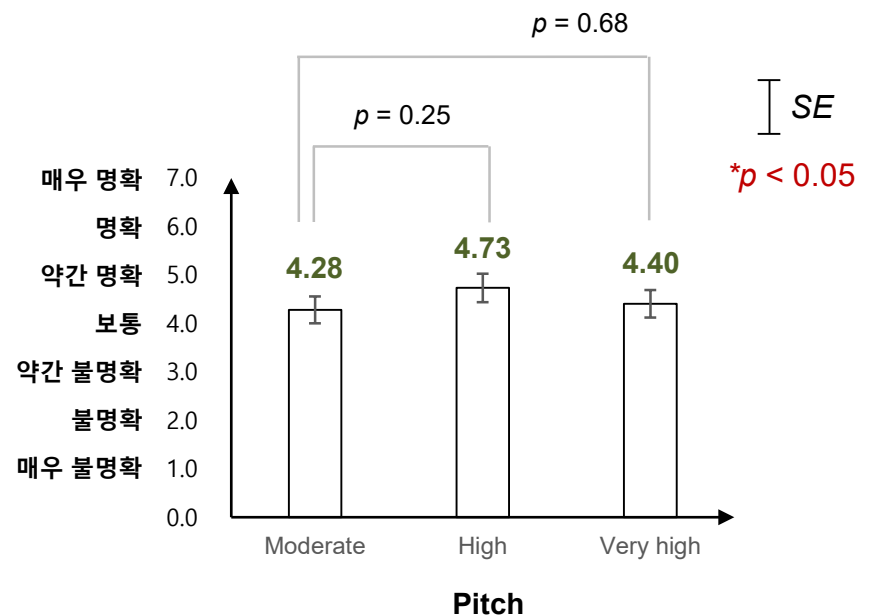
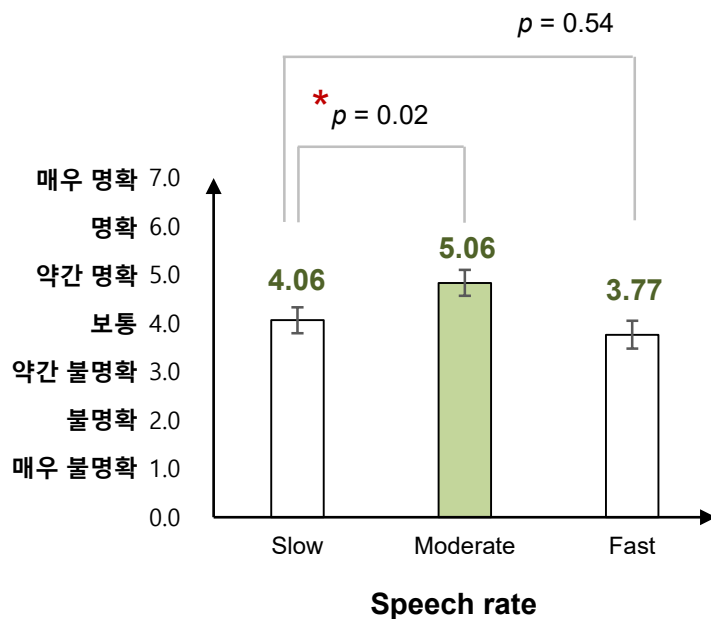
⇒ Speech rate의 경우 EEG와 경향이 일치하며, 적절한 빠르기로 집중도를 유지시키는 것이 긍정도가 증가한 것으로 사료 됨



VUI 변화에 따른 명료성: 주관적 평가

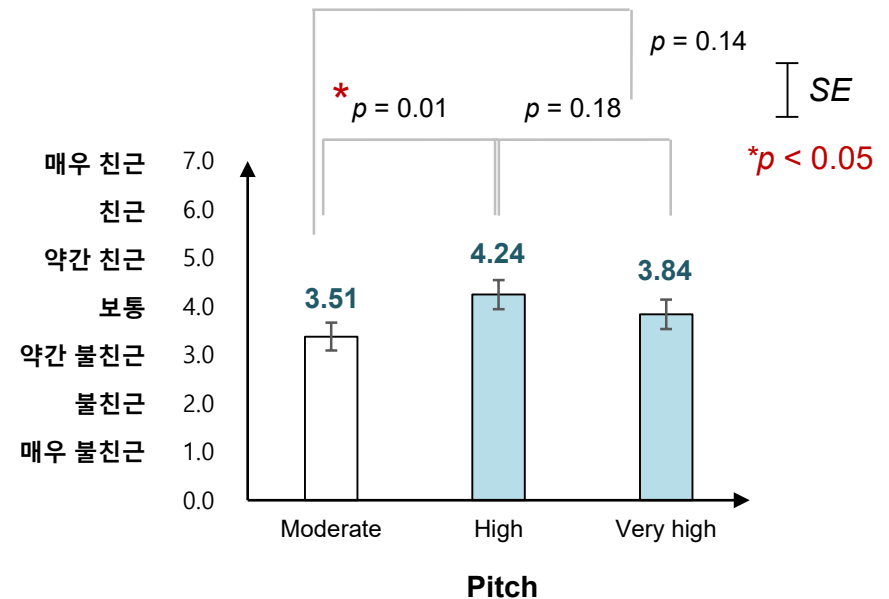
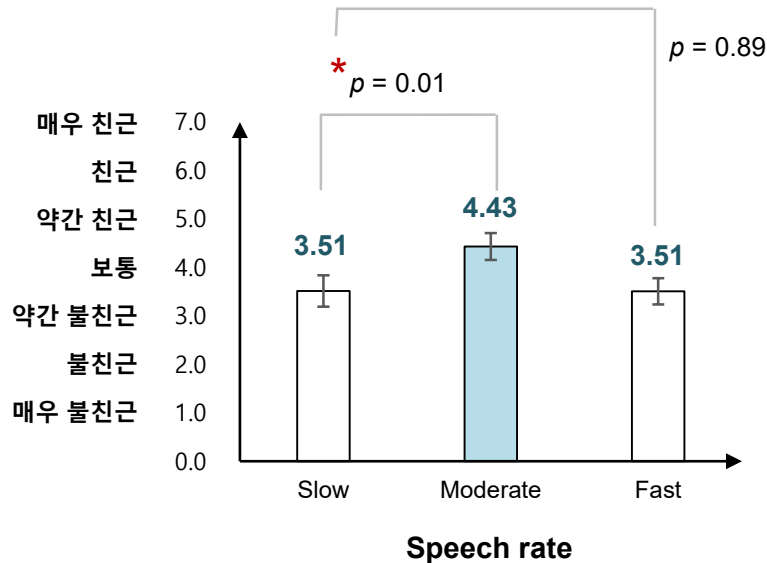
- (1) Speech rate는 **moderate speed**에서 가장 명료하지만, (2) Pitch는 **그룹간 유효한 차이 없음**

⇒ 적절한 speech rate에서 낮은 집중도를 요구하여 명료성 ↑



VUI 변화에 따른 친근감: 주관적 평가

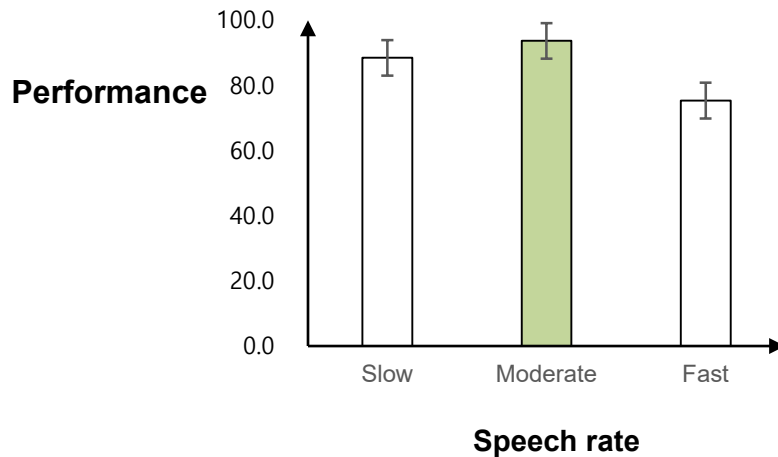
- (1) Speech rate는 moderate speed에서 가장 친근하지만,
- (2) Pitch는 high와 very high에서 친근 (두 그룹간 유효한 차이 X)



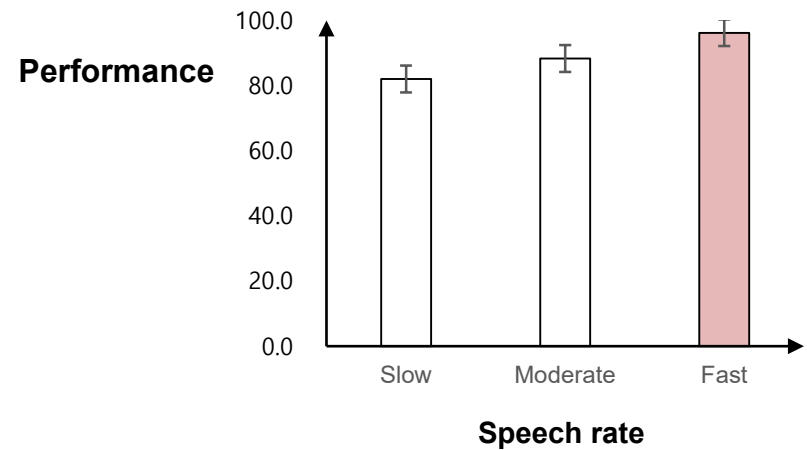
VUI 변화에 따른 Performance

- Warning 상황에서는 **speech rate가 빠를수록 performance 증가**
⇒ warning 상황에서는 **각성도가 높아져 더 빠르게 정보를 전달 받을수록 task 수행율이 증가**되었을 것으로 사료됨

Normal situation



Warning situation



Discussion

- 본 연구는 **VUI 설계요소에 대한 감성 평가**를 (1) 객관적 감성 평가 척도인 **EEG**와 (2) **주관적 평가**를 통해 평가 및 분석하였음
- (1) **Moderate** speech rate와 (2) **high** pitch에서 명료성과 친근감이 가장 높았으며 **speech rate**의 **증가**는 **집중도를 향상**시키는 것으로 평가됨

	EEG		주관적 평가	
	Arousal	Valence	Arousal	Valence
Speech rate				실험 결과 summary table 수정 후 첨부
Pitch				

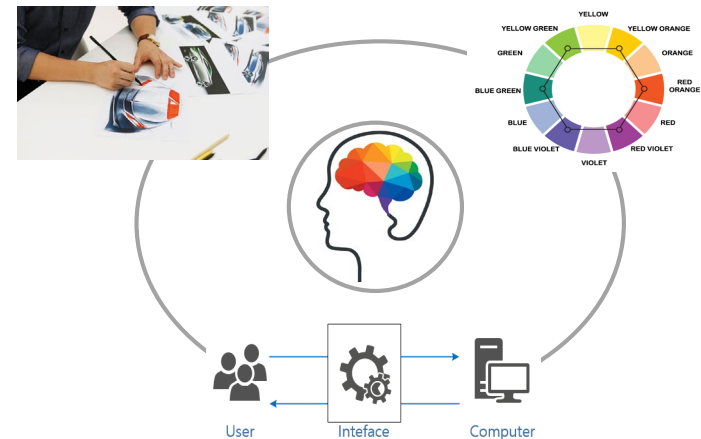
Application

- 본 연구 결과는 (1) **Speech rate**와 (2) **pitch** 측면에서, 사용자 감성을 충족시키는 **VUI 설계에 가이드 라인**이 될 수 있음
- EEG 기반, **UI 설계 요소별 감성 요인을 탐색**하여, UI 설계안에 대한 **평가와 개선에 활용**될 수 있음

사용자 감성을 VUI에 활용한 제품 예시: AI 스피커



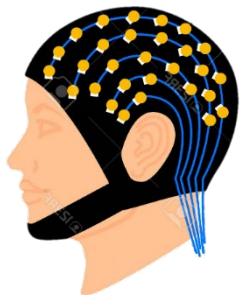
EEG 기반, 사용자 감성을 고려한 UI 설계



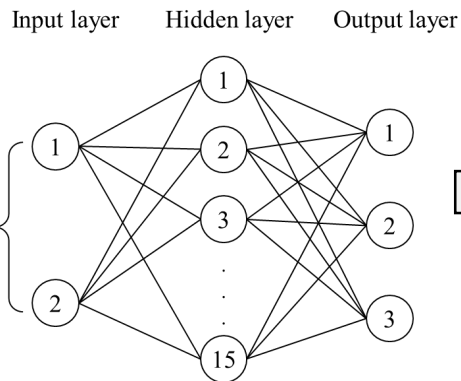
Future Study

- EEG 신호를 사용하여 **주관적 감정을 예측하는 모델 개발**
 - **Inputs:** (1) EEG 신호 정량화 척도, (2) 주관적 감정 평가 결과
 - **Outputs:** arousal (**High** vs. **Low**)과 valence (**Positive** vs. **Negative**) 측면의 **감정 추정(4-levels)**
 - **개발 방법:** logistic regression, neural network... ⇒ 데이터 확인 후 적절한 모델 선정

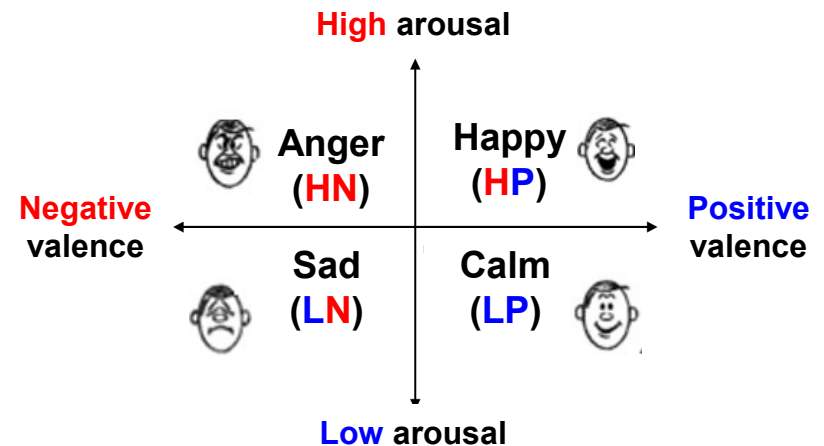
EEG



Mathematical models



감정 예측



Thank
you



본 연구는 산업통상자원부의 "미래첨단 사용자편의서비스 기반조성사업"(R0004840, 2020)의 지원을 받아 수행된 연구결과입니다.