

제품에 대한 시각 감성 측정에 관한 연구

김동선¹, 김동윤¹, 임영훈²

¹연세대학교 보건과학대학 의용전자공학과, 강원도 원주시 220-701

²세명대학교 전기전자공학부, 충청북도 제천시 390-230

서론

최근 수년동안 국내외에서 감성공학에 대한 연구가 활발해짐에 따라 많은 연구 결과들이 보고되고 있다. 비록 현재의 연구가 기초 기술 위주로 이루어지고 있지만 실제 인간 생활에 적용할 수 있는 응용 기술로 발전하는 것도 이제 그리 멀다고 볼 수 없는 상황이 되었다. 이에 본 연구에서는 그 동안 수행되었던 기초 연구들을 실제 제품에 대하여 실험적으로 적용하여 보았다.

본 연구에서는 피험자들에게 의류 및 자동차 제품에 대한 슬라이드 자극을 제시하고 다양한 생리 신호를 측정하여 제품에 대한 감성을 측정하고자 하였다. 감성 파라미터의 추출을 위하여 다양한 선형 및 비선형 분석 방법을 획득된 생리 신호에 적용하였으며 추출된 파라미터들로부터 하나의 결과를 추정하기 위하여 종합 감성 평가 시스템을 제안하였다. 개별적인 감성 파라미터의 결과들은 낮은 성능을 보였으나 종합 감성 평가 시스템은 의류와 자동차 제품에 대하여 각각 79%, 76%의 성능을 나타내었다. 또한 제안된 분석 알고리즘을 통합적으로 구현하기 위하여 PC상에서 자동 분석 시스템 통합 환경을 구현하였다.

실험 방법

건강한 20대 여자 대학생 23명에게 의류, 자동차 제품자극을 제시하고 생리신호를 측정하였다.

제품 장면 자극의 선정을 위하여 의류, 자동차에 관련된 사진을 해당 전문가에 의해 수집하고, 제품 디자인 선호도에 따른 극단적인 선호, 비선호 그리고 중립의 정서가를 가지는 그림 56장으로 분류하도록 하였다. 이것을 20대 남녀 대학생 30명에게 제시하여 semantic differential scale(SDS), self-assessment manikin(SAM)[1] 설문 조사를 실시한 결과에 따라 16장의 슬라이드를 선택하였다.

데이터 획득을 위하여 BIOPAC MP100-WS와 GRASS MODEL 12를 사용하였으며 피험자들로부터 획득된 생리 신호들은 electroencephalogram(EEG; O1, O2, F3, F4 referred A1, A2), electrocardiogram (ECG; RA, LA, RF), photoplethysmograph (PPG)이었다. 모든 생리신호들은 1000Hz/sec로 획득되었으며 필요에 따라 200Hz로 다시 처리하였다. 제품 자극의 제시 및 측정을 위하여 세명대학교에 그림 1과 같은 방음 및 차폐된 측정실(3.8m×4m×2.5m)을 구성하였다.

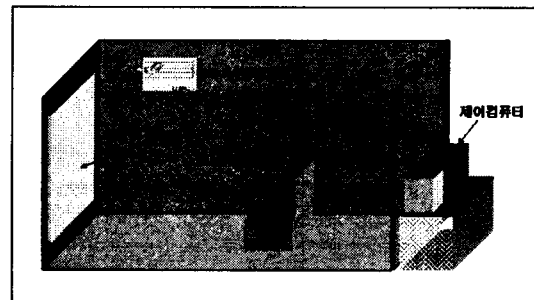


그림 1. 측정실 구성도

실험과정은 먼저 피험자가 1시간 전에 도착하도록 하고 충분히 안정을 취한 후에 SDS를 작성하도록 한다. 피험자에게 실험과정과 실험목적에 대하여 충분히 설명을 하여 불안감을 제거한다. SDS 작성이 끝나면 전극을 부착하고 안정을 취하게 한다. 모든 준비가 완료되면 측정실로 입장하여 충분히 휴식을 취하게 한 후에 실험을 시작한다.

슬라이드의 제시순서는 중립-선호-비선호 정서가 슬라이드이며 중립슬라이드가 제시된 후에는 1분 동안 눈감은 상태로, 30초 동안 눈뜨고 상태로 휴식을 취하며 선호 및 비선호 자극 정서가 슬라이드를 보여준 후에는 SDS 테스트를 실시하고 충분한 휴식을 취하였다. 이러한 과정을 의류, 자동차 정서가 슬라이드에 대하여 쾌, 불쾌 순서로 각각 2번

씩 반복하였다. 생체신호는 슬라이드를 제시하는 2분 동안 측정되었다.

분석 방법

1. EEG의 상대 전력비

EEG의 α 파와 β 파는 중추신경계의 변화에 민감한 반응을 보이는 변수로 잘 알려져 있다. 본 실험에서는 눈을 뜬 채로 슬라이드를 보기 때문에 안구운동의 영향을 받는 δ 파를 제외시키기 위하여 새로운 파라미터 α' , β' 를 다음과 같이 정의하였다:

$$\alpha' = \frac{\alpha}{\alpha + \beta + \theta}, \quad \beta' = \frac{\beta}{\alpha + \beta + \theta}$$

본 연구에서는 β' 와 α' 의 차 $\beta' - \alpha'$ 를 감성 파라미터로 사용하였다.

2. 상관차원

상관차원은 신호의 복잡성을 측정하는 변수로서 위상 공간상에 있는 점들의 분포 특성을 나타낸다. Grassberger와 Procaccia[2]에 의해 일반화된 상관차원을 구하는 방법은 위상공간에서 r 보다 작은 거리에 의해 분리되는 점들의 쌍의 상대적인 개수를 결정하는데 근거를 둔다. 이것은 상관적분을 구하는 식:

$$C(r) = \frac{2}{N(N-1)} \sum_{m=1}^N \sum_{n=m+1}^N \theta(r - \|\vec{y}(m) - \vec{y}(n)\|)$$

과 상관차원을 구하는 식:

$$d_c = \lim_{r \rightarrow 0} \frac{\log(C(r))}{\log(r)}$$

에 의해 계산된다.

상관차원을 계산하기 위하여 시계열 데이터의 위상공간 재구성이 필요한데 여기서 지연시간의 설정은 매우 중요한 문제이다. 올바른 지연시간의 설정은 카오스 시스템 분석의 가장 중요한 첫 걸음으로서 카오스 시스템의 모든 정보를 얻어 낼 수 있도록 한다. 반면에 부적절한 지연시간 설정은 동역학 시스템의 특성을 잃게 하는 것이다. 본 연구에서는 Fraser[3]의 상호정보량 알고리즘을

이용하여 지연시간을 설정하였다. 즉 상호정보량의 첫 번째 국부 최소값을 지연시간으로 설정하였다. PPG의 지연시간은 평균 약 0.4 초를 보였다.

일반적으로 상관차원이 클수록 시스템이 복잡함을 의미하며, 생체시스템에서는 카오스 향상성[4]에 의하여 시스템이 복잡할수록 건강함을 의미한다. 본 연구에서는 PPG의 상관차원을 감성 파라미터로 사용하였다.

3. 리아프노프 지수

리아프노프 지수는 초기조건에서의 극미한 작은 에러의 평균 증가를 정량화한 값이다. 카오스 시스템에서는 상태의 작은 변화가 지수적으로 증가해서 결국 시스템의 행동을 완전히 지배하며 리아프노프 지수는 이것을 정량화 한다. 시스템이 적어도 하나의 양의 리아프노프 지수를 갖고 있으면 시스템은 카오스적이라고 할 수 있으며 양의 지수가 크면 클수록 시스템은 더 카오스적이다. 최대의 리아프노프 지수들은 Wolf[5]가 제안한 알고리즘에 의해 근사 추정될 수 있다. 본 연구에서는 PPG의 리아프노프 지수를 감성 파라미터로 사용하였다.

4. 심박변화율

심박 간격은 인체의 항상성을 유지하려는 자율신경계에 의해 변화한다는 것이 알려져 있으며, 이 심박 간격을 연속적으로 기록한 것이 심박변화율(heart rate variability, HRV)이다.

HRV의 주파수 스펙트럼을 구하기 위하여 autoregressive(AR)[6]스펙트럼을 사용하였다. AR 계수를 계산하기 위하여 Burg 알고리즘을 사용하였고 최적 차수 결정을 위하여 final prediction error(FPE)를 사용하였다. AR 스펙트럼 $P_i(f)$ 는 다음과 같다:

$$P_i(f) = \frac{P_{n(P)}}{|1 + [\sum_{m=1}^P a(P, m) \exp(-j2\pi f m)]|^2}$$

본 연구에서는 주파수 스펙트럼의 저주파수 영역(0.01~0.09Hz, LF)과 고주파수 영역(0.15~0.5Hz, HF)의 비 LF/HF를 구하여 감성 파라미터로 사용하였다.[7] LF/HF는 각 영역에서 특징한 자율신경계의 영향을 반영한다.

회귀도[8]는 ECG 데이터에서 획득한 연속적인 RR 간격을 아래의 식에 의해 2차원 공간에 재구성하여 얻어지며:

$$I(i) = \{I(i), I(i+1)\}$$

얻어진 회귀도의 분산은 다음과 같다.:

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} (x_i - \bar{x})^2$$

$$\sigma_y^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} (y_i - \bar{y})^2$$

$$\sigma^2 = \sigma_x^2 + \sigma_y^2$$

본 연구에서는 회귀도의 2차원 분산을 감성 파라미터로 사용하였다.

5. 종합 해석 시스템

본 연구에서는 다양한 생리신호에서 추출된 여러 감성 파라미터로부터 하나의 감성 상태를 추정하기 위하여 종합 해석 시스템을 사용하였다. 시스템의 알고리즘은 maximum likelihood estimation (MLE)을 기초로 하여 각 생리신호 분석 결과에서 나타난 분류율에 weighting factor를 설정하고 결과를 1과 0으로 하여 더함으로써 최종 결과 값이 양수이면 올바른 분류, 음수이면 잘못된 분류로 정의하였다. 결과가 0일 경우 weighting factor를 각 생체신호 분석 결과에 곱하여 더함으로써 재평가를 하였다. 종합 해석 시스템의 흐름도는 그림 2와 같다.

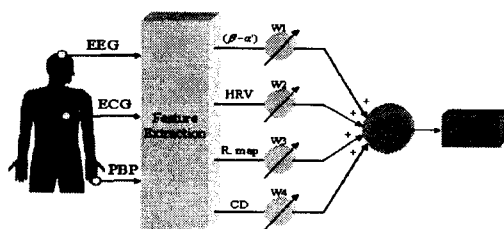


그림 2. 종합해석 시스템의 흐름도

실험 결과

피험자로부터 획득된 생리신호를 분석하여 표 1의 분류율을 얻었다. 선호, 비선호 시 자극에 대한 전체적인 분류율은 장면 자극 분류율보다 훨씬 떨어지는 50% 내외의 성능을 보였으며 몇몇 파라미터들을 제외하고는 대부분 유의미한 성능을 보이지 못하였다. 그러나 각각의 파라미터들을 종합 해석 시스템에 적용하였을 경우 의류 79%, 자동차 76%의 분류율을 보였다.

또한 분석 알고리즘들을 통합적으로 구현하기 위하여 감성 분석 시스템을 구현하였다. Pentium II PC, Windows 98을 기반으로 하여 Visual C++ 5.0을 사용하여 개발된 감성 분석 시스템은 최대 16채널의 생리신호를 화면에 디스플레이하며 FFT, AR, HRV 획득, 2D/3D 어트랙터, 상호정보량, 상관차원, 리아프노프 지수, 회귀도 분석등이 가능하다.

표 1. 각 파라미터들의 분류율

생체신호	분석방법	의류	자동차
EEG	상대전력비	62%	53%
PBP	상관차원	44%	44%
HRV	AR 스펙트럼	75%	82%
	회귀도	67%	53%
종합해석 시스템	MLE	79%	76%

결론

본 연구에서는 의류 및 자동차의 제품 감성 자극을 피험자에게 제시하고 이에 대한 감성을 측정하였다. 감성 측정을 위한 다양한 시각 자극을 개발하였으며, 감성 실험 측정실을 구축하고 실험 프로토콜을 개발하였다. 기존의 선형 분석 방법뿐만 아니라 비선형 카오스 분석 방법을 측정된 생리신호에 적용하여 유의미한 파라미터를 추출하였으며 종합 해석 시스템을 제안하여 하나의 결과를 추정할 수 있도록 하였다. 또한 측정된 신호의 디스플레이, 관리 및 분석 등을 효율적으로 할 수 있도록 감성 분석 시스템을 PC기반 Windows상에서 구현하였다.

참고문헌

- [1] Margaret M., Bradley and Peter J. Lang, "Measuring Emotion: The Self-Assessment Manikin and the Semantic Differential", J. Behav. Ther. & Exp. Psychiat. Vol. 25, No. 1, pp. 49-59, 1994.
- [2] Peter Grassberger and Itamar Procaccia, "Characterization of Strange Attractors", Physical Review Letters, Vol.50, No.5, pp.346-349, Jan., 1983
- [3] A. M. Fraser and H. L. Swinney, "Independent Coordinates for Strange Attractors from Mutual Information", Phys. Rev. A 33(1986), pp. 1134-1140.
- [4] 이병채, 이명호, "생체 카오스의 비선형 시계열 데이터 분석에 관한 연구", 의용생체 공학회지, 제15권, 제3호, pp.379-386, 1994
- [5] Alan Wolf et. al., "Determining Lyapunov Exponents from a Time Series", Physica 16D, pp.285-317, 1985.
- [6] Rollin McCraty, M.A, Mike Atkinson, and William A. Tillker, " The Effect of Emotion on short term Power Spectrum Analysis of Heart Rate Variability", the American Journal of Cardiology, vol.76, pp. 1089~1092, 1995.
- [7] Otto Rempelman, Ben J. Ten Voorde, "Analysis of Heart Rate Variability", Advances in Processing and Pattern Analysis of Biological Signals, Inbar Plenum Press. New York, pp.225~235, 1996.
- [8] D. Hoyer, et. al, "Nonlinear Analysis of Heart Rate and Respiratory Dynamics", IEEE Engineering in Medicine and Biology, pp.31-39, Jan./Feb., 1997
- [9] Glenn A. Myers, Gary J. Martin, "Power Spectral Analysis of Heart Rate Variability in Sudden Cardiac Death: Comparison to Other Methods", IEEE Trans. BME, vol.33, No.12, pp.1149~1156, 1986
- [10] Roel W. DeBoer, John M. Karemaker, Jan Strackee, "Comparing Spectra of a Series of Point Events Particularly for Heart Rate Variability Data", IEEE Trans. BME, vol.31, No.4, pp.384~387, 1984
- [11] J. Pardey, S. Roberts, L. Tarassenko, "A review of parametric modeling techniques for EEG analysis", Med. Eng. Phys. vol.18, No.1, pp.2~11, 1996.
- 김동선, 포스터, 1. 감성 측정 및 평가; 2. 감성 응용, 0371-760-2805, 0371-760-2197, lumi@mipl.yonsei.ac.kr