

유발뇌파의 감성지수평가에 관한 연구

김 창 석*

*전자공학과 정교수

A Study on the Estimation Ergonomics Index for Evoked Potential

Chang Seok Kim*

*Myongji University

E-mail : cskim@mju.ac.kr

Abstract

This paper has proposed presumable method of ergonomics estimate index from evoked potential of visual stimulation for establishment a fixed ergonomics estimate index. The proposed method presumes continuance time and amplitude of ergonomics using prony method. Band characteristic of alpha and beta band, and that of background and evoked potential was analyzed using FFT method. And, that were presumed continuance time and amplitude of ergonomics using prony method. As a result of that proposed method presumed band characteristic, continuance time and amplitude of ergonomics, classification of ergonomics of impatient, rage and fear were practicable.

Key words

ergonomics estimate index, prony method, evoked potential, rage and fear

1. 서 론

인간의 시각은 인간의 감성요소에서 많은 영향을 주는 주요기관이다. 감성과 인간의 뇌는 깊은 관련이 있지만 인간의 경우 직접적인 실험이 불가능하므로 뇌전위 EEG(electrocardiogram)를 이용하여 인간의 감성지수를 측정하고자 하는 연구들이 보고되고 있다[1,2]. 또한 말초신경계의 변화인 근전도, 심전도, 안구운동, 피부전위변화 등을 측정함으로써 인간의 정서상태의 변화를 측정하고자 하는 감성정보처리 연구들이 진행되고 있다[3]. 인간의 시각자극에 의한 뇌파의 분석을 위하여 객관적이고 정량화된 공학적 감성지표를 대표할 파라미터 또는 평가지수가 필요하다. 또한 공학적 측정을 통한 분석은 주파수 성분 조사정도이므로 감성 지속시간과 크기, 느낌의 분류를 위한 타당한 파라미터 개발이 시급하다. 따라서 본 논문에서는 유발 뇌파의 정량화된 감성지표를 설정하기 위하여 물체 자극에 의해 발생된 유발뇌파에서 뇌파의 감성평가 지수를 추정하는 방법을 제안한다. 측정된 유발 뇌파를 FFT 방법을 적용하여 뇌파의 알파대역과 베타대역의 대역별 특성을 분석하였으며, 자극별 뇌파와 유발뇌파의 차분데이터를 알파대역과 베타대역별로 분석한다. 또한 Prony 방법[4-6]을 적용하여 자극별로 뇌파의 감성자극 지속시간과 크기

를 추정하였으며, 추정된 파라미터가 감성평가 지수로서 타당함을 확인하였다.

2. 실험 및 결과

(1) Prony모델

측정된 유발뇌파의 복소수 데이터가 $x(1), x(2), x(3), \dots, x(n)$ 일 때 Prony모델은 다음과 같다.[4,5]

$$\begin{aligned} \hat{x}(n) &= \sum_{k=1}^K A_k e^{(\lambda_k + j2\pi f_k)(n-1)T + j\theta_k} \\ &= \sum_{k=1}^K A_k e^{j\theta_k} e^{(\lambda_k + j2\pi f_k)(n-1)T} \\ 1 &\leq n \leq N \end{aligned} \quad (1)$$

여기에서 T 는 초[sec]당 샘플간격이고, A_k, f_k, λ_k 및 θ_k 는 Prony모델의 파라미터로서 A_k 는 진폭, λ_k 는 감쇠인자, f_k 는 주파수, θ_k 는 초기위상이다. 실제 데이터에서 복소지수들은 동일한 진폭의 복소공액쌍에서 발생되어야 하므로 식 (1)은 다음과 같다.

$$\hat{x}(n) = \sum_{k=1}^{p/2} 2A_k e^{\lambda_k(n-1)T} \cos [2\pi\lambda_k(n-1)T + \theta_k] \quad (2)$$

여기서 복소지수 p 가 짝수이면 $p/2$ 개의 감쇠정현파이고, 만약 p 가 홀수이면 $(p-1)/2$ 로 감쇠정현파와 감쇠지수로 이루어진다.

유발뇌파분석시 Prony모형을 적용하기 위하여 최적차수를 결정하여야하며, 본 연구에서는 최적차수를 구하기 위해서 Akaike의 정보표준법(AIC : Akaike information criterion)을 사용하였다.[6] 모델의 최적차수를 결정하는 AIC 방법은

$$AIC(p) = \ln E(p) + \frac{2(p+1)}{N} \quad (3)$$

여기서 $E(p)$ 는 최소예측오차 에너지이다.

(2) 유발뇌파 측정시스템

유발뇌파의 감성평가지수 추정을 위하여 구성된 실험시스템 구성도는 그림 1과 같다.^[7] 본 논문에서는 국제 정서 사진 체계 IAPS(international affective picture system)의 사진중에 3장을 자극 슬라이드로 제시하여 뇌파를 측정하였다. 그림 2는 뇌파자극에 사용된 슬라이드 여자목에 칼댄 남자(자극 1), 목잘린 남자(자극 2), 웃는 아이(자극 3)로 분노, 잔인, 기쁨을 표현하는 사진들이다. 본 논문에서는 가장 자극에 민감하게 반응하는 O1부위에서 측정된 뇌파 중에서 눈을 감고 측정 한 배경뇌파 60[sec]동안과 3 가지 슬라이드 자극에 의한 유발뇌파 60[sec]동안의 데이터 중에서 초기 1[sec]동안의 데이터를 실험데이터로 사용하였다. 또한 1[sec]당 63개로 샘플링을 하였다. 그림 3은 눈을 감고 O1부위에서 측정한 배경뇌파이고, 그림 4는 각 자극슬라이드를 보는 상태에서 측정된 유발뇌파 1[sec]동안의 데이터이다. 유발뇌파 데이터를 초기 1[sec]동안을 실험데이터로 사용하는 이유는 장면슬라이드를 처음 본 상태가 가장 자극이 강하게 나타나기 때문이다.



(a) burglar with knife



(b) cutted neck



(c) smiling baby

그림 2. IAPS 사진

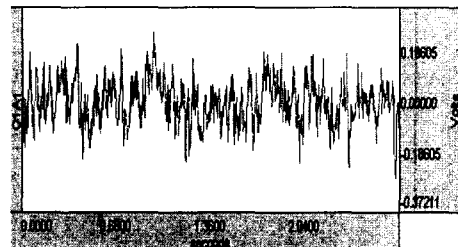


그림 3. 관측된 배경뇌파 (피검자1)

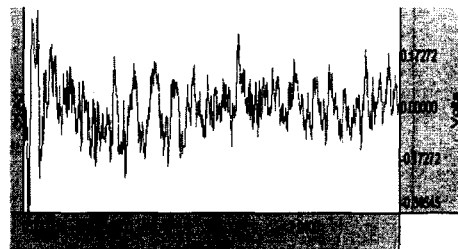


그림 4. 피검자 1에서 관측된 유발뇌파

(3) 유발뇌파의 특성분석

측정된 뇌파의 대역별 특성분석을 하기 위하여 FFT를 적용한다. 일반적으로 α 대역은 긴장을 풀 안정상태인 배경뇌파에서 나타나고, 강한 정신적인 활동에서 측정되는 유발뇌파는 β 대역에서 나타

난다. α 대역은 8~13[Hz] 범위에서 발생하는 파형이고, β 대역은 14~30[Hz] 범위에서 발생하는 파형이다.

측정된 60[sec]간의 배경뇌파 데이터를 1[sec]씩 60개 데이터로 분리한 뒤 1[sec] 동안의 60개의 배경뇌파와 14가지 유발뇌파를 가지고 8~64[Hz]의 BPF를 통과시킨후 다음의 Hamming창 함수에 의하여 FFT를 적용한다.

$$W(n) = 0.54 + 0.46 \cos\left(\frac{\pi n}{N}\right), \quad n = 0, 1, 2, \dots, N-1 \quad (4)$$

1[sec]간의 FFT 데이터를 0에서 1사이로 정규화시킨다. 정규화시킨 배경뇌파와 유발뇌파 FFT 결과 데이터의 차분의 값에서 각각의 대역별(α 와 β 대역) 평균을 구한다. 그림 5는 배경뇌파와 유발뇌파의 대역별 분석을 위한 흐름도이다. 각 자극별 데이터들의 평균과 표준편차의 값을 대역별로 구하여 표 1에 기술하였다.

표 1에서 α 대역과 β 대역의 표준편차에서 큰 차이를 나타내고, β 대역의 표준편차의 값이 α 대역의 표준편차의 값보다 작음을 알 수 있으며, α 대역이 β 대역보다 보다 더 개인차가 크다는 것을 알 수 있다. 또한 시간의 변동에 따라 차분의 값이 크다는 것을 알 수 있다. α 대역에서는 자극에 대해 표준편차의 값이 크지 않게 나타났음을 알 수 있으며, β 대역 역시 표준편차의 값이 적어서 개인차가 적음을 알 수 있다. 또한 평균부분을 살펴보면 α 대역에서는 양의 값을, β 대역에서는 전 자극에 걸쳐서 음의 값을 갖고 있다. 따라서 뇌파의 대역별, 자극별 특성 분석을 한 결과 뇌파는 α 대역과 β 대역의 특성을 가지고 있음을 확인하였다.

(4) 유발뇌파의 파라미터 추정

본 논문에서 뇌파의 감성지속시간과 크기인 감성평가지수를 추정하고, 추정된 유발뇌파의 감성평가지수의 타당성을 검토하기 위하여 감성자극별로 분석하였다. 측정된 유발뇌파에서 Prony모델의 차수를 결정하고, 결정된 차수에 의하여 Prony모델의 파라미터인 주파수 f_i , 감쇠인자 λ_i 및 진폭 A_i 를 추정하여 감성지속시간 감성지속시간과 크기를 추정한다.

가) 최적차수의 설정

표 2는 측정된 유발뇌파의 최적차수를 결정하기 위하여 AIC(p) 값을 나타낸 것으로서 AIC(p) 값이 최소인 $p=6$ 일 때를 최적차수로 설정하였다.

표 1 자극별 평균과 표준편차

stimulation	Average of α band	Standard variation of α band	Average of β band	Standard variation of β band
1	4.65×10^{-2}	3.68×10^{-2}	-5.04×10^{-2}	1.02×10^{-2}
2	3.47×10^{-2}	3.81×10^{-2}	-4.25×10^{-2}	1.07×10^{-2}
3	3.99×10^{-2}	4.22×10^{-2}	-3.31×10^{-2}	1.01×10^{-2}

표 2. 모델 차수에 따른 평균 AIC(p) 값

order p	AIC(p)	order p	AIC(p)
1	2.3047	9	4.0231
2	3.3431	10	2.9335
3	2.8614	11	4.4798
4	2.5331	12	2.3928
5	1.5259	13	3.3690
6	1.4392	14	3.9012
7	1.9486	15	2.2627
8	2.1543		

나) 감쇠인자 λ_i 추정

최적차수 $p=6$ 차로 설정한 후 구해진 LPC 값에 의하여 Prony 모델의 파라미터 z_i 의 값을 추정하고, 추정된 감쇠인자 λ_i 의 값을 표 3에 기술하였다.

표 3. 3 가지 유발뇌파의 평균 감쇠인자 λ_i

stimulation	α band	β band
1	-2.6732307	-1.9348239
2	-3.2684181	-2.8187399
3	-4.1039218	-3.1313398

다) 감성평가지수 크기 A_i 추정

Prony모델의 파라미터 h_i 의 값을 구하고 감성지수의 크기 A_i 의 값을 추정하여 표 4에 기술하였다.

표 4. 3 가지 유발뇌파의 평균감성크기 A_i

stimulation	α band	β band
1	0.25186417	0.17040511
2	0.30101638	0.23240909
3	0.27506011	0.13797952

라) 감성지속시간 t 추정

본 연구에서 감쇠인자 λ_i 의 값과 α 대역과 β 대역의 평균 감성지속시간 t 를 추정하여 표 5에 기술하였다.

표 5. 3 가지 평균 감성지속시간 t

stimulation	band	α band [sec]	β band [sec]
	1		0.39795258
2		0.32500183	0.36874167
3		0.27073175	0.43819167

(5) 감성평가지수 평가

Prony모델에 의한 감성평가지수인 감성크기 A_i 와 감성지속시간 t의 타당성을 검토하기 위하여 제안된 방법에 의해서 감성이 분류되는지 분석한 결과 다음과 같다. 표 4와 5에서 3 가지 감성을 유발하는 자극 즉, 공포자극(1), 잔인한 자극(2), 기쁨자극(3)으로 분류되었다. 또한 6가지 감성을 쾌자극(기쁨자극)과 불쾌자극(잔인함, 공포)로 분류하였다. 분류된 감성별자극의 평균 감성지속시간과 평균 감성지수크기를 표 6과 7에 나타내었다.

표 6. 감성별 유발뇌파의 평균지속시간 t

kind of emotion		α band	β band
displeasure stimulation	rage	0.38	0.48
	fear	0.275	0.27
average		0.33	0.38
pleasure stimulation	joy	0.265	0.4

표 7. 감성별 유발뇌파의 평균진폭 A_i

kinf of emotion		α band	β band
displeasure stimulation	rage	0.23	0.16
	fear	0.74	0.33
average		0.48	0.25
pleasure stimulation	joy	0.3	0.14

4. 고 찰

본 논문에서 IAPS 사진을 자극 매체로 사용하여 피검자 13명에서 발생하는 유발뇌파를 Prony모델을 적용하여 감성의 지속시간과 크기를 추정할 수 있었다. 또한 추정된 감성의 지속시간과 크기는 각 감성자극별로 분류할 수 있음을 확인하였다.

Prony모델을 적용한 결과 안타까움, 분노 그리고 공포에 대한 자극에 대해서는 감성지수로서 타당하였으며, 표 6과 7에서와 같이 잔인함, 성적자극, 기쁨의 자극에서는 감성지속시간과 크기가 α 대역, β 대역에서 큰 차이를 보이지 않으므로 자극의 변별력이 없음을 확인하였다. 이것은 안타까움, 분노 그리고 공포의 자극의 경우에는 Prony모

델에 의한 파라미터의 값의 차가 큰 반면에, 잔인함, 성적자극, 기쁨의 자극의 경우에는 파라미터의 값이 거의 같기 때문에 발생한다고 추정된다.

5. 결 론

본 연구에서는 유발뇌파의 정량화된 감성을 평가하는 지수를 설정방법을 연구한 결과 다음의 결론을 얻었다.

측정한 유발뇌파를 FFT방법을 적용하여 뇌파의 알파대역과 β 대역의 대역별특성을 분석할 수 있었으며, 자극별로 배경뇌파와 유발뇌파의 대역별 특성을 분석할 수 있었다.

Prony모델을 적용하여 유발뇌파 감성평가지수인 파라미터를 추정할 수 있었으며, 추정된 감성평가지수 파라미터에 의해서 감성지속시간과 크기를 추정할 수 있었다.

감성지속시간과 크기는 분노, 안타까움의 자극과 공포의 자극에서 큰 특성을 나타내고, 안타까움과 분노의 자극은 자극의 크기는 작으나 지속시간은 길고 공포의 자극은 크지만 짧은 자극을 나타낸다는 것을 확인하였다. 따라서 감성평가지수 파라미터인 감성지속시간과 크기를 추정함으로써 안타까움, 분노 및 공포의 감성을 감성평가지수로 분류할 수 있었으며, 추정된 파라미터가 감성평가지수로서 적합함을 확인하였다.

참고문헌

- [1] Steven L. et.at., "Alteration in EEG Amplitude, Personality Factors, and Brain Electrical Mapping after Alpha-Theta Brainwave Training : A Controlled Case Study of an Alcoholic in Recovery", Clinical and Experimetal Research, Vol.16, No.3, pp.547-552, 1992
- [2] Georg Stenberg, "Personality and the EEG : Aroual and Emotional Arousability", Personality and Individual Diff., Vol.13, No. 10, pp.1097-1113, 1992
- [3] A. M. Aniss and P. S. Sachdev, "Concordance Between Surface and Intra-Muscular Recordings of Facial Emg during Emotional expression", Electromyogr. clin. Neurophysiol, pp.73-79, 1996
- [4] Homer P. Bucker, "Comparison of FFT and Prony algorithm for bearing estimation of narrow-band signals in a realistic ocean enviroment", J. Acoust. Soc. Am., Vol.61, No.3, pp.756-762, March. 1977
- [5] D. H. Trivett, "Modified Prony method approach to echo-reduction measurements", J. Accoust. Soc. Am., Vol.70, No.4, pp.1166

-1175, Oct. 1981

- [6] Richard W. Kulp, "An Optimum Sampling Procedure for Use with the Prony Method", IEEE. Trans. on Electromagnetic compatibility, Vol.EMC-23, No.2, pp.67-71, May. 1981