KRISS/TR-2019-013

생체신호 기반 인간의 감성 측정가이드

Human Affect/Emotion Measurement Guide
based on Biomedical Signals

2019. 5

한국표준과학연구원

이 측정가이드는 측정·시험 절차가 없는 신제품(기술)에 대한 신뢰성 제고를 위해 개발되었습니다. 현재까지의 축적된 경험과 과학적 사실에 근거해 해당분야 전문가에 의해 작성되었고 새로운 과학적 타당성이 확인될 경우 언제든지 개정될 수 있습니다.

또한, 이 측정가이드에 기술된 내용은 권고사항으로 법적인 구속력을 갖지 않습니다. 제시된 방법은 최신의 규정과 과학적 근거를 바탕으로 기술한 것으로 추후 관련 규정 개정 및 과학의 발전으로 수정 될 수 있습니다.

이 측정가이드에 대한 의견이나 문의사항이 있을 경우 한국표준과학연구원 중소기업협력센터로 연락 주시기 바랍니다.

전화번호: (042) 868-5781

측정가이드 제·개정 이력

개정 번호	일 시	개정사유	작 성 자	
			소 속	성 명
0	2019.05	최초 제정	한 국 표 준 과 학 연 구 원	김원식
최종 제·개정 심의위원			침 례 신 학 대 학 교 한 국 전 자 통 신 연 구 원 L G 전 자 락싸기술연구소 ㈜피지오닉스	권선중 문승언 장승진 **최정미** 최형민

※ 심의위원 명단은 ‘가나다’ 순서임.

목 차

서 문 ····· **1**

개 요 ····· **1**

1. 적용범위 ····· **2**

2. 감성측정 관련 표준 ····· **2**

3. 용어의 정의 ····· **3**

3.1 피험자 ····· 3

3.2 제시자극 ····· 3

3.3 감성반응 ····· 3

3.4 생체신호 ····· 3

4. 요구사항 ····· **6**

5. 감성측정 방법 ····· **7**

5.1 피험자 ····· 7

5.2. 감성유발 자극 ····· 8

5.3 측정절차 ····· 8

5.4. 생체신호 측정장치 및 전극부착 방법 ····· 11

5.5. 성격 및 감성 평가 설문지 ····· 17

6. 데이터 세트의 구성 ····· **17**

7. 측정 데이터 분석 및 평가 ····· **18**

7.1 설문 및 뇌파 이용 성격 평가 ····· 18

7.2 설문 이용 감성평가 ····· 18

7.3 뇌파 이용 감성평가 ····· 19

7.4 자율신경계 생체신호 이용 감성평가 ····· 21

7.5 얼굴 근전도 검사 이용 감성평가 ····· 24

7.6 시선추적 이용 감성평가 ····· 24

부속서 ····· **25**

해설서 ····· **28**

참고문헌 ····· **29**

생체신호 기반 인간의 감성 측정가이드

Human Affect/Emotion Measurement Guide based on Biomedical Signals

서 문

이 측정가이드는 인간이 시청각 매체를 감상하는 동안의 심리반응에 상응하는 생체신호를 수집하여 신뢰성이 보장된 감성 측정에 사용될 기준서이다.

개 요

감성과학(感性科學, the science of emotion & sensibility, affective science)은 인간의 정서와 감정을 연구하는 과학으로서 감성의 유발·인식·행동 등에 관한 원리를 규명하고 활용하는 학문이다. 또한 환경자극에 따른 심리, 생리, 행동적 반응을 포함한 현상을 과학적으로 측정하고 분석함으로써 감성유발, 감성인식, 감성경험, 감성행동 등에 대한 법칙을 규명하며, 이 결과들을 환경이나 제품 등에 적용하여 인간에게 보다 편리하고, 심미적이고, 안락하며, 쾌적하도록 개발하려는 연구 분야이다.[1],[2]
감성과학은 한국연구재단의 학문분류 체계상 다음과 같이 5가지 소분류로 구성된다.[3]

① 감성측정/평가/이론: 감성의 이론적 기초 및 감성을 측정/평가하는 방법론 연구
② 감성심리/생리: 외부 환경에 대한 인간의 감성적 반응에 관한 심리 및 생리학적 연구
③ 감성디자인/콘텐츠: 인간에게 보다 편안하고 쾌적한 디자인을 개발하며, 감성과 관련된 다양한 콘텐츠를 개발하는 연구
④ 감성융합: 인간과 기계 간의 인터페이스, 로보틱스 등 공학적 측면 및 문화, 사회, 예술 등 감성과 관련된 다학제 간의 연구
⑤ 감성의류/산업/환경: 인간의 감성과 관련된 것으로 인간의 삶의 질을 높이기 위한 의류, 제품, 주거, 환경 등을 구현하는 연구

한편, 감성공학(感性工學)은 외부의 물리적 자극에 반응하는 감각이나 지각으로 인해 인간 내부에서 일어나는 복합적인 감성을 과학적으로 측정하고 분석하여 이를 제품이나 환경설계에 응용해 편리하고 안전하며 더 나아가 인간의 삶을 쾌적하게 하는 학문이다. 감성공학은 학제적인 특성상 인문사회과학, 공학, 의학 등의 광범위한 영역에 걸쳐있다. 감성공학의 기술체계는 크게 감성공학 기반 기술과 감성제품 기술로 구분된다. 감성공학의 근간을 이루는 기반 기술로는 감성의 특성을 파악하고, 감성을 정량적으로 측정하고 평가하는 감성요소 기술과 이렇게 형성된 감성공학기술과 연계해 직접 응용될 수 있는 제품설계 기술로 대비된다.

국내에서는 한국표준과학연구원(Korea Research Institute of Standards and Science: KRISS)이 주관기관이 되어 G7 과제로서 감성공학기반기술사업(1995-2002)을 수행한바 있다. 감성의 측정에는 정서의 측정에 사용되는 방법들을 그대로 도입하여 사용할 수 있고, 다음과 같이 대별되는 세 가지 방법이 있다.[4]

o 내적 상태를 기술하는 형용사 어휘 또는 척도를 사용하는 방법 (심리반응)
o 계측기를 사용하여 생리적 변화를 측정하는 방법 (생리반응)
o 표정과 제스처를 토대로 내적 상태를 추론하는 방법 (행동반응)

국가측정표준 대표기관으로서의 한국표준과학연구원은 'KRISS 산업지원 측정가이드 개발사업'을 통하여 인간이 느끼는 감성의 정의에 근거하여 시청각 자극체로부터 피험자가 느끼는 감성을 생체신호 기반으로 측정하는 방법을 제안한다.

1. 적용범위

이 측정가이드는 시청각 매체를 감상하는 피험자의 심리반응에 상응하는 생체신호를 측정하여 감성을 평가하는데 적용될 수 있다. 구체적으로 시청각 매체를 감상하는 피험자가 어떤 장면에서 얼마나 쾌 또는 불쾌하게 되고 얼마나 각성 또는 이완하게 되는지를 판단하기 위하여 피험자로부터 뇌파, 심전도, 호흡 등의 생체신호를 측정하여 감성을 평가하는 절차를 수록하고 있다. 만약, 제시자극이 시청각 매체가 아닐 경우(예: 후각, 미각, 촉각 등), 제시자극을 정량적으로 제어 가능하다면, 생체신호 전문가의 지도하에 이 측정가이드를 적용 가능하다.

2. 감성측정 관련 표준

감성측정분야의 국제표준 또는 단체표준 규격은 아직 없으나 이와 관련된 인간공학분야의 국제표준 규격은 아래와 같다.

O **ISO/TC 159 (인간공학)의 SC1(기본원리)**

2.1 ISO 6385(작업 system 설계를 위한 인간공학의 원칙) 제정(1981년)
- 적절한 작업 system을 설계하기 위한 지침을 제시

2.2 ISO 10075(정신적 부하에 관한 인간공학적 원칙 - 일반용어 및 정의) 제정(1991년)
- 정신적 작업부하(mental stress)가 증대하여, 그 대처를 위하여 ISO 6385를 개정한 것임
- ISO 6385 개정작업의 중점은, 작업자의 안전, 건강, well-being 이 우선되며, 또한 작업에 의해서 생기는 건강장해(negative health)를 막을 뿐만 아니라, 보다 적극적인 건강에 좋은 영향(positive health)을 촉진하는 것임

3. 용어의 정의

이 측정가이드에서 사용되는 용어의 정의와 감성측정에 필요한 기초사항을 아래에 요약하였다.

3.1 피험자(participants)

생체신호 기반 감성측정 실험에 자발적으로 참여하는 사람을 뜻한다.

3.2 제시자극(stimulus)

생체신호 기반 감성측정 실험에서 피험자에게 감성유발을 위하여 제시되는 자극(예: 사진, 동영상 등의 시청각 매체 등)을 뜻한다. 시각 제시자극으로서 국제정서사진체계(international affective picture system: IAPS)가 심리학 연구에 세계적으로 널리 활용되고 있다.

3.3 감성반응

제시자극에 의하여 피험자에게 유발되는 감성반응으로서 심리, 생리, 행동 반응이 있다

3.3.1 심리반응

제시자극에 의하여 피험자가 느끼는 심리반응으로서 모든 감성 심리반응은 2차원 감성평면(X축: 쾌-불쾌, Y축: 각성-이완)에 나타낼 수 있다.

3.3.2 생리반응

제시자극에 의하여 피험자가 느끼는 심리반응에 상응하여 나타나는 생리적 반응(예: 뇌파, 심전도, 호흡, 맥파, 피부전기활동, 피부온도 등)을 뜻한다.

3.3.3 행동반응

제시자극에 의하여 피험자가 느끼는 심리반응에 상응하여 나타나는 행동적 반응(예: 얼굴표정, 시선방향 등)을 뜻한다.

3.4 생체신호(biomedical signals)

유발된 감성에 상응하여 시간에 따라 변하는 뇌파, 심전도, 호흡, 피부전기활동 등을 뜻한다.

3.4.1 뇌파(electroencephalogram: EEG)

뇌파란 뇌 신경세포들의 정보 전달과정에서 발생되는 전압 변동을 머리 표면에 부착시킨 전극을 사용하여 비침습적으로 측정한 전기신호이다. 뇌파는 매우 복잡한 패턴으로 진동하는 파형형태로 나타나므로(주파수대역: 대략 0.5-100 Hz, 진폭: 대략 10-200 μV), 뇌파 파형 그대로를 시각적으로 관찰하는 것보다는 주파수에 따른 power spectral density (μV^2/Hz)를 분석한다. 전극부착위치 각각에서 뇌파의 분석은 뇌파가 특정 주파수로 진동하는 단순 진동들의 선형적 결합이라 가정하고, 각각의 주파수 성분으로 분해하여 주파수대역별 power (μV^2) 크기를 비교함으로써 전극부착위치 서로간의 상대적 활성화 정도를 평가할 수 있다. 뇌파의 주파수 대역별 명칭은 델타파 영역(0.5-4.0 Hz), 쎄타파 영역(4.0-8.0 Hz), 알파파 영역(8.0-13.0 Hz), 베타파 영역(13.0-30.0 Hz), 감마파 영역(30.0-100 Hz)으로 구분된다(그림 1 참고).

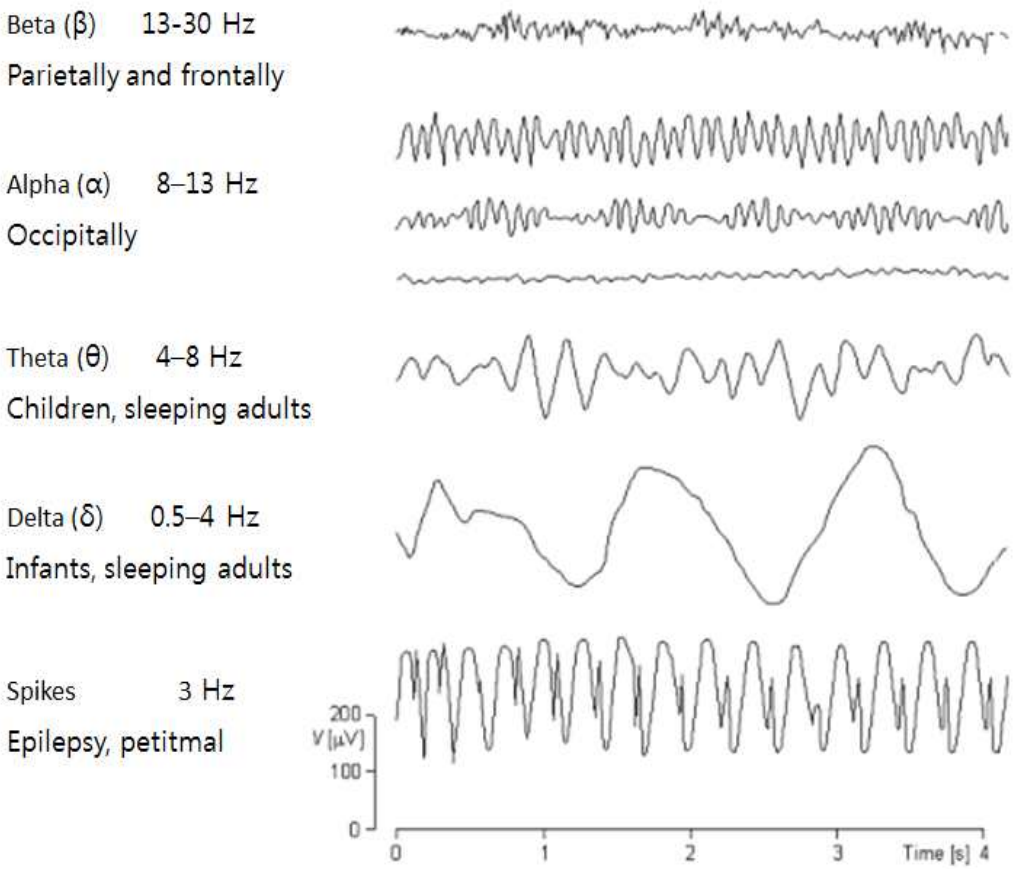


그림 1. 주파수 대역별 뇌파 특징

3.4.2 자율신경계 생체신호

자율신경계는 육체적/정신적 자극으로부터 생체 항상성(homeostasis)을 유지하기 위하여 자율적 반응을 한다. 이 과정에서 자율신경계를 구성하는 교감신경계와 부교감신경계는 길항작용을 하며 심장박동은 이러한 자극에 복합적으로 반응하여 심혈관시스템을 자기조직화(self organization) 한다. 자율신경계 생체신호를 측정하여 2차원 감성을 구성하는 각성도 평가가 가능하다.

3.4.2.1 심전도(electrocardiogram: ECG)

심장의 전기적 활동을 피부표면에 부착한 전극으로 측정한 전기신호이다. 전압범위는 대략 0.5-4 mV, 주파수 범위는 대략 0.01-250 Hz이며 P, Q, R, S, T의 5개 파형으로 구성된다(그림 2)[1].

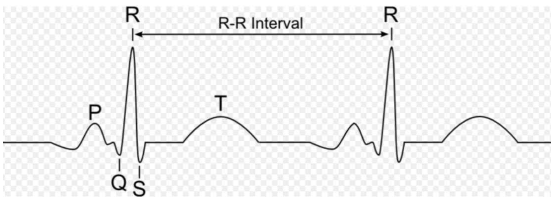


그림 2. 심전도(1 cycle)

▣ **심박수(heart rate: HR):** 단위시간당 심장박동 횟수로서 자율신경계의 교감 및 부교감 신경계의 영향을 받으며, 교감신경계가 활성화될수록(긴장·각성 상태) 빨라진다. 심전도에서 R-피크를 검출하여 1분당 피크수로 표현한다.

3.4.2.2 피부 전기 활동(electrodermal activity: EDA)

EDA는 피부의 전기적 특성이 연속적으로 변하도록 하는 인체의 속성이다. EDA는 galvanic skin response (GSR)로도 표현되며, 단조하게 변하는 피부전도레벨(skin conductance level: SCL)과 외부 자극들에 의하여 급격히 변하는 피부전도반응들(skin conductance responses: SCRs)로 구성된다. 교감신경계에 의하여 조절되는 땀샘의 활성화에 의존하는데, 높은 각성상태로 교감신경계가 활성화되면 땀샘의 활성도가 증가하게 되므로 피부전도도가 증가한다.

3.4.2.3 피부온도(skin temperature: SKT)

각성상태로 교감신경계가 활성화되면 모세혈관이 수축되어 혈류량이 줄어들므로 SKT는 감소하며 이완상태에서는 부교감신경계가 활성화되고 모세혈관이 확장되어 혈류량이 늘어나므로 SKT는 증가한다.

1) https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ecg.png

3.4.2.4 광 혈량도(photoplethysmogram: PPG) 및 맥파(pulse wave)

PPG는 광을 이용하여 모세혈관 내부의 혈액 용적 변화를 나타낸 것이다. 심장은 수축시 혈액을 말초혈관 쪽으로 펌프질한다. 이 압력파가 시간이 지남에 따라 감쇠되지만 피부에 도착하여 피하조직 내부의 동맥과 소동맥을 팽창시키기에 충분하다. 압력파에 의한 혈액 용적의 변화는 light emitting diode로 피부를 비추고 투과 또는 반사된 빛의 양을 포토다이오드로 검출이 가능하다. 한편, 맥파는 심장이 혈액을 순환시킴에 따라 발생하는, 혈관의 용적 변화를 나타내는, 파동이다. 맥파는 심장의 동작, 혈관벽의 성상, 혈관 내의 압력에 의해 좌우되며 PPG로 측정가능하다.

3.4.2.5 호흡성 동성부정맥(洞性不整脈) (respiratory sinus arrhythmia: RSA)

심장에 이상은 없으나 호흡 변화에 의한 맥박의 불규칙적 변화를 나타내는 부정맥이다. 흡기 시에는 교감신경이 항진되어 심박수가 증가하고, 호기 시에는 부교감신경이 항진되어 심박수가 감소한다.

4. 요구 사항

시청각 매체에 대한 피험자의 감성을 실시간·객관적으로 측정하기 위해서는 생체신호 측정장치를 이용해야하고 측정방법을 포함하는 연구계획서는 기관윤리심의위원회(institutional review board: IRB)를 통과해야하며 연구책임자는 IRB 교육을 수료해야하고, 피험자는 연구계획서의 내용을 이해하고 자발적으로 참여함을 입증하는 동의서에 서명해야 한다. 또한, 주관적으로 어떻게 느꼈는지를 확인하기 위한 리뷰 설문이 포함되어야 하며 연령대, 성별, 인종, 문화, 개인의 성격 등에 따라 서로 다른 감성을 느낄 수 있으므로 이러한 요인들을 고려하여야 한다.
측정실은 동영상을 감상할 수 있는 충분한 공간으로서 피험자에게 쾌적한 온열감을 제시할 수 있도록 온도조절이 가능하며, 소음이 차폐되어야 하고, 광센서에 영향을 주지 않도록, 그리고 시청각 매체에 집중할 수 있도록 조명 제어가 가능하며, 뇌파 등 생체전기신호 측정에 영향을 줄 수 있는 전자파 영향이 무시될 수 있어야 한다. 동영상 시스템은 컴퓨터로 제어 가능하여 측정되는 생체신호와 동기 시킬 수 있어야 한다. 동영상을 제시하는 동안 측정실 내부에는 피험자만 있어야하고 피험자의 거동을 외부에서 모니터링 할 수 있어야하고 비상시 피험자가 외부로 연락할 수 있도록 비상벨 시설을 갖추고, 제시되는 동영상과 측정되는 생체신호를 각각 외부에서 모니터링 할 수 있는 시설을 갖추어야 한다. 또한, 동영상을 시청 후 리뷰설문작성에 도움을 주기 위하여 피험자 각자가 독립적으로 리뷰 할 수 있는(컴퓨터의 화면 등을 이용한) 리뷰 시스템을 갖춰야 한다.
마지막으로, 상기 요구조건에 따라 측정하여 생산된 데이터의 신뢰성을 객관적으로 평가할 수 있는 평가방법 및 절차서가 확보되어야 한다.

5. 감성측정 방법

5.1. 피험자

피험자 모집시 안내문에 생체신호 기반 감성측정 방법에 대하여 간략히 소개하고, 관심 대상의 모집단을 대표할 수 있는 표본집단의 요건(예: 성별, 연령대, 우측 손잡이, 교정시력 및 청력의 정상, 약물 복용자/부정맥 환자/정신적 병력자 제외 등), 측정 전날 충분한 수면, 측정 당일 머리 감고, 카페인 자제(최소 4시간 전부터) 등을 명시한다. 고려 대상의 실험 목적에 따른 최소 피험자 수는 G-power를 이용하여 아래 그림 3과 같이 실험디자인 및 분석기법, 효과크기(f 또는 d=2f), 1종 오류(α), 검정력(1- β) 등을 입력하여 구한다.[5] 피험자의 인권을 보호하기 위하여 실험에 대하여 설명하고 피험자 비용 등 적절한 보상을 해야 하며, 피험자로부터 자발적 참여의사 동의서를 받아야 한다.

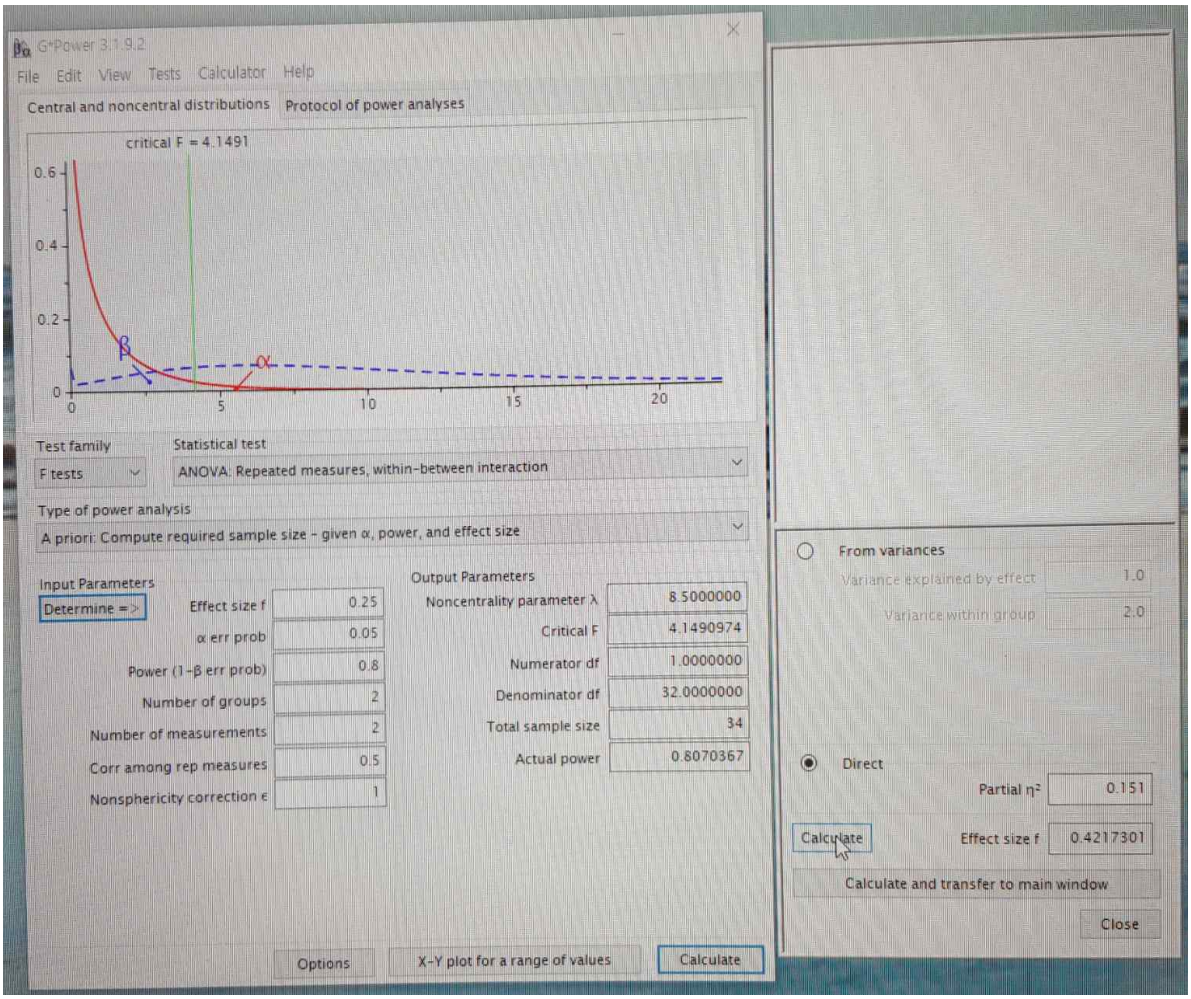


그림 3. 고려 대상의 감성실험에 필요한 최소 피험자수(sample size) 계산방법

5.2. 감성유발 자극

Russel 등은 사람이 느끼는 모든 감성을 나타낼 수 있는 그림 4와 같은 2차원 감성평면(X축: 쾌-불쾌, Y축: 각성-이완)을 제안하였다.[6],[7] 감성 유발을 위한 시청각 제시자극은 2차원 감성평면 상의 4가지 감성 영역, 즉, I사분면(쾌/각성), II사분면(불쾌/각성), III사분면(불쾌/이완), IV사분면 (쾌/이완)으로 구성하여 random하게 제시해야 하며 각각의 시청각 제시자극 직후에는 중성적(neutral) 동영상으로 이전의 감성을 wash-out 해야 한다.

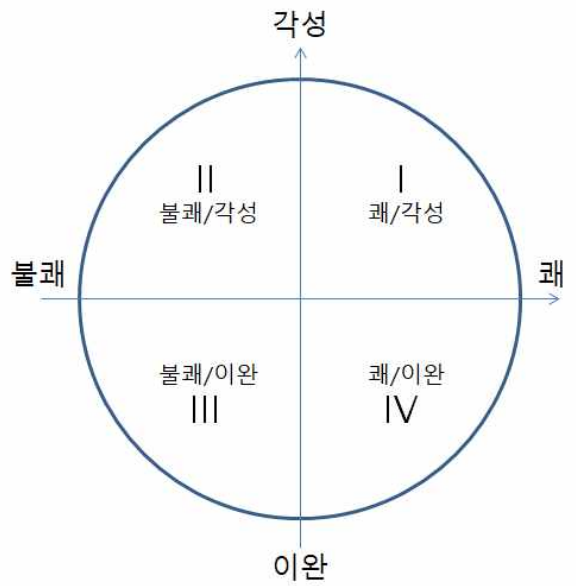


그림 4. Russel 등이 제안한 2차원 감성평면

5.3 측정절차

실험은 '안정상태 세션, 자극제시 세션, 리뷰설문 세션' 으로 구성한다.

5.3.1 안정상태(baseline) 세션

생체신호 전극을 부착하고 내적/외적 자극이 없도록 하고 잡념을 버리고 움직임 없이 눈을 가볍게 뜬 상태로 시선은 정면을 향하고(영상매체는 없으나 영상매체를 바라보는 조건과 동일하게) 편안한 상태를 유지한다. 안정상태(무념무상)에서 모니터링 카메라 또는 생체신호를 분석하여 피험자가 졸음상태 또는 불성실한 행동 등으로 판단되면 그 피험자의 데이터를 이상치(outlier)로 처리하거나 예상 밖의 감성반응에 대한 원인 규명을 하는데 필요한 정보로 활용한다. 안정상태에서 전전두엽의 비대칭성을 분석하여 개인성격 평가에 활용하며, 측정된 생체신호들은 자극제시 세션의 감성반응 생체신호들에 대한 대조데이터(control data)로 활용한다.

5.3.2 자극제시 세션

자극제시 세션에서의 시청각 제시자극 방법은 그 목적이 제품(시청각 매체 등)에 대한 감성을 평가하는 경우와 감성을 측정하는 장치의 성능을 평가하는 경우에 따라 서로 다르다. 전자인 경우에는 그 제품 또는 시청각 매체에 대한 감성을 측정/평가하면 되지만, 후자인 경우에는 2차원 감성평면의 4개 감성영역 각각을 대표할 수 있는 감성유발 자극을 랜덤하게 제시해야한다. 예를 들면 IAPS 정서사진 체계를 사용할 경우 4개 감성 각각의 영역에 5개씩 할당되도록 총 20개의 감성 유발용 사진을 random 순서로 각각 10초간 제시한다. 즉, 총 20개(4x5=20)의 사진 각각이 10초간 제시될 때 마다 곧바로 감성평가를 약 5초간 수행 후, 10초간 중성적(neutral) 동영상으로 이전의 감성을 wash-out 한 뒤에, 그 다음 사진이 제시되므로 1개 사진 당 약 25초가 소요된다. 따라서, 20개 자극 제시와 그에 따른 감성평가 및 wash-out 시간을 모두 합하면 약 500초(20x25초= 500초)가 소요된다. 자극체로부터 느끼는 감성반응에 상응하는 생체신호가 수집되어야 하므로 피험자들이 자극체에 집중하도록 해야 한다. 자극제시 세션동안 동(動) 잡음이 발생되지 않도록 가능한 움직이지 않도록 해야 하며(특히 전극이 부착된 부위), 눈 깜빡임 등을 최대한 자제할 것을 요구해야한다 .

아래 그림 5의 사진들에서 2차원 감성평면 I상한의 것들은 한국인 정서에 맞도록 수정한 것이고 II, III, IV영역의 것들은 IAPS에서 인용하였다. 즉, 감성은 개인의 과거 경험/문화 등에 의존하므로 동일한 제시자극에 대하여도 서로 다른 감성을 느낄 수 있으므로 피험자의 주관적 감성평가를 반드시 실시하여 제시자극 선정 또는 평가에 반영해야한다. 또한 통계적 유의성 검증이 필요하므로 피험자들은 집단내 또는 집단간 인구학적 특성뿐만 아니라 문화/경험/교육수준 등도 동질 하도록 모집해야한다.

그림 5. 2차원 감성영역별 감성유발을 위한 시각제시용 사진(예)

5.3.3 리뷰 설문 세션

제품 또는 모니터를 통하여 자극제시 세션에서 자극체로부터 느꼈던 감성을 설문지에 표시하도록 한다. 필요시 자극체와 관련된 구체적 사항을 설문에 포함시킨다(예를 들면 자극체의 어떤 특징이 어떤 감성을 유발시켰는지, 피험자가 고려하고자 하는 모집단을 대표할 수 있는지 등의 문항들을 포함시킴). 주관적으로 느꼈던 감성을 평가하기 위한 리뷰설문지는 안정상태 직후와 각각의 제시자극 직후에 실시한다. Russel 등이 제안한 2차원 감성평면과 Affect Grid를 참고하여,[6,7,8] 본 감성측정 가이드를 통하여 개발한 아래 그림 6과 같이 쾌-불쾌(X축) 및 각성-이완(Y축)의 2차원 감성평면 위의 방사상 형용사 5점 척도를 제안한다. 사용 방법은, 현재 느껴지는 감성과 가장 유사한 형용사 척도의 축을 선택한 뒤 그 느낌의 강도가 클수록 반경이 큰 등고선 지점에 'O' 표를 한다. 예를 들면, 자극체로부터 느껴지는 감성이 신이 나고 그 강도가 보통 보다는 크지만 아주 크지는 않다면(신이난/의기양양한, 4점) 아래 그림 6(빨강색 원)과 같이 마킹한다.

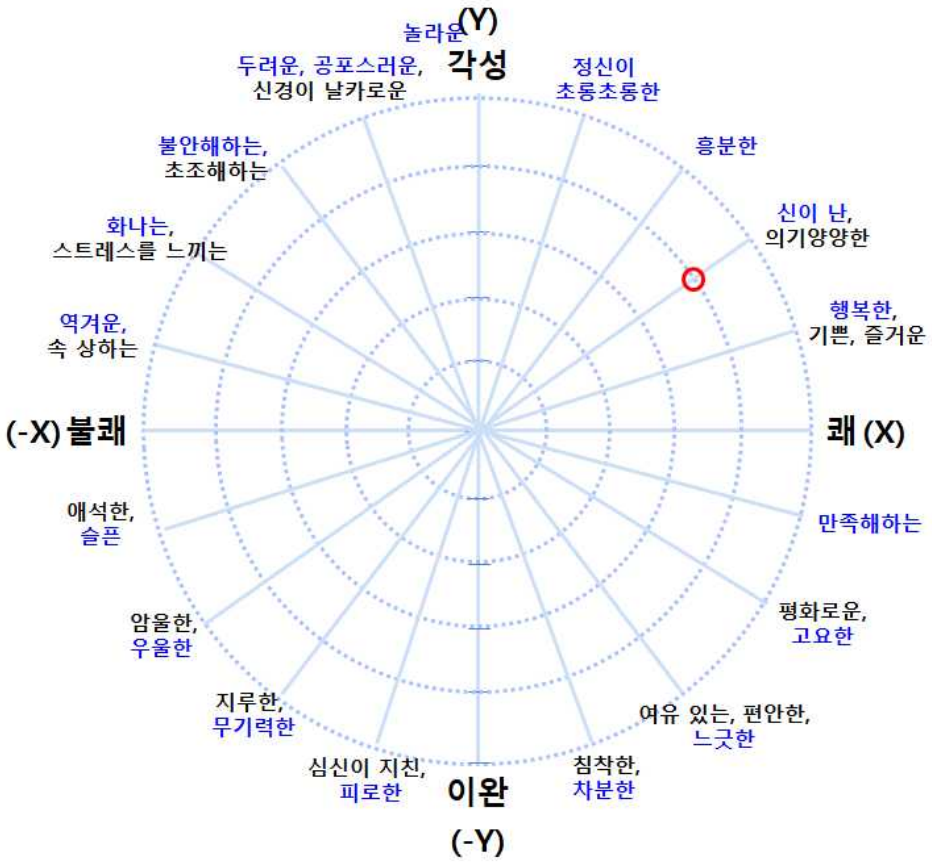


그림 6. 방사상 5점 척도의 2차원 감성평가 설문지

5.4. 생체신호 측정장치 및 전극부착 방법

생체신호는 뇌파(EEG) 3채널(Fp1, Fp2, P4), 안전도(EOG) 1채널, 심전도(ECG) 또는 광혈량도(PPG) 1채널, 얼굴근전도(fEMG) 2채널, 피부전기활동(EDA) 또는 피부온도(SKT) 1채널, 호흡 1채널, 시선추적(eye tracking) 1채널 측정을 권장한다. 또한, 생체신호는 매우 미약하므로 증폭기를 사용해야 하며, 전자파 잡음 등을 제거하기 위하여 적절한 필터링 기능을 갖춰야 한다. 생체신호 측정 전극들은 안정 상태 세션 시작 전에 부착한다(그림 7).

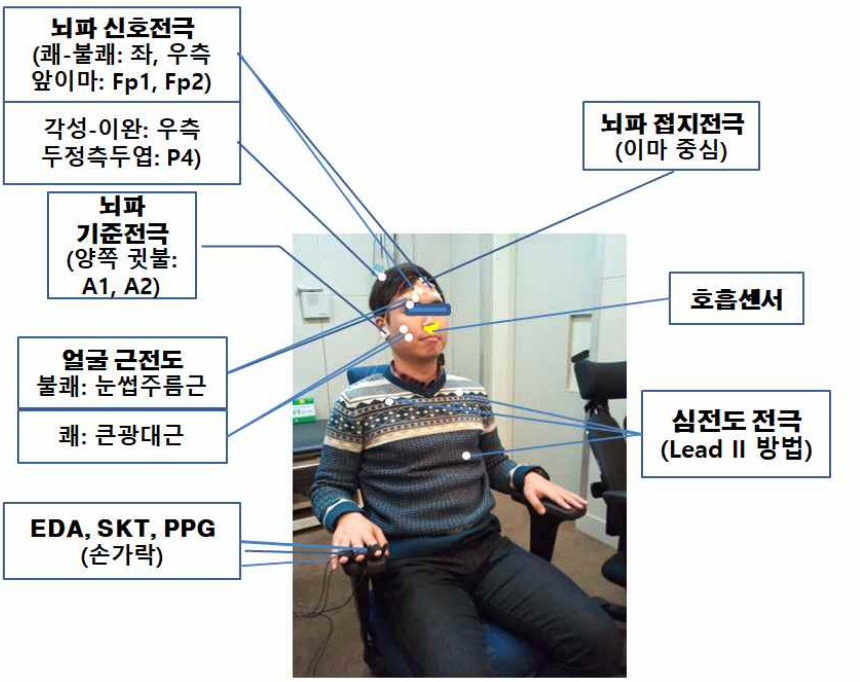


그림 7. 감성반응 생체신호(뇌파 및 자율신경계) 측정장치 및 측정장면

5.4.1. 뇌파(EEG)

뇌파의 전극은 10-20 전극시스템(그림 8 참고)에 따라 아래와 같이 전도성크림 등을 이용하여 전극 간 임피던스가 뇌파측정이 가능하도록 충분히 작도록(예: 10 kΩ 이하) 부착한다. 각각의 전극 부착 위치에서 뇌 피질의 활성화 정도는 알파파 영역의 power에 반비례한다.[9,10,11,12]
(측정범위(두피전극): 5-300 μV; dc-150 Hz)

- 신호전극 3채널: 쾌-불쾌(Fp1, Fp2), 각성-이완(P4)
- 기준전극: A1(좌측 귓불)과 A2(우측 귓불)를 연결
- 접지전극: Fz(이마 중앙)

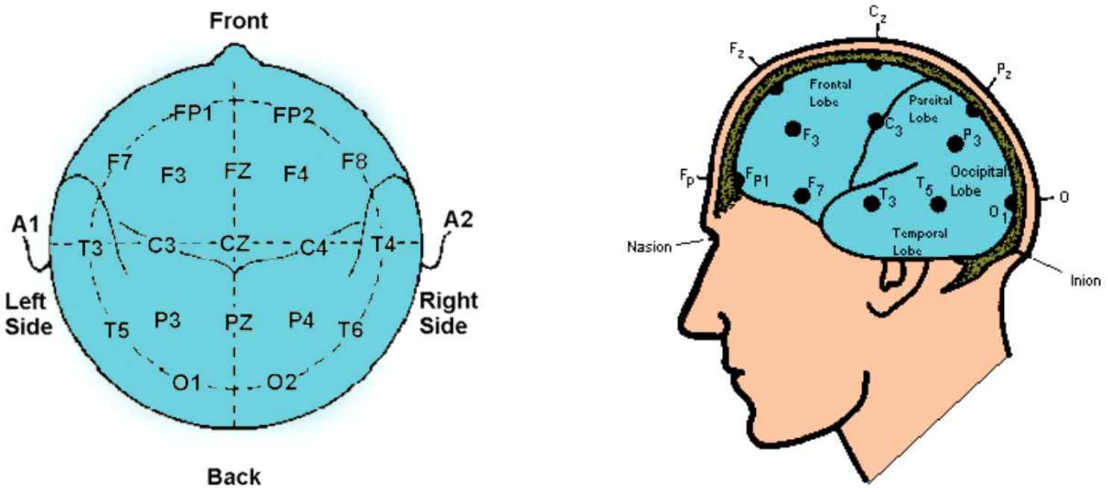
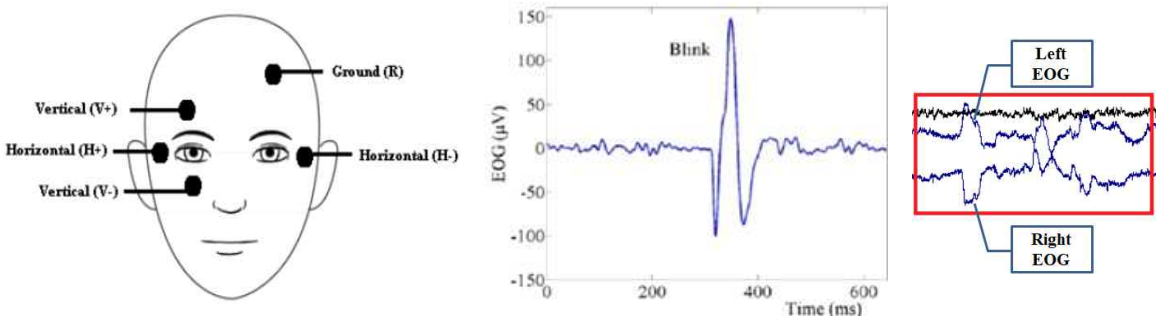


그림 8. 국제적 뇌파 전극배치 기준 (The International 10-20 System)

5.4.2. 안전도(electrooculogram: EOG)

눈은 각막(양극 전압)과 망막(음극 전압) 사이의 쌍극자 역할을 하여 눈알 주위에 전기장을 형성한다. 눈의 깜빡임을 측정하기 위해서는 눈의 아래와 위에, 눈의 좌우 움직임을 측정하기 위해서는 눈의 양쪽 끝 옆에 그림 9와 같이 전극을 부착한다(측정범위(피부전극): 0.05-3.5 mV; dc-50 Hz).



(a) 전극 위치[2)]　　(b) 안전도(좌: 눈 깜빡임[3)]; 우: 눈 움직임[4)])

그림 9. 안전도 전극위치 및 파형

---

2) http://www.alliedacademies.org/articles/a-reviewclassification-of-electrooculogram-based-human-computer-interfaces-9877.html

3) https://www.researchgate.net/figure/The-EOG-signal-for-the-blinking-and-up-gaze-motion_fig3_272659609

4) https://en.wikipedia.org/wiki/Electrooculography

5.4.3. 심전도(ECG)

감성평가를 위하여 자율신경계의 교감 및 부교감 신경계가 반영된 R-R interval 변화(심박변이도)를 분석해야하므로 R-피크가 크게 측정되어야 한다. 이를 위해서는 그림 10과 같이 Einthoven's triangle Lead II 방식에 따라 부착한다(측정범위(피부전극): 0.5-4 mV; 0.01-250 Hz).

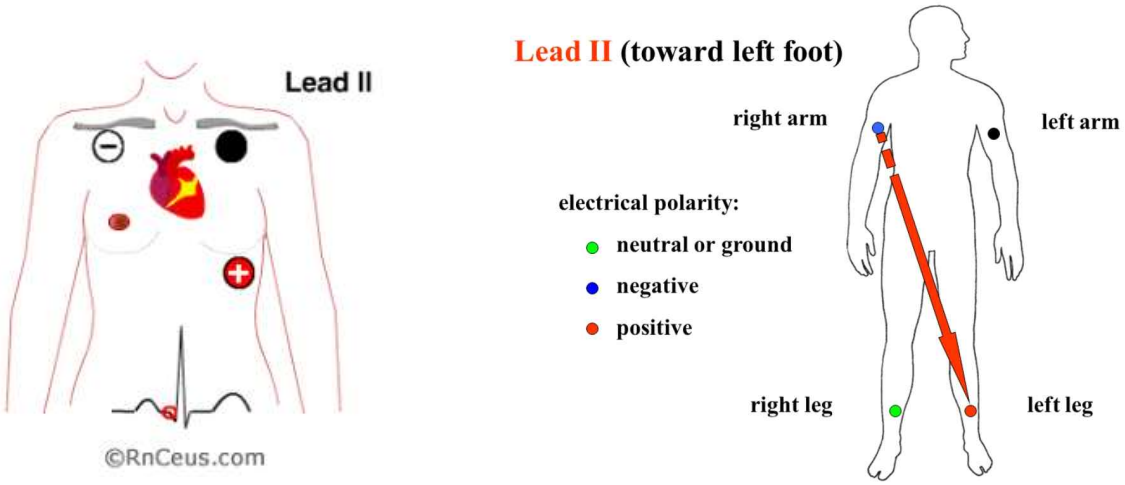
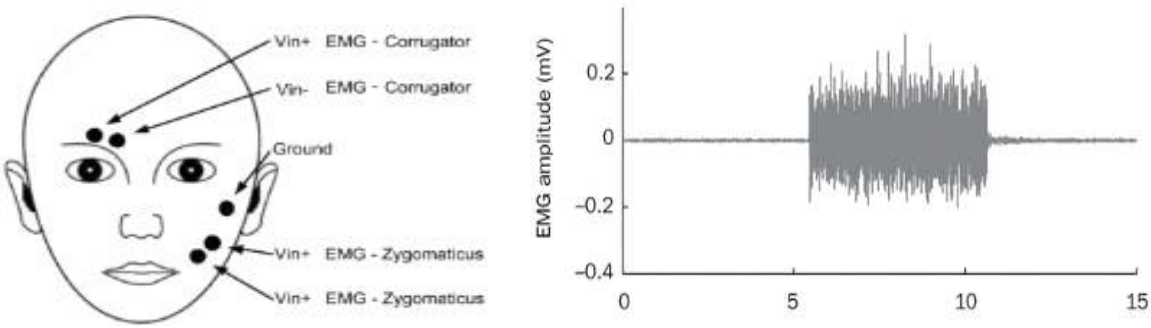


그림 10. 심박변이도 측정을 위한 심전도 전극부착 위치

5.4.4. 얼굴 근전도 검사(facial electromyography: fEMG)

감성과 관련된 얼굴의 근육 섬유가 수축시 발생되는 작은 전기 임펄스를 검출하여 증폭함으로써 얼굴의 근육 활동을 측정하는 기술이다. 얼굴의 눈썹주름근(불쾌 측정용)과 큰광대근(쾌 측정용) 주위에 근전도(electromyogram: EMG) 전극을 부착한다(그림 11).



(a) 전극부착 위치[5)] (b) 전형적인 얼굴 근전도[6)]

그림 11. 얼굴 근전도 전극위치 및 파형

5) https://www.biopac.com/events/record-great-facial-emg-data/

6) http://www.journalofadvertisingresearch.com/content/57/1/28.figures-only

5.4.5 피부 전기 활동(EDA)

EDA 검사 장치는 몸으로 약간의 전류를 흘려보내어 피부 위의 두 점 사이의 전기 전도도를 측정한다. 교감신경계의 활성화에만 선택적으로 반응하는데, 긴장(각성)하게 되어 교감신경계가 활성화되면 피부표면의 땀샘이 활성화되어 전도성이 증가하여 EDA가 증가한다(그림 12). 전형적인 단위는 microsiemens (μS) 또는 micromho (μmho) 이며 1 μS = 1 μmho 이다. 그림 13(좌)에 손가락 2개를 이용하여 EDA 센서를 스트리퍼로 부착하였다. EDA 장치는 정확히 기준값을 보정(calibrate) 했을 때 미미한 차이를 감지할 수 있다.

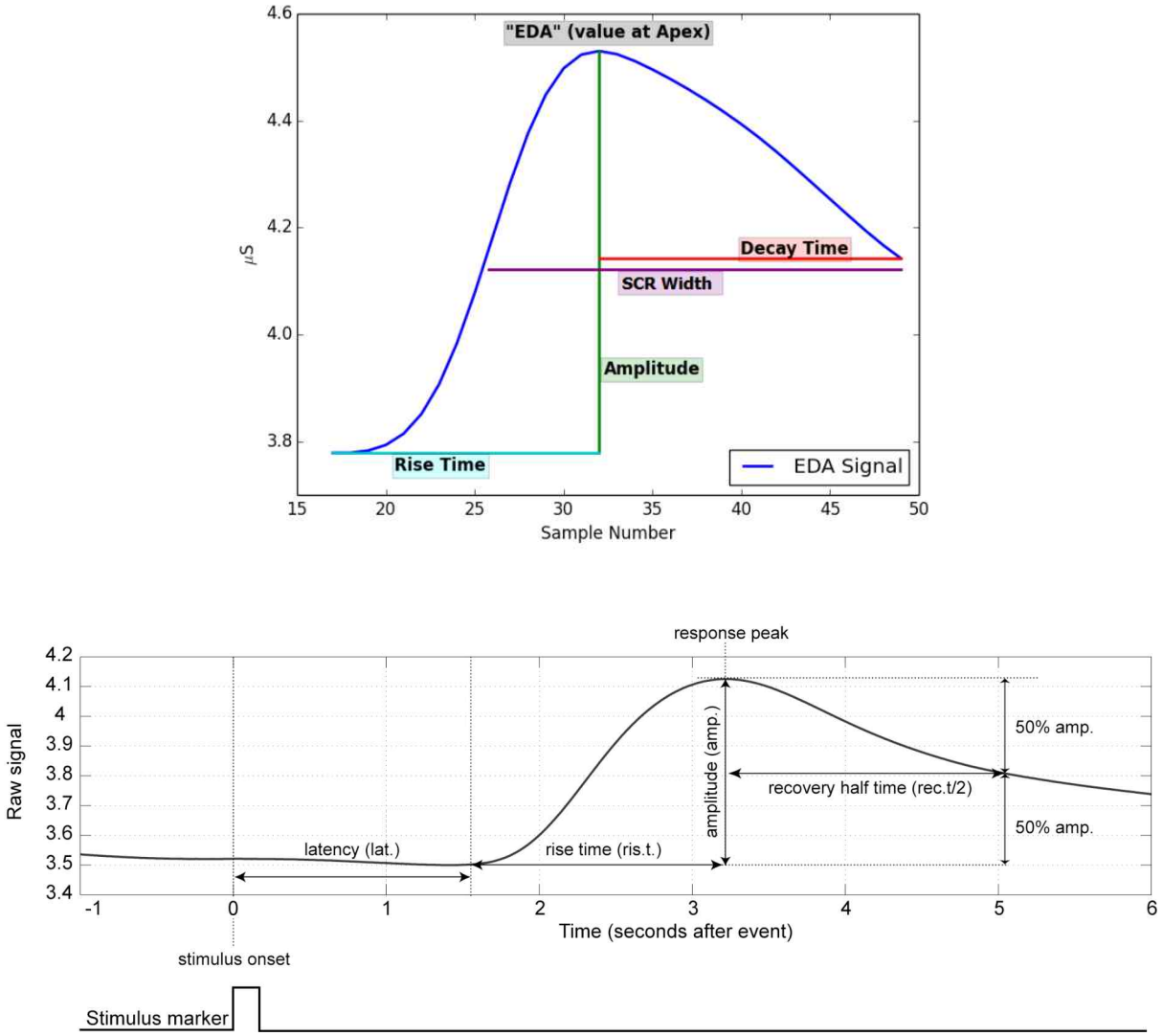


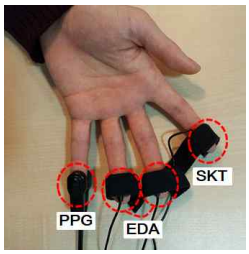
그림 12. 피부 전기 활동[7),8)]

7) http://eda-explorer.media.mit.edu/static/SCR_withFeatures.png

8) http://ryanomurphy.com/resources/Figner-Murphy-2010.pdf

5.4.6 피부온도(SKT)

좌측 또는 우측 손가락에 피부온도 센서를 그림 13(좌)와 같이 접착성 스트리퍼로 부착한다. 그림 13(우)에 신체의 서로 다른 위치에서 주위 온도 변화에 따른 피부온도를 나타내었다.[9)]



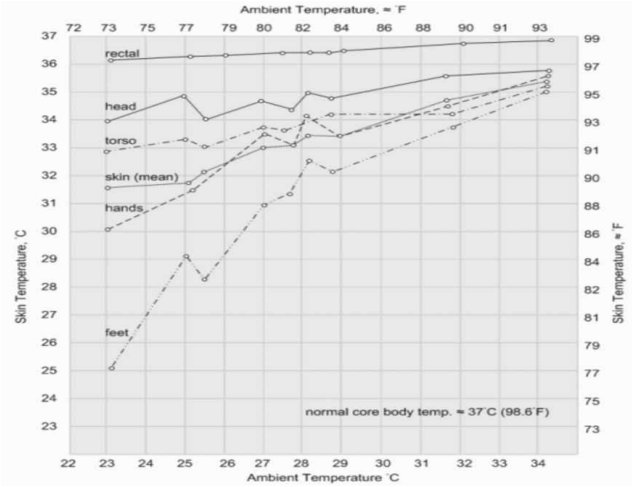


그림 13. 자율신경계 센서 부착(좌) 및 피부온도(우)

5.4.7 광 혈량도(PPG) 및 맥파

좌측 또는 우측 손가락(그림 13(좌)) 또는 귓불에 PPG 센서를 접착성 스트리퍼 또는 집게로 부착한다. 즉, 심장박동에 의한 모세혈관 내부의 혈액 용적변화가 PPG로 나타나므로 맥파(pulse wave) 측정에 사용될 수 있으며, PPG의 피크 간격 변화를 측정하여 심박변이도를 분석할 수 있다. 아래 그림 14는 손가락에서, 그림 15는 귓불에서 각각 측정한 전형적인 PPG이다.

그림 14. 손가락에서 측정된 전형적인 PPG

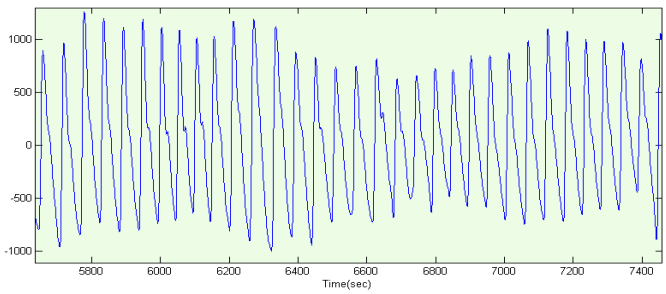


그림 15. 귓불에 PPG 센서 부착(좌) 및 측정된 전형적인 PPG 파형(우)[10)]

9) https://www.researchgate.net/figure/Skin-temperatures-on-different-parts-of-a-nude-person-measured-at-different-ambient_fig4_326752495

5.4.8 호흡성 동성부정맥(RSA)

심전도 전극을 그림 10과 같이, 호흡센서(thermistor)를 코 밑에 그림 16(좌)과 같이 각각 부착한다. 들숨 시에는 thermistor 온도가 감소하고 교감신경이 항진되어 심박간격이 짧아지고 날숨 시에는 온도가 증가하고 부교감신경이 항진되어 심박간격이 길어진다. 35초 부근에서 호흡성 동성 부정맥이 나타났다(그림 16(우)).

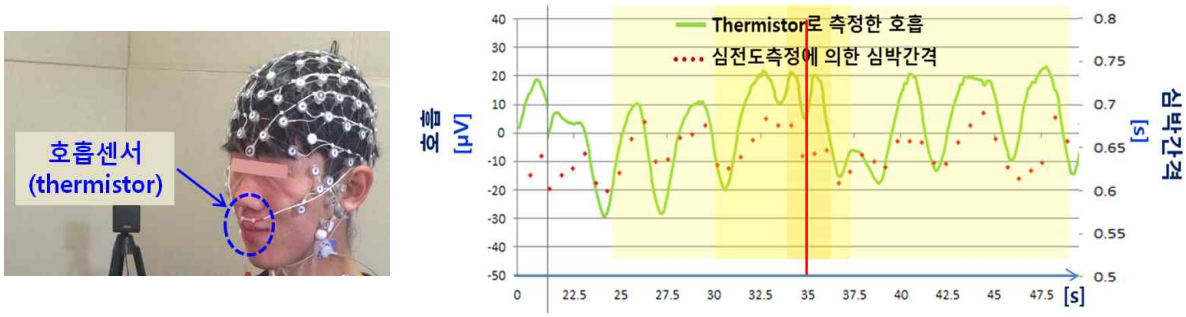


그림 16. 호흡센서 부착 위치(좌) 및 호흡에 의한 thermistor 온도와 심박간격 변화(우)

5.4.9 시선추적(eye tracking)

관심 있는 장면, 선호하는 인물/제품 등에 시선이 향하며 동공이 확대되고, 놀랄 경우 등 교감신경계가 활성화될 경우에도 동공이 확대된다. 관심영역에 대한 총 응시 시간, 응시 횟수, 평균 응시시간, 동공 크기 등을 측정하며, 동공 크기는 화면의 밝기에 민감하므로 시선 방향이 더 신뢰가 높다. 아래 그림 17은 모니터 하단에 근적외선 LED와 카메라가 탑재된 시선추적 장치이며 LIMBO(퍼즐형 어드벤처 게임) 게이머의 시선이 붉은 점의 이동경로로 나타났고 점의 크기는 시선이 머무는 시간에 비례한다.

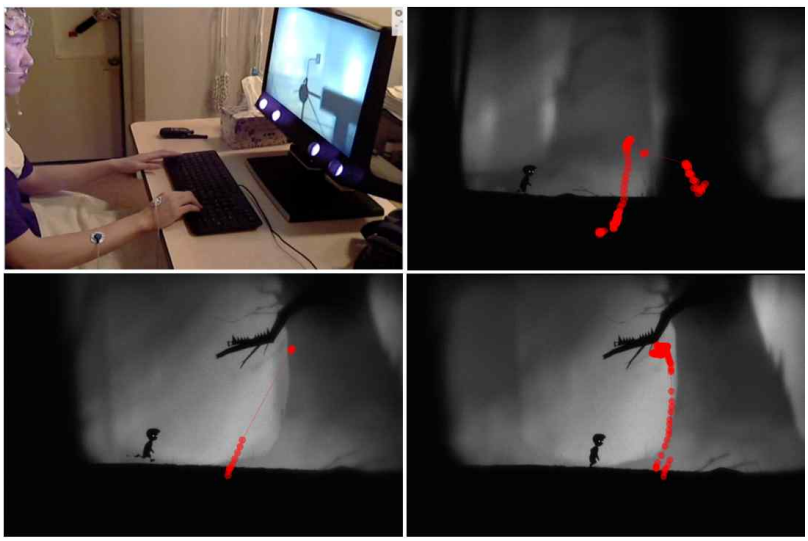


그림 17. 모니터 하단에 시선추적용 근적외선 LED와 카메라 탑재

10) https://en.wikipedia.org/wiki/Photoplethysmogram

5.5. 성격 및 감성 평가 설문지

성격평가 설문지[예: 행동활성화체계(behavioral activation system: BAS)와 행동억제체계(behavioral inhibition system: BIS)의 민감도 평가 설문지(부록 참고)]는 실험 전에 실시하고 제품(시청각 매체 등)에 대한 감성을 평가하는 경우 및 감성을 측정하는 장치의 성능을 평가하는 경우에는 제시 자극을 감상한 직후에 실시한다. 이때 영화/드라마와 같이 제시자극에 대한 감상 시간이 길 경우 감상하는 동안의 특정 시간 포인트들에서 심리반응 변화를 알고 싶으면 제시자극 세션이 끝난 후 리뷰세션에서 리뷰시스템을 통하여 관심 있는 특정 포인트 시간 각각에서의 심리반응을 평가한다.

6. 데이터 세트의 구성

이 가이드에서 생체신호 데이터와 설문지 데이터(이하 원시데이터) 등은 원본을 수집하고, 데이터에 심한 노이즈가 혼입되거나, 설문지 항목의 답변에 빈곳(결측치)이 있어서 문제가 되거나 동일 변수에 대한 값들 중에서 이상한 데이터(이상치: outlier)는 분석시 그 피험자 데이터를 모두 제외시키거나 이를 해결할 수 있는 통계분석 방법을 적용한다(그림 18). 모든 원시데이터 및 분석데이터에는 생산자의 서명을 포함시킨다. 통계분석을 위하여 엑셀양식에 데이터의 중요한 지표 및 분석결과를 입력하여 원시데이터와 함께 보관하며 그 구성은 '1) 제시자극 정보, 2) 피험자 정보(성별, 연령, 제시자극물에 대한 전문성 등), 3) 성격평가 설문지(BAS/BIS 등), 4) 리뷰설문지, 5) 생체신호 원시데이터(뇌파 3채널, 안전도 1채널, 심전도 또는 광혈량도 1채널, 얼굴근전도 2채널, 피부전기활동 또는 피부온도 1채널, 시선추적 1채널), 6) 생체신호 분석결과 데이터, 7) 측정장치 및 환경정보' 로 권장한다.

피험자 ID　　변수들

ID	Aff(Va.n)_scalp.B	Aff(Ar.c)_scalp.B	Aff(Ar.n)_scalp.B	Aff(Va.c)_scalp.E
P27	0.01507	2.87104	3.10957	0.02224
P28	-0.04476	2.89034	3.01007	-0.01054
P29	0.05325	3.07075	2.67014	-0.03899
P30	0.02281	-	3.37219	0.02221
P31	-0.00440	2.45737	3.00476	-0.10159
P32	-0.00049	2.69035	2.73624	-0.02101
P33	0.05495	2.69141	7.35465	0.02235
P34	-0.02480	2.55514	3.30396	-0.03928
P35	0.00497	2.79169	3.05448	-0.05174
P36	-0.01663	2.86407	3.23065	-0.03549
P37	-0.03536	2.86788	3.16297	-0.04172
P38	0.06500	3.08443	3.33349	0.01622

결측치　이상치

그림 18. 결측치와 이상치

7. 측정 데이터 분석 및 평가

7.1 설문 및 뇌파 이용 성격 평가

감성반응은 개인의 성격에 의존하므로 개인성격을 과학적으로 측정하는 것은 매우 중요하다. Gray의 'biopsychological theory of personality'에 의하면 BIS 타입의 성격은 주위 환경에 대처할 때 처벌(punishment)에 민감하고 회피적이며 BAS 타입은 보상(reward)에 민감하고 접근적이다.[13] Gray의 이론에 근거하여 Caver & White는 BAS vs BIS 타입 분류 척도를 개발했으며[14], Davidson은 뇌파를 측정하여 설문결과에서 BAS 타입은 안정상태에서 좌측 전전두엽이 더 활성화되어있고 BIS 타입은 우측 전전두엽이 더 활성화되어있음을 밝혔다.[15] 따라서, 이 가이드에서 개인성격은 설문평가 방법과 생체신호측정 방법으로 서로 상관성이 입증된 BAS vs BIS 민감도를 평가하는 것을 기본으로 하며, 원본을 번안한 한국판 BAS vs BIS 척도를 활용할 것을 권고한다.[16] 이 척도는 Likert식 5점 척도의 20개 문항[BAS 민감성 평가문항 13개{2, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 18, 20}; BIS 민감성 평가문항 7개{부록의 1, 3(-), 6, 9, 13, 17(-), 19}]으로 구성되었다(부록 참고). 주의할 것은 BIS 문항 중 3(-)번과 17(-)번은 역전 문항이므로 평가시 점수의 순서를 뒤집어야한다. 그런 뒤, 고려 대상의 집단에서 개인별로 BAS 점수와 BIS 점수를 각각 Z변환한 BAS(Z)와 BIS(Z)를 구하여 'BAS(Z) - BIS(Z) > 0' 인 경우는 BAS 타입으로, 'BAS(Z) - BIS(Z) < 0' 인 경우는 BIS 타입으로 평가한다. 또한, Gray의 BAS vs BIS 민감도에 따른 성격 모델을 전전두엽의 비대칭성(비대칭 지수; asymmetry score (AS))과 연관시킨 Davidson의 연구 결과에 따라, 안정상태에서 좌측 전전두엽의 활성화가 더 높으면 BAS 타입으로 우측 전전두엽의 활성화가 더 높으면 BIS 타입으로 각각 평가한다. 즉, 뇌 피질의 활성화와 알파 파워는 반비례하므로 비대칭 지수를 아래 수식과 같이 계산한다.[15,17,18]

$$\mathrm{AS} \equiv ln^{\frac{Fp2}{Fp1}} = ln^{Fp2} - ln^{Fp1}$$

여기에서, *Fp1*과 *Fp2*는 각각 뇌파 전극배치에 대한 10-20 system의 좌측 전전두엽과 우측 전전두엽에서의 알파 파워를 의미한다. 즉, AS > 0 인 경우 좌측 전전두엽이 더 활성화됨을 의미하므로 BAS 타입으로 분류하고 AS < 0 인 경우 우측 전전두엽이 더 활성화됨을 의미하므로 BIS 타입으로 분류한다. 만약 설문평가 결과와 전전두엽 비대칭성 측정결과가 서로 다를 경우, 설문 평가와 뇌파 측정을 반복적으로 하여 더 많이 나타나는 결과를 따른다.

7.2 설문 이용 감성평가

제시자극에 대하여 주관적으로 느낀 감성은 방사상 5점 척도의 2차원 감성평가 설문지(그림 6)로 평가한 결과를 분석한다.

7.3 뇌파 이용 감성평가

Wendy Heller는 인간이 어떤 감성을 느낄 때 변하는 뇌의 부위별 활성화 패턴에 기반을 두고 그 감성과 성격을 평가할 수 있는 모델을 제안하였다(그림 19).

(가) Wendy Heller 모델에 기반을 둔 전두엽 및 두정엽 활성화에 따른 감성 판별 도식[19]

Heller가 제안한 모델에 따르면, 전두엽(frontal)의 비대칭적 활성화는 쾌락도를 나타내고 우측 두정측두엽(right parieto-temporal)는 각성도를 나타낸다.

① 쾌한 감성을 느낄 경우: 좌측 전두엽이 더 활성화(left>right)
② 불쾌한 감성을 느낄 경우: 우측 전두엽이 더 활성화(left<right)
③ 각성도가 높을 경우: 우측 두정측두엽이 활성화(+)
④ 각성도가 낮을 경우: 우측 두정측두엽이 비활성화(-)
⑤ 좌측 전두엽이 활성화된 상태: 우측 두정측두엽 활성화 되면, 신이 난(elated) 감성을 느끼고 있다고 판별
⑥ 좌측 전두엽이 활성화된 상태: 우측 두정측두엽 비활성화 되면, 느긋한(relaxed) 감성을 느끼고 있다고 판별
⑦ 우측 전두엽이 활성화된 상태: 우측 두정측두엽 활성화 되면, 불안하고 신경이 과민한(nervous) 감성을 느끼고 있다고 판별
⑧ 우측 전두엽이 활성화된 상태: 우측 두정측두엽 비활성화 되면, 우울한(depressed) 감성을 느끼고 있다고 판별

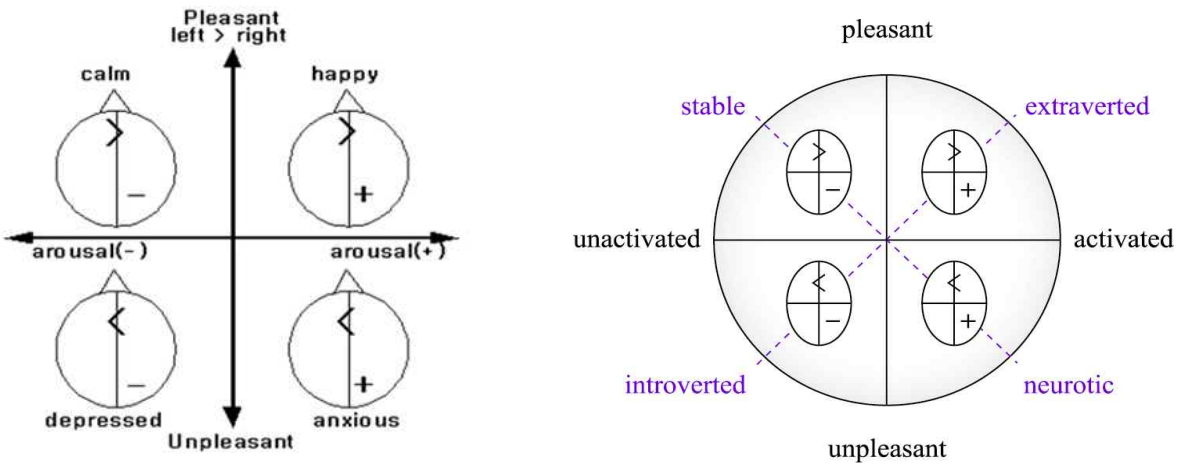


그림 19. Wendy Heller의 뇌파 기반 감성 판별 도식(좌) 및 성격 판별 도식(우)

(나) Schmidtke & Heller의 뇌 전두엽 및 두정엽 활성화에 따른 성격 판별 도식[20]

Schmidtke & Heller는 안정상태에서 뇌의 활성화 패턴에 기반을 두어 아래와 같이 성격평가 모델을 제안하였다.

① 안정상태에서 좌측 전두엽이 활성화된 상태: 우측 두정측두엽이 활성화 되면 외향적 (extraverted) 성격으로 판단
② 안정상태에서 좌측 전두엽이 활성화된 상태: 우측 두정측두엽 비활성화 되면 안정적 (stable) 성격으로 판단
③ 안정상태에서 우측 전두엽이 활성화된 상태: 우측 두정측두엽 활성화 되면 신경질적 (neurotic) 성격으로 판단
④ 안정상태에서 우측 전두엽이 활성화된 상태: 우측 두정측두엽 비활성화 되면 내향적 (introverted) 성격으로 판단

구체적으로, 시계열 신호의 뇌파를 고속 푸리에변환 하여 주파수대역으로 변환한 뒤, 아래의 수식으로 감성을 평가한다.

$$P_n(r) \equiv \frac{1}{P_n(\alpha)/\{P_n(\theta)+P_n(\alpha)+P_n(\beta)\}} = \frac{P_n(\theta)+P_n(\alpha)+P_n(\beta)}{P_n(\alpha)} \quad (1)$$

$$Aff(Va) = \left\{ln^{P_{Fp1}(r)} - ln^{P_{Fp2}(r)}\right\} \quad (2)$$

$$Aff(Ar) = P_{P4}(r) \quad (3)$$

여기에서 $P_n(\theta)$, $P_n(\alpha)$, $P_n(\beta)$는 각각 전극위치 n에서 θ, α, β 대역의 뇌파 power 이다. 뇌 피질의 활성도가 알파대역의 power에 반비례하므로 전극위치 n에서 뇌피질의 활성도는 $1/P_n(\alpha)$에 비례할 것이다. 또한, 개인별로 두개골 두께가 다른 등의 이유로 개인별로 두피에서 측정한 전체 주파수 대역에 대한 total power가 다를 것이다.[21,22,23] 수면상태가 아니므로 $P_n(\delta)$를 무시하면 total power는 대략 $\{P_n(\theta)+ P_n(\alpha)+P_n(\beta)\}$가 될 것이다. 즉, 식 (1)의 $P_n(r)$은 전극위치 n에서 개인별 total power 차이를 보정한 뇌 피질의 활성도를 나타낸다고 할 수 있다.
그러면, 식(2)의 $P_{Fp1}(r)$과 $P_{Fp2}(r)$은 각각 *Fp1*과 *Fp2*에서 개인별 total power 차이를 보정한 뇌 피질의 활성화 정도를 나타낸다고 할 수 있으며 식(2)는 *Fp1*과 *Fp2*에서의 뇌 피질의 활성화 비를 log 변환한 것이다. 즉, Heller의 감성모델을 참고하면 식 (2)의 *Aff(Va)*는 쾌락도 지표이며 '+' 이면 쾌이고 '-'이면 불쾌로 평가할 수 있다. 이때 주의할 것은 안정상태의 *Aff(Va)*를 빼주어야 한다. 마찬가지로 식 (3)의 *Aff(Ar)*은 P4 위치에서 뇌 피질의 활성도를 나타내며 각성도의 지표이며 안정상태의 *Aff(Ar)*을 뺏을때 '+' 이면 각성상태로 '-' 또는 '0'에 근접하면 이완상태로 평가할 수 있다.

7.4 자율신경계 생체신호 이용 감성평가

7.4.1 심박변이도 및 맥파 분석

심박변이도(heart rate variability: HRV)는 심전도의 R-피크와 R-피크 간의 간격(R-R Interval: RRI)의 변화정도를 의미하며, 교감신경계와 부교감신경계의 활성화 정도 및 생체항상성을 위한 보상기전으로서의 내적/외적 자극에 대한 자기조직화 능력을 나타낸다.

- 교감신경계 활성화: 신경전달물질로서 노르에피네프린(norepinephrine: NE)이 방출되며 심장은 빨리 뛰지만, 자극에 느리게 반응함
- 부교감신경계 활성화: 아세틸콜린(acetylcholine: ACh)이 방출되며 심장은 천천히 뛰지만 자극에 빠르게 반응함

따라서, RRI의 변화를 나타내는 시계열 신호를 푸리에 변환하여 구한 심박변이도의 주파수 영역 파워 스펙트럼을 구하면, low frequency (LF: 0.01-0.15 Hz) 영역은 주로 교감신경계의 활성도를 반영하고, high frequency (HF: 0.15-0.4 Hz) 영역은 부교감신경계의 활성도를 반영하므로 교감신경계와 부교감신경계 활성도의 정량적 평가가 가능하다. 아래의 그림 20에 감성자극에 유발되는 이완반응과 긴장반응 각각에 상응하는 심박변이도의 파워스펙트럼 패턴을 나타내었다. 주파수 영역의 파워스펙트럼 전체의 면적은 이완반응에 비하여 긴장반응에서 작아지는데, 그 이유는 부교감 신경계를 반영하는 HF 영역이 크게 감소하기 때문이다. 안정상태에 비하여 HRV의 power 비율 LF/HF가 증가하고 total power가 감소하며 Poincare plot에서 SD1/SD2가 감소하면 교감신경계 활성도가 증가한 반면에 부교감신경계 활성도는 감소했다고 판단되므로 각성도가 증가했다고 평가한다(그림 20 참고). PPG로 측정한 맥파도 HRV와 같은 방식으로 평가할 수 있다.

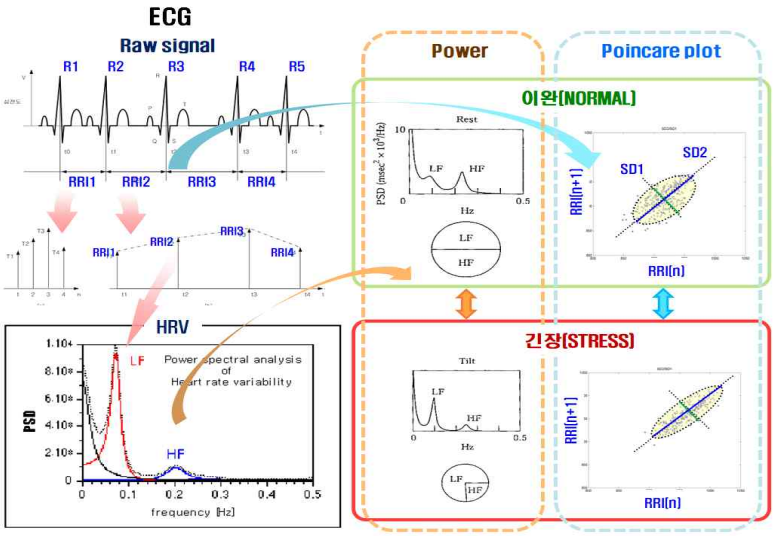


그림 20. 심전도(ECG)로부터 심박변이도(HRV) 분석과정(좌측) 및 이완상태(우측 위)와 긴장상태(우측 아래)의 심박변이도 특성

7.4.2 호흡성 동성부정맥(RSA) 분석

호흡성 동성 부정맥이란 심장에 이상은 없으나 호흡의 변화에 의한 맥박의 불규칙적 변화를 나타내는 부정맥이다. 그 과정은 흡기 시에는 교감신경이 항진되어 심박수가 증가하고, 호기 시에는 부교감신경이 항진되어 심박수가 감소한다. 심박변이도의 높은 주파수대역 (HF: 0.15-0.4 Hz) power에 반영되며 부교감신경계의 활성도에만 선택적으로 반응하므로 집중도 변화에 민감하게 반응한다. 인지적 노력이 적게 요구되는 주의단계에서는 HF power 크기가 증가하지만 인지적 노력을 많이 요구하는 집중단계에서는 오히려 감소한다. 아래 그림 21은 퍼즐형 어드벤처 게임(LIMBO) 도중에 캐릭터가 감전되어 죽는 상황에서 게이머 감성의 변화가 일어나 호흡이 불규칙해져서 심장박동 간격이 불규칙해지는 호흡성 동성부정맥을 나타낸다(그림 21의 35초 부근).

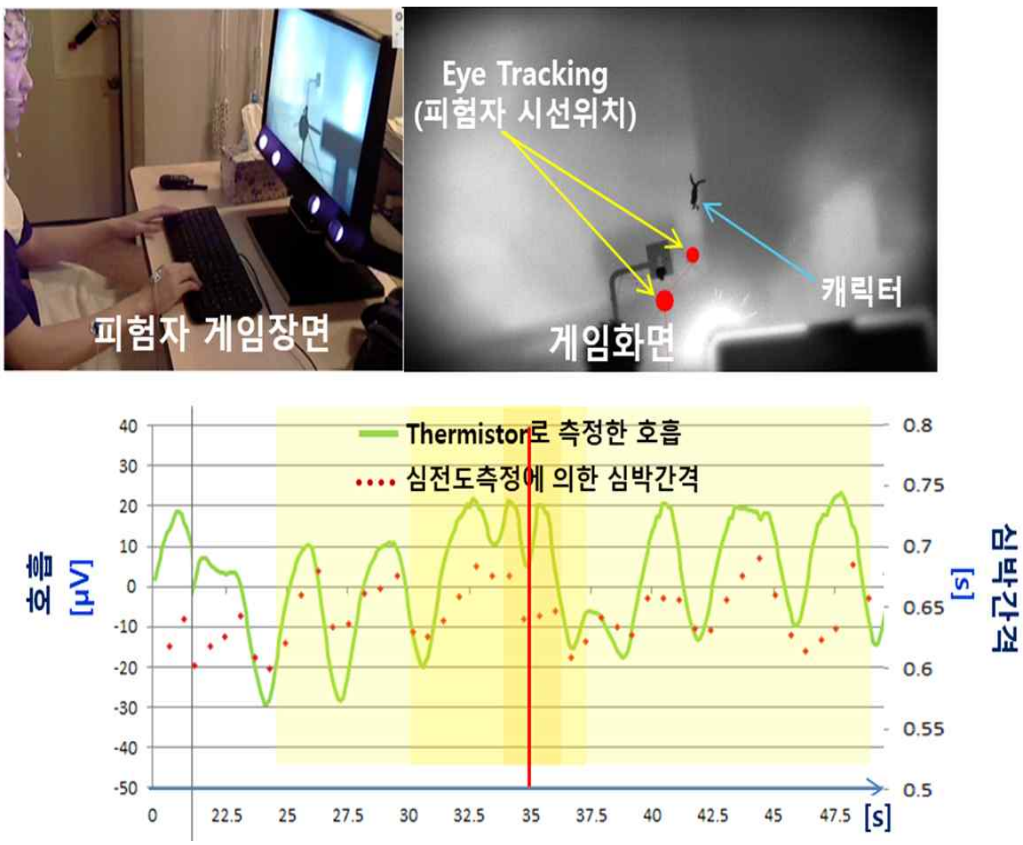


그림 21. 불규칙한 호흡에 의하여 심장박동 간격이 불규칙해지는 호흡성 동성부정맥 발생

7.4.3 피부 전기 활동(EDA) 분석

자율신경계 반응을 나타내는 피부전도성은 2가지 타입, 즉 단조하게 변하는 피부전도레벨(SCL)과 급격히 변하는 피부전도반응(SCR)이 있다. 단조하게 변하는 SCL은 급격한 외부자극이 없을 경우에 해당되는데 피부전도의 기저레벨을 나타내며 개인에 따라 다르며(10-50 μS[11]), 한 개인에 있어서도 심리적 상태와 자율신경계의 통제에 따라 변한다. 급격히 변하는 SCR은 급격한 외부자극이 있을 경우에 해당되며, 외부자극에 의하여 증가되었다가 10-20초 후에 SCL 수준으로 돌아온다. 외부자극이 없을 경우에도 자발적 SCR이 나타나며 1분에 1-3회 정도이고 개인에 따라 다르다. SCL은 제시자극이 낮은 각성도를 유발시키는 자극에 대하여는 급격히 감소하지만 높은 각성도를 유발시키는 자극에 대하여는 증가한다.

7.4.4 피부온도(SKT) 분석

안정상태에 비하여 SKT가 감소하면 교감신경계가 활성화되어 모세혈관이 수축된 이유이므로 각성도가 증가했다고 평가한다.

7.4.5 광 혈량도(PPG) 분석

PPG를 이용한 맥파의 측정원리는 심장박동에 동기되어 손가락 끝 혈관에서의 동맥혈량(arterial blood volume)이 증가하고 줄어드는 상태가 반복되면(그림 22(a)), 광수신부에서 검출된 투과광은 손가락에서 흡수된 광량만큼 차감되어 수신된다(그림 22(b)). 이때, 투과광의 광량 변화 역시 혈류변화를 반영하게 되므로 광수신기의 광량을 측정함으로써 심장박동에 동기 된 혈량 변화 검출이 가능해지는데, 여기서 AC 성분을 맥파라고 한다(그림 22(c))[12]. 맥파를 2차 미분하여 구한 파형의 피크들 간격의 변동 정도는 심전도의 HRV를 나타내므로 심전도의 경우와 동일한 방법으로 긴장(각성)반응과 이완반응을 평가할 수 있다.

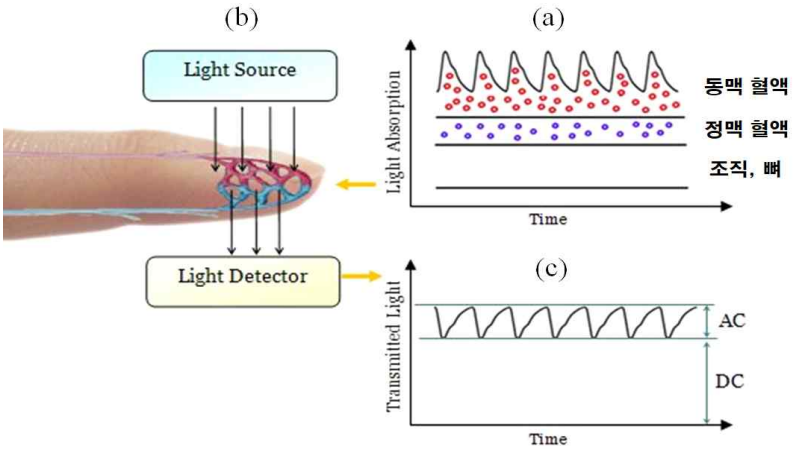


그림 22. PPG를 이용한 맥파 측정 원리

11) Siemens [S]: 전도율의 단위로 Ohm [Ω]의 역수와 같음

12) http://www.laxtha-eshop.kr/goods/view.php?seq=95]]]©(주)락싸

7.5 얼굴 근전도 검사(fEMG) 이용 감성평가

얼굴의 중요한 두 가지 근육으로서 불쾌하여 얼굴(눈살)을 찡그릴 때 관련되는 눈썹주름근(추미근: corrugator supercilii muscle; 그림 23(좌))과 쾌하여 웃을 때 관련되는 큰광대근(zygomaticus major muscle; 그림 23(우))이 있다[13]. 안정상태에 비하여 눈썹주름근의 근전도(EMG)가 증가하면 불쾌 감성, 큰광대근의 EMG가 증가하면 쾌 감성으로 평가한다.

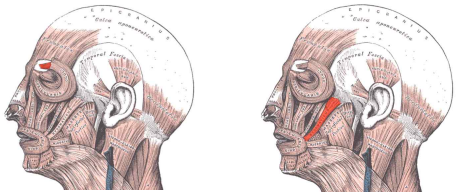


그림 23. 얼굴의 눈썹주름근(좌)과 큰광대근(우)

7.6 시선추적 이용 감성평가

시선추적 장치가 모니터 장착용일 경우 안정상태 전에 시선 교정을 하고, 안경형태일 경우 그 무게와 적외선 비임이 부담되므로 안정상태 측정이 끝난 후 착용하여 시선을 교정한다. 안경형태일 경우, 장면에 대한 시선방향 정보를 구하기 위하여 동영상 장면을 향한 카메라(field cam)와 피험자 눈을 향한 카메라(eye cam)를 사용한다(그림 24). Field cam 영상과 eye cam 영상을 합성(blending)하여 눈동자에 비쳐진 장면의 영상을 생성한다. 시작하기 전, 장면이 비쳐질 스크린 위의 특정 위치에 마커를 부착하고 이 지점을 바라보는 시선의 좌표(X, Y)를 0점으로 설정함으로써 (X=0, Y=0), 장면을 바라보는 시선 방향은 eye cam 영상에 field cam 영상을 겹쳐서 눈동자 중심의 좌표가 화면의 영점으로부터 움직이는 좌표(field_x, field_y)로 표시된다. 또한, 동공 크기 변화는 eye cam에 비쳐진 동공에 해당되는 화소(pixel) 수를 세어서 평가한다. 시선방향, 머무른 시간, 특정 영역 응시 횟수 등을 평가하여 피험자의 관심/선호도를 평가한다.

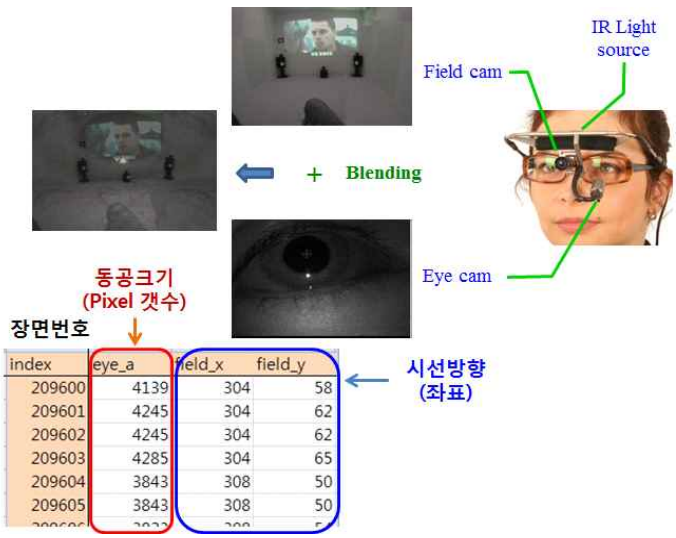


그림 24. 안경형태의 시선추적 장치 (동공크기 pixel 수, 시선방향 좌표 (field_x, field_y))

13) https://en.wikipedia.org/wiki/Facial_electromyography

부속서

행동활성화 및 행동억제 체계 검사지

≪ 질문지 문항에 답을 하시기에 앞서 아래의 인적사항에 상세히 기록해 주십시오. ≫

이 름 :　　(남, 여)

나 이 :

주로 사용하는 손 : (왼손, 오른손)

직 장 :

부 서 :

연락처 :

화학의료표준본부 의료융합표준센터

한 국 표 준 과 학 연 구 원

다음에 나오는 각 문장은 감정이나 기분을 기술한 것입니다. 각 문장을 읽고, 평소에 당신이 어떻게 느끼는지를 평가하여 해당되는 번호에 ○를 해 주십시오. 한 문항도 빠트리지 마시고 응답해 주시기를 부탁드립니다.

<문항 예> "나는 늘 기분이 좋은 편이다." 라는 문항에서 "많이"좋아하신다면 아래와 같이 "4"라는 숫자에 ○표를 해 주십시오.

아주 조금	조금	보통	많이	아주 많이
1----	----2----	----3----	----④----	----5

1. 어떤 나쁜 일이 일어날지도 모르겠다는 생각이 들면, 나는 보통 크게 흥분하게 된다.	1----2----3----4----5
2. 나는 흔히 원하는 것을 얻기 위해 나의 방식에 전력을 다한다.	1----2----3----4----5
3. 나는 친구들에 비해서 별로 걱정을 하지 않는 편이다.	1----2----3----4----5
4. 내게 좋은 일이 일어나면, 나는 보통 그 일로 인해 크게 영향을 받곤 한다.	1----2----3----4----5
5. 나는 보통 '기분파'라는 말을 자주 듣는 편이다.	1----2----3----4----5
6. 나는 실수할까봐 걱정을 많이 한다.	1----2----3----4----5
7. 내가 좋아하는 어떤 것을 볼 기회를 갖게 되면, 나는 곧바로 흥분한다.	1----2----3----4----5
8. 내가 무언가를 원하게 되면, 나는 흔히 그것을 얻기 위해 전력을 다하곤 한다.	1----2----3----4----5
9. 비판을 받거나 꾸중을 듣게 되면 나는 마음이 많이 상한다.	1----2----3----4----5
10. 내가 무언가를 추구하려 할 때, 나는 흔히 "아무 것도 나를 방해할 순 없어" 라는 식으로 접근하곤 한다.	1----2----3----4----5

11. 나는 흥분과 새로움을 매우 좋아한다. 1----2----3----4----5

12. 나는 재미있다는 이유 하나만으로 이런저런 일들을 종종 할 것이다. 1----2----3----4----5

13. 누군가가 나에게 화를 내고 있다는 것을 알게 되면, 나는 많이 근심하거나 마음 심란해 한다. 1----2----3----4----5

14. 내가 무언가를 잘 해냈을 때, 나는 그 상태를 계속 유지하고 싶어 한다. 1----2----3----4----5

15. 내가 원하던 것을 얻을 수 있는 기회를 포착하면, 나는 즉시 움직이는 편이다. 1----2----3----4----5

16. 나는 경기에서 이기면 보통 매우 흥분한다. 1----2----3----4----5

17. 나에게 어떤 나쁜 일이 일어날 것 같은 상황에서도, 나는 좀처럼 예민해지거나 걱정하지 않는 편이다. 1----2----3----4----5

18. 내가 원하던 어떤 것을 얻게 되면, 나는 흔히 흥분하고 기운이 넘친다. 1----2----3----4----5

19. 나는 어떤 일을 제대로 하지 못했다는 생각이 들면 걱정을 많이 한다. 1----2----3----4----5

20. 새로운 일이 재미있을 것으로 생각되면, 나는 언제나 그것을 시도한다. 1----2----3----4----5

---------- 수고 하셨습니다. ----------

해설서

이 해설은 본문 및 부록에 규정·기재한 사항과 이에 관련한 사항을 설명하는 것으로서 가이드의 일부는 아니다.

1. 제정의 취지 인간의 내적 상태를 총체적으로 반영하는 감성은 인간 생활에서 일어나는 다양한 의사결정에 결정적 영향을 미치므로 이를 측정할 수 있는 기술은 매우 중요하다. 그러나 그 느낌 정도가 미약하여 주관적 평가뿐만 아니라 이에 수반되는 생체신호 측정 또한 매우 어렵다. 이러한 이유로 감성공학 기반기술 사업을 1995년도부터 7년간 G7 사업으로 수행했지만 아직도 산업현장에 연결이 활성화 되지 못하고 있다. 이러한 실정을 고려하여 매우 부족하지만 없는 것 보다는 조금이라도 도움이 될 수 있을 것이라는 기대로 이 가이드를 일단 제정하게 되었다. 여러 업체에서 이 가이드를 참고하여 감성을 측정한 생체신호 데이터가 쌓이게 되면 그 신뢰성을 평가하여 양질의 데이터에 기초한 데이터 값의 범위 등을 다음 개정판에 포함시키고자 한다. 이 가이드에서 제안하는 생체신호 기반 감성 측정방법은 세계적으로 널리 인용되고 있는 방법들에 기초하였다. 따라서, 최근 측정기술의 발달로 새로운 기술들이 안정적으로 그 신뢰성이 확인되면 단계적으로 개정판에 반영시킬 예정이다. 이 가이드의 내용은 생체신호 기반 감성측정을 위한 권고(참고)사항이며 의무사항은 아니다.

2. 제정의 경위 이 가이드는 한국표준과학연구원의 “KRISS 측정가이드 제정” 사업으로 개발되었으며, 산업계, 학계 및 연구기관의 전문가로 구성된 위원회의 기술검토를 거쳐 측정가이드로 제정하게 되었다.

3. 중요 측정기술 이 가이드는 시청각 매체에 의하여 유발되는 감성을 뇌파 및 자율신경계 생체신호로 측정하는 안내서이지만 다른 감각기관 자극에 의하여 유발된 감성 측정에도 확장 가능하다(예: 후각, 미각, 촉각 등). Heller의 뇌파 기반 감성측정 모델에 근거하여 기술하였지만, 뇌의 감성영역이 인지영역과 겹쳐있고 뇌파 신호가 노이즈에 비하여 매우 미약하므로 인지기능을 잘 통제하고 노이즈를 잘 필터링하지 않으면 양질의 데이터 획득이 어려워 분석결과가 올바르지 않을 수 있음을 명심해야한다.

※ **참여 실습생** 이 가이드 작성에 다음의 건양대학교 의공학과(책임교수: 태기식) 학생들이 2018년 동계 실습기간 동안 참여하여 도움을 주었다: 김가을, 김하은, **손예지**, 안나현, **이소연**, 이아람, 전예지, 최현주(가나다 순)

참고문헌

[1] 한국감성과학회, "감성기술 동향조사 및 콘텐츠 산업 접목방안 연구", *문화체육관광부*, 2009.

[2] 김원식, 네이버 지식백과>학문명백과>복합학>"감성과학," *네이버/형설출판사*, 2014. (http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=2098238&categoryId=44418&cid=44418)

[3] 교육과학기술부, "국가과학기술표준분류체계(국가과학기술위원회 개정고시(제2009-34호)", *교육과학기술부*, 2009.

[4] 정찬섭 (1998). 감성과학의 심리학적 측면. 『*한국감성과학회지*』, 1(1), 19-24.

[5] Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A. G., & Buchner, A. (2007). G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior research methods*, 39(2), 175-191.

[6] Barrett, L. F., & Russell, J. A. (1998). Independence and bipolarity in the structure of current affect. *Journal of personality and social psychology*, 74(4), 967-984.

[7] Russell, J. A., & Barrett, L. F. (1999). Core affect, prototypical emotional episodes, and other things called emotion: dissecting the elephant. *Journal of personality and social psychology*, 76(5), 805-819.

[8] Russell, J. A., Weiss, A., & Mendelsohn, G. A. (1989). Affect grid: a single-item scale of pleasure and arousal. *Journal of personality and social psychology*, 57(3), 493-502.

[9] Coan, J. A., & Allen, J. J. (2004). Frontal EEG asymmetry as a moderator and mediator of emotion. *Biological psychology*, 67(1-2), 7-50.

[10] Koslov, K., Mendes, W. B., Pajtas, P. E., & Pizzagalli, D. A. (2011). Asymmetry in resting intracortical activity as a buffer to social threat. *Psychological Science*, 22(5), 641-649.

[11] Oakes, T. R., Pizzagalli, D. A., Hendrick, A. M., Horras, K. A., Larson, C. L., Abercrombie, H. C., ... & Davidson, R. J. (2004). Functional coupling of simultaneous electrical and metabolic activity in the human brain. *Human brain mapping*, 21(4), 257-270.

[12] Pizzagalli, D. A., Sherwood, R. J., Henriques, J. B., & Davidson, R. J. (2005). Frontal brain asymmetry and reward responsiveness: a source-localization study. *Psychological Science*, 16(10), 805-813.

[13] Gray, J. A. (1990). Brain systems that mediate both emotion and cognition. *Cognition and Emotion*, 4, 269-288.

[14] Carver, C. S., & White, T. L. (1994). Behavioral inhibition, behavioral activation, and affective response to impending reward and punishment: BIS/BAS scales. Journal of Personality and Social Psychology, 67, 219-333.

[15] Davidson, R. J. (2000). Affective Style, Psychology, and Resilience: Brain Mechanism and Plasticity, American Psychologist, 55(11), 1193-1214.

[16] 김교헌, 김원식 (2001). 한국판 행동활성화 및 행동억제체계(BAS/BIS) 척도. 한국심리학회지: 건강, 6(2), 19-37.

[17] 김원식 박사학위 논문, "음향에 의해 유발된 감성에 의한 전전두엽의 비대칭적 활성화", 연세대학교 의공학과, 2003.

[18] Wuon-Shik Kim et al. (2003). Asymmetric Activation in the Prefrontal Cortex by Sound-induced Affect, Perceptual and Motor Skills, 97, 847-854.

[19] Heller, W. (1993). Neuropsychological Mechanisms of Individual Differences in Emotion, Personality, and Arousal. *Neuropsychology*, 7(4), 476-489.

[20] Schmidtke, J. I., Heller, W. (2004). Personality, affect and EEG: predicting patterns of regional brain activity related to extraversion and neuroticism. *Personality and Individual Differences*, 36, 717-732.

[21] Allen, J. J., Coan, J. A., & Nazarian, M. (2004). Issues and assumptions on the road from raw signals to metrics of frontal EEG asymmetry in emotion. Biological psychology, 67(1-2), 183-218.

[22] Eshel, Y., Witman, S., Rosenfeld, M., & Abboud, S. (1995). Correlation between skull thickness asymmetry and scalp potential estimated by a numerical model of the head. IEEE transactions on biomedical engineering, 42(3), 242-249.

[23] Hagemann, D., Hewig, J., Walter, C., & Naumann, E. (2008). Skull thickness and magnitude of EEG alpha activity. Clinical Neurophysiology, 119(6), 1271-1280.

주 의

1. 이 보고서는 한국표준과학연구원에서 시행한 주요사업의 연구 보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 한국표준과학연구원에서 시행한 주요사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.