

단일 전극 뇌파에 의한 쾌, 불쾌 감성의 정량화*

Quantification of Positive and Negative Emotions by Single-Channel Brain Wave

최정미**, 황민철***, 배병훈**, 유은경****,
오상훈****, 김수용**, 김철중****
J.M. Choi, M.C. Whang, B.H. Bae, E.K. Yu,
S.H. Oh, S.Y. Kim, C.J. Kim

요약 뇌전위에서 개인차가 없는 일반적인 규칙을 지닌 두 개의 정보 변수, 즉 ILF와 IHF를 발견하였다. 이러한 일반성을 지닌 정보 변수가 청각, 후각, 촉각 자극에 의해 유발된 쾌하거나 불쾌한 감성 상태를 구분할 수 있으며 전두엽에서 그 경향이 두드러짐을 확인하였다. 전두엽의 뇌전위에서 감성 자극이 주어지기 전과 자극이 주어지는 동안의 ILF, IHF값을 정규화함으로써 새로운 변수, Relative Quantified Emotional State(RQES)를 구현하였다. RQES는 쾌, 중립, 불쾌한 감성의 정도를 선형적으로 정량화하였다. 따라서 하나의 전극으로 측정된 전두엽부분의 뇌전위로부터 RQES 값을 계산하면 인간의 쾌, 불쾌 감성을 신뢰도있게 정량화 할 수 있다.

1. 서론

본 연구에서는 인간의 쾌, 불쾌한 감성을 생체 신호를 통해 객관적으로 정량화 하는 방법을 제시함으로써 설문지 등에 의한 기존의 주관적인 감성 평가 방법의 여러 가지 문제점들을 효과적으로 극복하고자 한다. 본 논문의 제 II절에서는 감성자극반응에 대한 모식도를 통해 주어진 감각 자극이 어떠한 경로를 거쳐 생리신호에 반영되는지를 간단히 제시하였다. 또한 중추신경계를 반영하는 뇌전위, 자율신경계를 반

영하는 피부온도, 심전도의 분석에 사용할 분석변수에 대해 설명하였다. III절에서는 단순 감각 자극에 반응한 뇌전위, 피부온도, 심전도를 측정된 감성 실험 방법에 대해 설명하였다. IV절에서는 감성 실험의 분석결과로서, 개인차가 없는 일반적인 규칙을 지닌 두 변수ILF, IHF의 발견과 두 변수가 쾌, 불쾌 감성을 구분하는 뚜렷한 경향이 있음을 제시하였다. 이러한 ILF, IHF의 경향을 근거로, 불쾌에서 쾌한 감성까지 그 강도를 정량화하는 RQES이라는 변수를 제시하였다. 추가적으로 자율신경계에 의해 제어되는 생리 신호인 피부온도, 심전도와 쾌, 불쾌 감성과의 관계를 살펴봄으로써 자율신경계의 반응만으로는 중립 근처의 쾌, 불쾌 감성 영역을 명확하게 정량화하기는 부적합함을 제시하였다. 따라서 중추신경계의 활동을 반영하는 뇌전위로부터 감성 변수RQES값을 구함으로써 쾌하거나 불쾌한 감성 상태를 정량화 할 수 있음을 보였다.

본 논문에서 제시한 단일 채널 뇌파에 의한 감성의 객관적인 정량화 방법은 실제 소비자의 제품 선호 경

* 본연구는 과학기술처지원 감성공학기술개발에 의해 이루어 졌음.
** 한국과학기술원 물리학과
KAIST Department of Physics
*** 상명대학교 정보통신학부
SangMyung University Department of Information Technology & Telecommunications
**** 한국표준과학연구원 인간공학
KRISS Ergonomics Lab
연락처 : 대전시 유성구 구성동
전 화 : 042-869-2529
F A X : 042-869-0916

향을 파악하는 데 뿐만 아니라 인간의 쾌, 불쾌감성을 객관적으로 표준화하는 일 등 인간의 복지와 관련된 다양한 분야에 그 응용 가치가 높을 것으로 기대된다.

II. 분석 이론

II.1 감성 자극 반응의 모식화

단순 감각 자극이 어떠한 신경계의 경로를 거쳐서 생체 신호의 감성 반응으로 나타나는지를 그림 1과 같이 모식화[1-4] 할 수 있다.

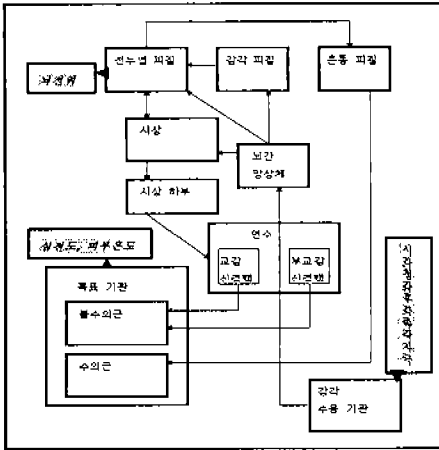


Fig.1 신경계의 연결망으로 기술한 감성 생리 모형

시각, 청각, 후각, 촉각과 같은 단순 감각 자극은 각각에 해당하는 감각 수용기를 통해서 들어온 후 감각 신경에 신호를 전달한다. 이 신호는 척수 망상로인 신경섬유를 따라 뇌간 망상체에 도달한다. 뇌간 망상체는 각성과 관련된 시스템이며 뇌간 망상체로 들어온 자극 신호는 각각 전두엽피질, 감각영역피질, 시상에 전달된다. 뇌간 망상체에서 감각영역피질로 전달되었던 신호는 전두엽피질을 거쳐 운동영역피질로 정보 처리 결과를 보낸다. 운동영역피질로 전달된 신호는 피질 척수로를 통해 목표 기관에서 수의근의 활동을 제어한다. 뇌간 망상체에서 시상으로 전달되었던 신호는 피질시상로와 시상피질로를 구성하는 신경섬유를 통해 동시에 전두엽피질과 정보처리를 하면서 시상하부에 정보처리 결과를 전달한다. 시상하부는 시상 연수로를 통해 연수에 있는 교감 신경핵

이나 부교감 신경핵을 조절하게 된다. 각 신경핵들은 연수척수로를 통해 혈관의 불수의근과 근접합부를 이루고 심장의 pacemaker부분과 신경접합을 이룬다. 일반적으로 생리신호를 측정하는 부위인 팔의 경우는 불수의근인 혈관 근육과 수의근이 함께 관여한다.

결과적으로 뇌간망상체, 감각영역피질, 시상의 신호가 전두엽피질로 동시에 전달된다. 이는 정신적 각성, 감각 자극의 지각, 신체의 자율신경계 반응에 대한 정보가 전두엽피질에서 측정한 뇌전위에 모두 반영됨을 나타낸다.

II.2 뇌전위의 정보변수

뇌전위는 무수히 많은 뉴런들의 복잡한 연결망으로 이루어진 대뇌 피질의 전기적 활동을 반영한다. 뇌전위는 약 1-30 Hz의 주파수 성분들의 무작위적인 조합으로 보이는 진동신호이다. 각 특정한 주파수 범위의 진동 성분을 보통 델타파(1-4 Hz), 세타파(4-8 Hz), 알파파(8-13 Hz), 베타파(13-20 Hz), 감마파(20-30 Hz)로 구분하여 부른다. 일반적으로 시상(thalamus)에 있는 억제성 개재 뉴런과 시상과 대뇌 피질의 뉴런들을 방사상으로 연결하는 긴 신경섬유인 시상피질로 신경섬유(thalamo-cortical fiber)의 상호작용이 대뇌피질을 알파파 영역의 주파수로 진동시킨다고 밝혀져 있다[5]. 다른 주파수 성분들은 대뇌피질을 구성하는 흥분성 또는 억제성 뉴런시냅스의 활동에 의해 발생한다고 보는 입장이다. 복잡한 뉴런들의 상호작용에 의한 다른 주파수 성분의 발생 기전에 대한 이론적인 접근은 많이 행해지고 있으나[6] 아직 살아있는 인간의 뇌에 대한 직접적인 결과확인 은 어려운 상황이다. 이러한 이론적 접근의 큰 두 줄기로 통계적인 접근과 회로망적 접근을 들 수 있다. 미시적인 관점에서 거시적인 관점으로 발전시켜나가는 통계적인 접근법이 다소 복잡하기는 하나, 신경생리학적으로 대응되는 변수들을 사용하므로 모의실험 결과의 생리학적 해석이 더 용이하다. 최근 이뤄지는 통계적인 접근법인 SMNI(Statistical Mechanism of Neocortical Interaction)-Lagrangian EEG모델 [7]에 의하면 대뇌 신피질을 구성하는 뉴런들 사이에 어떠한 형태의 비선형 상호작용들이 새로운 주파수성분을 발생시키는지에 대해 수학적인 방정식으로 기술하고 있다. 뇌전위의 하모닉스 성분사이에 이러한 비선형 상호작용에 의한 지배적인 일정한 관계가 있는 지를 파워 스펙트럼을 통해 조사하였다.

비선형 통계방정식에 의해 발생한 신호의 파워 스

펙트럼의 공간상 분포 함수는 $P(f) = \frac{C}{f^a}$ 형태를 지니며, 이것은 자연현상에서 발생하는 무작위적으로 보이는 신호를 역시 $P(f) = \frac{C}{f^a}$ 의 구조를 지닌다는 사실이 여러 분야에서 연구되어왔다[8]. 여기서 $P(f)$ 는 f Hz에서의 파워 스펙트럼을 나타낸다. 이와 같은 분포 함수에서 분모지수값 a 는 정보이론에서 정보라는 양을 의미하는 변수이다[9]. 변수 a 값은 일반적으로 로그 스케일의 파워 스펙트럼상에서 직선의 기울기에 음의 값을 곱함으로써 쉽게 구할 수 있다. 이러한 사실을 고려하여 파워 스펙트럼상에서 하모닉스 성분 단위의 분포에 대한 정보를 주는 변수로 ILF (Information of Low Frequency), IHF (Information of High Frequency)를 a 와 유사하게 정의하였다. ILF, IHF의 정의를 식으로 표현하면 식(1)과 같다.

$$ILF = \frac{\log\left(\frac{P(f)}{P(2f)}\right)}{\log 2}, IHF = \frac{\log\left(\frac{P(2f)}{P(3f)}\right)}{\log 1.5} \quad (1)$$

그림3과 같이 ILF, IHF 값은 로그 스케일의 파워 스펙트럼 공간에서 각각 ($f, 2f$), ($2f, 3f$)에 해당하는 값을 연결한 직선의 기울기에 음의 값을 곱함으로써 구한다.

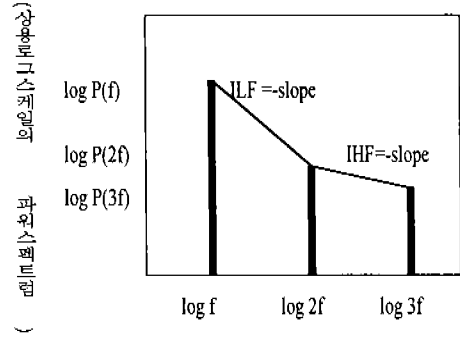
II. 3 자율신경계 신호의 정보변수

피부 온도에서는 자극 전의 평균값과 자극 후의 온도의 평균값을 식(2)와 같이 정규화한 변수를 사용하였다.

$$\Delta Skt = \frac{(sSkt - rSkt)}{rSkt} \quad (2)$$

$rSkt$: 자극 전의 피부 온도의 평균값
 $sSkt$: 자극 시의 피부 온도의 평균값

심전도에서는 심박변화율인 HRV를 추출하여 저주파값(Lf)과 고주파값(Hf)의 비율로 정의한 $HRV_{Lf/Hf}$ 을 식(3)과 같이 정규화한 변수를 사용하였다. HRV의 Lf영역은 0.01-0.08Hz로 대부분 교감신경계의 활동에 기인하며 Hf영역은 0.08-0.15 Hz로 혈압을 조절 기전의 활동을 반영한다. Hf영역은



(상용로그스케일의 주파수)

Fig. 2 ILF와 IHF의 정의를 나타낸 그림

0.15-0.5Hz이며 부교감 신경의 활동에 우세하다[10].

$$\Delta HRV_{Lf/Hf} = \frac{(sHRV_{Lf/Hf} - rHRV_{Lf/Hf})}{rHRV_{Lf/Hf}} \quad (3)$$

$rHRV_{Lf/Hf}$: 자극전의 HRV의 $\frac{Lf}{Hf}$ 값

$sHRV_{Lf/Hf}$: 자극시의 HRV의 $\frac{Lf}{Hf}$ 값

$\Delta HRV_{Lf/Hf}$ 값이 커질수록 교감신경계가 일반적으로 활성화된다.

III. 감성 실험 방법

생체 신호 측정을 위한 실험실에 그림 2와 같이 시각 자극을 제시하기 위한 프로젝터와 조명 조절 시설을 설치하였고 청각 자극을 제시하기 위한 오디오와 방음 시설을 설치하였다. 환풍 장치와 냉난방 장치를 통해 습도 및 온도를 조절할 수 있도록 구성하였다.

감성 유발을 위한 단순 감각 자극으로 시각, 청각, 후각, 피부 감각 자극을 제시하였다. 시각 자극은 9개의 사진으로 구성하였다. 각 자극에 대한 100여명의 설문지 조사 결과, 쾌한 감성 또는 불쾌한 감성, 중립감성을 유발한다고 평가된 자극들을 피험자에게 임의적인 순서로 제시하였다. 꽃이 만발하거나, 흥겨워 하는 축제의 모습 등을 쾌한 시각자극으로 사용하였다. 얼굴의 반쪽이 일그러진 사람이나 심장 수술 중인 사진들을 불쾌한 자극으로 사용하였다. 중립 자

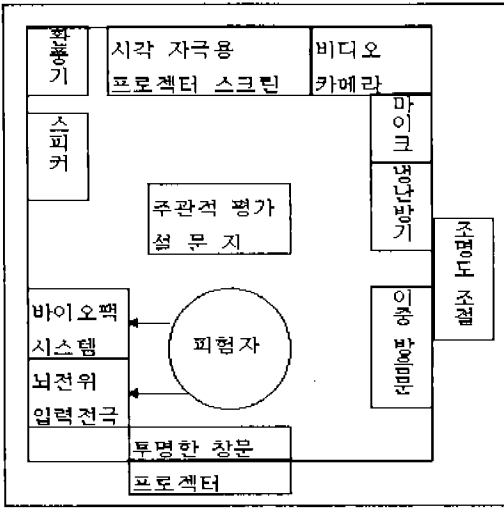


Fig 3. 감성 자극에 대한 생체 신호 측정실

극으로는 의자나 버섯등을 제시하였다. 청각 자극은 9개의 음향 효과음으로 구성하였다. 쾌한 감성의 유발에 사용한 자극은 주로 자연의 소리로 새소리, 계곡 물소리 등이었고 불쾌한 감성의 경우, 차출들 소리, 총소리등을 사용하였다. 후각 자극의 경우 6개의 자극을 사용하였는데 향수, 식초, 오염된 물등을 제시하였다. 촉각 자극은 부드러운 양털, 거칠거칠한 사포, 비닐로 3가지를 사용하였다. 각 자극은 30 초 동안 주어졌으며 다음 자극이 주어지기 전에 2분 동안의 휴식을 취하도록 하였다. 자율신경계의 반응인 심전도와 피부 온도는 쾌, 불쾌 감성의 강도가 큰 경우인, 즉 감정이 유발된 상황에 대해 그 경향이 잘 알려져 있다. 뇌전위 신호에서 추출한 변수가 쾌, 불쾌 감성을 제대로 반영하는지를 확인할 때 부분적으로 참조하기 위해 심전도와 피부 온도의 경향도 동시에 측정하였다. 뇌전위는 미국 Cadwell사의 21채널 스펙트럼32 장비를 사용하여 측정하였고 심전도, 피부 표면 온도는 미국 바이오팩사의 MP100 장비를 사용하여 측정하였다. 뇌전위는 양쪽 귓바퀴를 기준 전극으로 하여 10/20 전극 배치법에 의해 모노폴라 타입으로 21채널 전극을 사용하였다. 왼쪽 손바닥의 중앙에 피부 표면 온도를 측정하는 센서를 부착하였고, 왼쪽 손목에서 심전도를 측정하였다. 피부 온도, 심전도는 200 Hz, 뇌전위는 204.8 Hz의 샘플링 주파수로 각각 측정하였다.

본 연구에 필요한 다양한 실험에 참여한 피험자는 충남 대학교 학생들로 20 - 28세의 건강한 남녀 총

45명으로 구성하였다. 모든 피험자들은 측정 전 48시간 이내에 카페인이나 다른 약물이 들어 있는 음식을 섭취하지 않도록 통제하였다. 실험을 하기 전에 실험에 대한 간단한 설명과 움직이지 말 것, 졸지 말 것, 자극이 주어지는 동안에 자극에 집중할 것 등의 주의 사항을 지시한 후, 피험자가 측정실 환경에 잘 적응하도록 편안한 음악으로 차분한 분위기를 조성하였다. 피험자 혼자만 측정실에 있도록 문을 닫은 후 조명을 약간 어둡게 조절하였다. 피험자는 오감을 단독적으로 자극받아 단독오감에 의한 감성을 각각 체험하게 하였으며 그에 수반된 생리적 신호를 수집, 저장 하였다. 실험이 진행되는 동안 비디오 카메라와 마이크를 통해 피험자와 정보 교환을 하였다. 각 주어진 자극이 끝날 때마다 설문지에 자극에 대한 주관적인 감성 평가를 하도록 지시하였다. 실험이 모두 끝난 후에 한번 더 각 피험자에게 자신이 보았던 자극에 대한 주관적인 감성 평가를 하도록 지시하였다. 가장 쾌한 것을 5, 가장 불쾌한 것을 -5라고 할 때 자신이 자극에 대한 느낀 쾌, 불쾌 정도를 -5에서 5까지의 11개의 정수값 중의 하나로 표현하는 방법, 즉 11점법에 의한 주관적인 감성평가를 하였다. 자극에 의해 유발된 같은 감성 상태에 대해 주관적 평가를 두 번 조사한 이유는 피험자가 자신이 느낀 감성을 제대로 정량화하지 못하는 경우가 있기 때문이다. 이러한 경우, 첫번째 행한 주관적 평가와 두번째 행한 주관적 평가값 사이의 상관도가 매우 낮게 된다.

IV. 감성 실험 결과

IV.1 ILF - IHF의 선형 관계

뇌전위의 주요한 주파수 성분의 하모닉스 그룹을 (3 Hz, 6 Hz, 9 Hz), (4 Hz, 8 Hz, 12 Hz), (5 Hz, 10 Hz, 15 Hz), (6 Hz, 12 Hz, 18 Hz), (7 Hz, 14 Hz, 21 Hz)으로 선택하여 ILF, IHF값을 조사하였다. 눈뜬 상태에서 아무런 자극이 주어지지 않았을 때, 각 피험자로부터 약4분 간격으로 5초씩 뇌전위를 10번 측정하였다. 각 피험자의 뇌전위에서 각각 계산한 10개의 ILF, IHF값으로부터 두 변수 사이의 상관 관계를 조사하였다. (3 Hz, 6 Hz, 9 Hz), (4 Hz, 8 Hz, 12 Hz), (6 Hz, 12 Hz, 18 Hz), (7 Hz, 14 Hz, 21 Hz)에서의 ILF-IHF 관계는 유의미한 상관성을 보이지 않았고(RMSE(Root Mean Square Error) > 0.5) (5 Hz, 10 Hz, 15 Hz)에서만 ILF와 IHF 값이 그림 3과 같이 유의미한

선형 함수관계를 보여주었다(RMSE < 0.5)

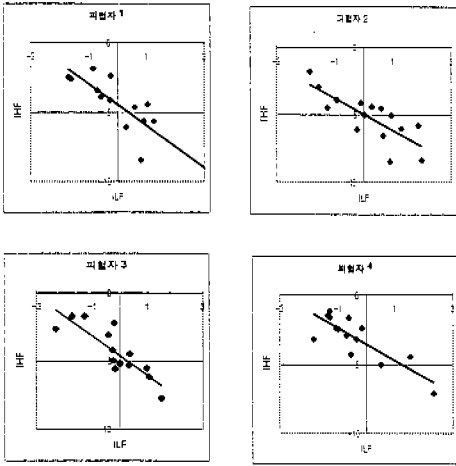


Fig 4. ILF와 IHF사이의 일정한 선형관계

표 1은 ILF와 IHF사이의 선형 관계를 $ILF = a \cdot IHF + b$ 인 식으로 근사시켰을 때 직선의 기울기 a와 y절편b값을 나타낸다. 이때 오차를 RMSE값으로 구하였고 표는 RMSE < 0.35인 피험자들만을 나타낸 것이다. 기울기 a의 평균값은 -1.23553, 표준 편차값은 0.181402이었고 y 절편의 평균값은 -3.90122, 표준 편차값은 0.74654로 일정한 직선 함수 관계가 있었다. 이러한 관계는 전 채널에서 유사하게 나타났으며 특히 전두엽이 가장 작은 RMSE값을 지녔다.

(5 Hz, 10 Hz, 15 Hz) 에서 발견된 ILF - IHF의 직선 관계식으로 부터 P(5), P(10), P(15)인 파워 스펙트럼 값 사이의 관계식은 다음과 같이 유도된다. 실험에 의해 $ILF = a \cdot IHF + b$ 인 관계가 밝혀졌으므로 식(1)의 ILF, IHF를 직선식에 대입하여 정리하면 식(4)의 관계식을 얻는다.

$$P(2f) \left(\frac{\log 2}{\log 1.5} \right)^{a+1} = 10^{-b} P(f) P(3f) \left(\frac{\log 2}{\log 1.5} \right)^a \quad (4)$$

f = 5일 때 a ≈ 1.2, b ≈ -3.9 이었으므로 이를 식(4)에 대입한다. 이 식을 정리하면 P(5), P(10), P(15) 사이에 식(5)과 같은 관계식이 성립한다.

Table. 1

피험자	a	b	RMSE
1	-1.39479	-4.34159	0.222954
2	-1.46504	-4.88419	0.247188
3	-1.18846	-2.83359	0.249204
4	-1.46343	-3.98483	0.261603
5	-1.18978	-3.46797	0.263908
6	-1.11105	-4.84686	0.272888
7	-1.05587	-3.25298	0.294012
8	-1.01579	-3.59776	0.350649
평균	-1.23553	-3.90122	0.270301
표준편차	0.181402	0.74654	0.038475

$$P(10)^3 = 10^{3.9} P(5)P(15)^2 \quad (5)$$

식(5)의 관계식은 피험자의 개별성에 상관없이 피험자의 뇌전위에 공통적으로 존재하는 규칙이므로 뇌전위에서 ILF, IHF값은 개인차를 고려하지 않아도 일반성을 지닌 변수이다.

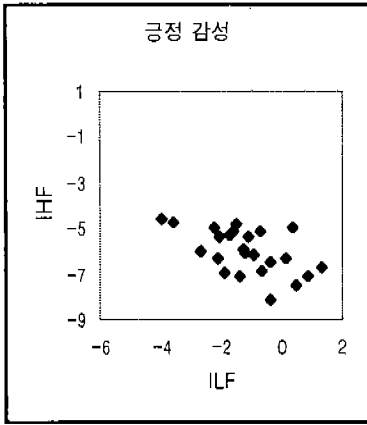
IV.2 ILF, IHF와 쾌, 불쾌 감성

쾌, 불쾌를 유발한 감성 실험에서 각 피험자로부터 각 감각 자극에 대해 쾌, 불쾌를 유발한 대표 자극을 하나씩 뽑도록 하였다. 그 자극에 대해 반응한 피험자의 뇌전위로부터 ILF, IHF변수를 추출하여 쾌, 불쾌 감성에 대한 경향을 조사하였다. 각 감각 자극에 대해 24명의 피험자의 전두엽에서의 ILF, IHF값을 함께 표시하면 그림 4와 같다.

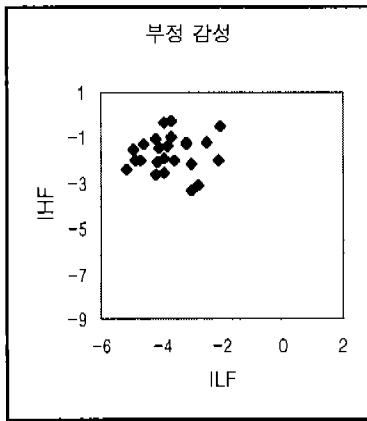
그림 4에서와 같이 쾌, 불쾌 감성 상태일 때 ILF - IHF 공간상의 분포가 구분된다. 쾌한 상태일 때가 불쾌한 상태에 비해 ILF값이 크고 IHF값이 작은 영역에 점이 적혀있다. 이러한 경향은 전두엽 뿐만이 아니라 머리표면의 전 영역에서 전반적으로 나타났으며 특히 전두엽에서 그 경향이 더욱 명확하였다. 이는 본문 II.1의 모식도에서 강조되었던 전두엽이 단순 감각 자극에 대한 감성 정보 처리를 하는 대뇌 피질 영역에서의 집결지임을 보여준다.

IV. 3 감성 정량화변수, RQES의 구현

쾌, 불쾌 감성의 정도를 객관적으로 정량화하기 위해 전두엽에서의 ILF, IHF 변수로 구성된 새로운 감



(a)



(b)

Fig.5 24명의 피험자에 대해 각 쾌한 상태(a), 불쾌한 상태(b)에서의 ILF, IHF값을 나타낸 그림.

성 변수 RQES(Relative Quantified Emotional State)를 다음과 같이 도입하였다.

$$RQES = \frac{sILF - rILF}{rILF} - \frac{sIHF - rIHF}{rIHF} \quad (6)$$

여기서 $rILF$, $rIHF$ 는 각각 자극 전의 휴식상태에서의 ILF, IHF 값이며 $sILF$, $sIHF$ 는 각각 자극이 주어졌을 때의 ILF, IHF 값을 나타낸다. 식 (6)의 우변에 있는 각 두 항들은 자극 전의 상태에

대한 자극 상태의 ILF, IHF의 상대적 변화량으로 자극 전에 비해 주어진 자극이 쾌 또는 불쾌한 감성을 얼마나 유발했는지를 반영한다. 그림 4와 같이 ILF가 증가하고 IHF가 감소할수록 더 쾌한 감성이었으므로 ILF의 증가가 RQES의 증가에 기여하도록 첫번째 항의 부호는 양으로 하였다. 또한 IHF의 감소가 RQES의 증가에 기여하므로 두번째 항의 부호는 음으로 정하였다. 결과적으로 RQES 값이 클수록 더 쾌한 감성을 나타내도록 하였다.

RQES와 주관적 평가 결과와 비교해보면, 피험자의 72%가 그림 5와 같이 감성의 주관적 평가 값과 0.5이상의 상관도를 지닌 선형적인 비례관계를 보였다.

RQES와 주관적 감성 평가와의 직선 함수식은 사

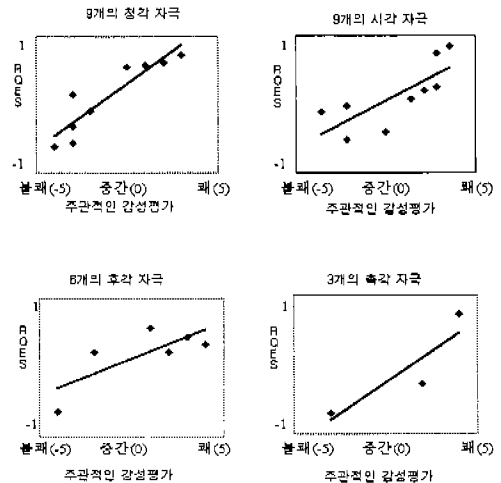


Fig.6 주관적인 감성평가값과 뇌전위의 RQES 변수 사이의 양의 비례관계를 청각, 시각, 촉각, 후각 자극에 대해 나타낸 그림

람마다 개별성이 있었으나 공통적으로 양의 기울기로 나타났다. 유의미한 선형 의존성을 보이지 않은 나머지 28%의 피험자의 경우, 대부분이 첫번째 주관적 평가와 두번째 주관적 평가와의 상관도의 값이 낮은 사람으로 확인되었다. 그림 6은 두 번 시행한 주관적 평가값 사이에 상관도가 높은 사람과 상관도가 낮은 사람을 비교한 것이다. 이는 상관도가 낮은 피험자의 경우, 주관적 평가값을 일관되게 정량화하지 못하기 때문에 뇌전위에서의 RQES과의 유의미한 선형적인 상관성이 나타나지 않은 것으로 파악된다.

자신의 감성을 주관적으로 일관성 있게 표현하지 못하는 사람이라도 객관적인 생리 신호는 일관성 있게 반응하리라는 가능성도 연구가 진행 중이다. 만약 이 가능성이 확인된다면, 뇌전위에 의한 객관적인

는 방향으로 변했다. 그러나 감성 수준이 아닌 강도가 강한 감정의 수준이 되어야만 교감 또는 부교감 신경계가 구분되는 반응을 하게된다. 즉, 중립 근처의 쾌, 불쾌 감성에 대해서는 주관적 감성 평가와 자율신경계에 의해 제어되는 생리 신호의 변수 사이의 대응 관계가 명확하지 못하다.

따라서 자율신경계에 의해 지배되는 생리 신호의 양상은 감성을 평가하는 데 도움이 될 수는 있으나 감성을 직접적으로 정량화하는 단독 변수로 고려하기에는 부적합하다.

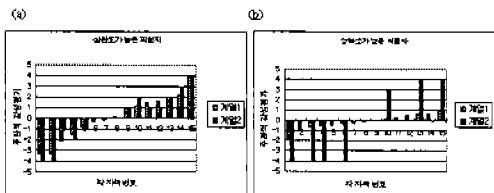


Fig. 7 첫번째 주관적 감성평가값(계열1)과 두번째 주관적 감성평가값(계열 2)사이의 상관도가 높은 피험자(a)와 낮은 피험자(b)를 비교한 그림.

감성 평가 방법이 단지 주관적인 감성 평가를 대체하는 것이 아니라 오히려 주관적 감성 평가 방법보다는 더 정확한 감성 반응 결과를 줄 수 있다.

IV.4 자율신경계 반응과의 비교

중추 신경계의 활동을 반영하는 뇌전위의 감성반응과 경향을 비교하기 위해, 자율 신경계의 활동을 반영하는 피부 온도와 심전도를 분석하였다. 먼저 피부온도와 주관적 평가와의 상관성에 대해서는, 50%에 해당하는 그룹은 주관적 평가와의 상관도가 0.3이하로 유의한 경향을 보이지 않았다. 유의한 경향을 보이는 그룹은 쾌할수록 값이 작아졌다. 따라서 감성 자극에 의해 피부 온도가 유의하게 반응할 경우, 손바닥의 피부 온도는 감성의 주관적 평가와 음의 기울기로 비례 관계를 보였다. 이처럼 불쾌하면 손바닥의 온도가 올라가고 쾌할수록 피부 온도가 감소하는 이유는 일반적으로 쾌한 감성을 느낄 때는 부교감 신경계가 활성화되고 불쾌한 감성을 느낄 때는 교감 신경계가 활성화되기 때문이다. 즉, 교감 신경계가 활성화되면 팔 다리의 근육의 긴장도가 높아지고 신진대사가 활발해지면서 열이 발생하게 되어 손바닥의 피부 온도가 올라가는 것이다.

심전도와 주관적 감성평가와의 상관성은 상관도가 모두 0.4 이하로 매우 낮게 나왔다. 비록 상관도는 낮았으나 대략적인 경향은 쾌할수록 값이 작아졌다. 이는 쾌할수록 부교감 신경계가 활성화 됨을 나타낸다. 결과적으로 자율신경계의 활동을 반영하는 피부 온도와 심전도의 반응은 쾌하면 부교감 신경계가 활성화되는 방향으로 불쾌하면 교감 신경계가 활성화되

V. 요약 및 토의

뇌전위에서 개인차가 없는 일반적인 규칙을 지닌 두 개의 정보 변수, 즉, ILF와 IHF를 발견하였다. 이러한 일반성을 지닌 정보 변수가 청각, 후각, 촉각 자극에 의해 유발된 쾌하거나 불쾌한 감성 상태를 구분할 수 있으며 전두엽에서 그 경향이 두드러짐을 확인하였다. 이는 II.1에서 제시한 모식도에서 강조되었던 전두엽이 쾌,불쾌 감성 정보를 반영하는 곳임을 확인한 셈이다. 전두엽의 뇌전위에서 감성 자극이 주어지기 전과 자극이 주어지는 동안의 ILF, IHF값을 정규화함으로써 새로운 변수, Relative Quantified Emotional State(RQES)을 구현하였다. RQES은 쾌, 중립, 불쾌한 감성의 정도를 선형적으로 정량화하였다. 따라서 하나의 전극으로 측정된 전두엽부분의 뇌전위로부터 RQES 값을 계산하면 인간의 쾌, 불쾌 감성을 신뢰도있게 정량화 할 수 있다.

참고 문헌

- Jackson Beatty, *Principles of Behavioral Neuroscience*, Wm.C.Brown Communication, Inc.,1995.
- 박 찬응, 김 승업, *신경과학:뇌연구의 기초*, 민음사, 1990.
- Marjorie A. England & Jennifer Wakely, *The Working of the Brain, Color Atlas of the Brain & Spinal Cord*, Mosby Year Book, 1991.
- John G. Nicholls, A.Robert Martin & Bruce G.Wallace, *From Neuron To Brain*, third edition, Sinauer Associates, Inc., 1992.
- Bruce J.fisch, *Sphelmann's EEG Primer*, second

edition, Elsevier Science Publisher B.V.,
1991.

Paul L. Nunez, *Neocortical Dynamics and Human EEG Rhythms*, Oxford University Press, Inc., 1995.

J.M.Choi, M.C.Whang, B.H.Bae, S.Y.Kim, and C.J.Kim, "SMNI-Lagrangian EEG Model", Korean Journal of Ergonomics(in print), 1997.

F. Gruneis, M. Nakao, Y.Mizutani, M.Yamamoto, M. Meesmann, and T. Musha, "Further study on 1/f fluctuations observed in central single neurons during REM sleep", *Biol. Cybern.* 68, pp.193-198, 1993.

A. R. Osborne, A. Provenzale, "Finite Correlation Dimension For Stochastic Systems With Power-Law Spectra", *Physica D*, vol. 35, pp. 357-381, 1989.

Rollin McCraty, Mike Atkinson, William A.Tiller, Glen Rein, and Alan D. Watkins, "The effects of emotions on short-term power spectrum analysis of heart rate variability", *The American Journal of Cardiology*, vol.76, no.14, pp.1089-1093, 1995.

Quantification of Positive and Negative Emotions by Single-Channel Brain Wave

J.M.Choi*, M.C.Whang**, B.H.Bae*, E.K.Yu***, S.H.Oh***,
S.Y.Kim*, C.J.Kim***

(*KAIST Department of Physics, **SangMyung University, ***KRISS Ergonomics Lab)

Abstract It is important to develop the credible evaluative method of positive and negative emotions by given various stimuli . We made the physiological model of emotion by the relationship between central nervous system(CNS) and autonomous nervous system(ANS). We measured Electroencephalography for CNS and Electrocardiogram, and Skin Temperature for ANS. In the experiment, forty five volunteers were healthy twenty to twenty-eight aged males or females. Each subject experiences thirty kinds of stimuli in which ten visual, ten auditory, three olfactory, and three tactile stimuli were given respectively for evoking positive or negative emotions. They made subjective evaluations to each stimulus by 11- point scale method. We found the general parameters of ILF(Information of Low Frequency) and IHF(Information of High Frequency) from single-channel EEG of frontal lobe. We investigated the mathematical relationship between these parameters. The trend of these two values can discriminate positive and negative emotional state. To quantify emotional state, we defined the new parameter of 'Relative Quantified Emotional State (RQES)' by proper combination of ILF and IHF. The value of RQES was correlated with subjective evaluation. This technique enables us to monitor the gradual degree of each positive or negative emotion evoked by given stimulus with only one-channel EEG measurement device.