

# EDA를 이용한 경고음과 향기자극의 각성효과 분석

김 연 호, 고 한 우

한국표준과학연구원

## Analysis of arousal effects of warning sound and aroma using EDA

Youn-Ho Kim, Han-Woo Ko

Korea Research Institute of Standards and Science

### ABSTRACTS

This paper studies the arousal effects of aroma and warning sound using EDA(Electrodermal Activity:EDA). Aroma stimulus started at Nz value over 1.2. Warning sound was prepared according to the arousal evaluation and control criteria. As a result, the warning sound could be controlled the arousal level in all the mKSS state. Aroma stimulus was able to prevent drowsy more than warning sound in the mKSS 3 state(the first stage of drowsiness). Therefore, aroma stimulus can be used for arousal control at that state. Furthermore, arousal control was shown to be more effective with presentation of both aroma and warning sounds than each presentation. Key words : Warning Sounds, Aroma, Arousal Control.

### 1. 서론

고속도로에서 발생하는 교통사고의 주요 원인 중 하나인 각성저하는 이제 운전시 뿐만 아니라 레이더기지나 공장 등의 여러 산업현장에서도 기기의 발달로 인한 작업의 단순화와 반복된 작업 환경에 의하여 각성저하로 인한 안전사고 발생이 많아지면서 최근 외국과 우리나라에서도 각성도 측정 및 평가 방법에 관한 연구가 진행중이다. 그러나 운전자 및 작업자를 구속하지 않으면서 각성도 관련 신호를 정확히 검출할 수 있는 센서 및 측정방법의 개발이 어렵기 때문에 신뢰성있고 실용화가 가능한 각성상태 측정에는 이르지 못하고 있으며 저각성상태를 측정하였을 경우, 더 이상의 각성저하를 방지하고 각성을 향상시키기 위한 효과적인 각성매체의 연구는 더욱 미흡한 상황이다 [1-3]. 저자들은 지금까지 피부전기활동(Electrodermal Activity:EDA)의 하나인 피부임피던스변화(Skin Impedance Change: SIC)신호를 이

용하여 각성단계를 각성, 졸림, 수면의 3단계로 나누어 각성상태를 평가하고 Small, Medium, Big의 3단계의 경고음을 주어 각성상태를 제어하는 시스템을 개발하였다[4-7]. 따라서 본 연구에서는 각성 향상매체에 대한 초기 연구단계로 이미 개발된 각성도 측정 및 제어시스템을 이용하여 EDA를 이용한 경고음과 향기의 각성효과에 대하여 알아보고자 하였고 특히, 주관적 각성상태 지표(Modified Karolinska Sleepiness Scale: mKSS)를 이용하여 각성정도어 따른 향기자극과 경고음자극의 각성효과를 분석하였다.

### 2. 각성도 측정 시스템구성

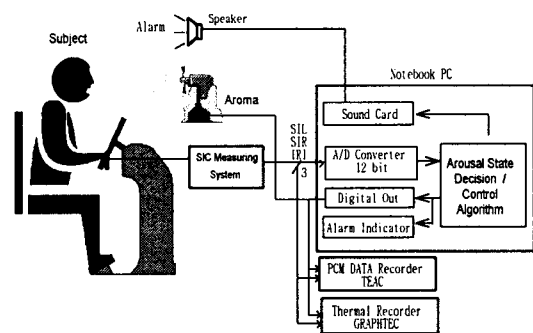


그림 1. 각성도 측정 및 제어시스템 블록선도.

Fig.1. Block diagram of arousal measurement and control system.

본 연구에서는 그림 1과 같은 측정 시스템을 구성하고 교류 통전법에 의한 피부임피던스 변화(SIC)를 측정하였으며, 이 SIC 신호로부터 교류 성분해 해당하는 피부임피던스반사(Skin Impedance Response: SIR)와 전체적인 피부임피던스 변화를 나타내는 피부임피던스 수준(Skin Impedance Level: SIL)을 분리하여 SIL의 정규화된 상대적인 진폭변화지표 Nz와 SIR의 발현간

격(Inter SIR Interval:IRI)의 변화와 각성 수준과의 상관관계로부터 각성도를 측정, 평가하여 제어할 수 있도록 하였다[4-6]. Nz는 피검자의 임피던스 수준인 SIL이 갖는 개인간의 차이를 없애고 SIL 평가지표의 일반화를 위하여 피검자에게 전극을 부착시킨 후 5분간의 안정화 시간을 둔 후 3분간의 SIL 값을 측정하여 평균한 값을 기저 임피던스(Basal Impedance:BI)로 하고 이를 기준으로 측정값을 정규화 시킨 값이다[4-6].

30인의 피검자(23세-43세)에 대하여 뇌파와 SIC를 동시에 측정한 수면실험 결과 각성수준 변화에 따른 Nz와 IRI의 상관관계 분석 및 각 영역의 분석을 통하여 각성수준의 변화를 줄임 초기, 줄임, 수면의 3단계로 평가하는 각성도 제어기준을 설정하였으나[5], 운전시에는 60초 이하의 IRI가 발생되며 Nz값은 최소에서 최대까지의 전 범위에서 발생 하고, 기존의 제어기준에서는 IRI가 60초 이하인 영역에서의 제어출력이 small과 medium 뿐이므로 효과적인 각성제어가 어렵다. 따라서 이러한 문제점을 보완하기 위하여 Nz-IRI 분포도 분석을 통하여 각성도 평가 및 제어기준을 표 1과 같이 수정하였다[7].

표 1. 수정된 각성도 평가 및 제어 기준(II).  
Table 1. Modified arousal level criteria(II).

IRI(sec) \ Nz	Nz		
	1.2 ≤ Nz < 1.5	1.5 ≤ Nz < 2.0	2.0 ≤ Nz
IRI < 60	Small	Medium	Big
60 ≤ IRI < 90	Medium	Medium	Big
90 ≤ IRI	Medium	Big	Big

3. 실험방법

피검자 5인을 대상으로 반복 실험하였으며 각각의 각성상태에 따른 소리 자극과 향기 자극이 각성효과에 미치는 영향에 대하여 알아보기 위하여 두 가지 방법으로 실험하였다. 이때 향기 자극으로는 각성효과를 일으키는 페파민트향을 사용하였고[8] 경고음은 표 1을 기준으로 small(500Hz, SPL: 77.7dB), medium(1500Hz, SPL: 79.2dB), big(3000Hz, SPL: 81.5dB)의 단일 주파수 경고음이 발생하도록 하였으며 주관적 각성상태는 표 2의 mKSS 측도를 이용하였다.

\*\*\* 1. 향기 자극 실험 protocol\*\*\*

- 1) 측정하고자 하는 주관적상태(mKSS:3, 5, 7, 9)가 될 때까지 안정화.
- 2) 측정하고자 하는 mKSS 상태가 되었을 때 각성도 측정 시스템 가동.  
: Nz, IRI 측정시작 및 향기 발생.  
(향기 발생방법: 20초마다 Nz값을 측정하여 1.2 이상 일 경우 10초간 페파민트향 발생)

\*\*\* 2. 소리 자극 실험 protocol\*\*\*

1), 2)는 위의 향기 자극 실험과 동일.  
(단, 자극 매체는 IRI 발생시 Nz를 측정하고 IRI가 발생하지 않을 경우에는 20초마다 Nz를 측정하여 표 1을 기준으로 경고음을 주었다.)

표 2. KSS 측도.  
Table 2. mKSS level.

피검자 상태	KSS
정상상태 (정신이 맑다)	1
머리가 맑지도 졸리지도 않은 상태 (약간 피로하다)	3
졸린 상태	5
많이 피로하고 졸리며 하품이 빈번하고 눈꺼풀이 무거움	7
수면 직전의 상태로 졸림과 수면이 반복되는 상태	9

4. 실험 결과 및 고찰

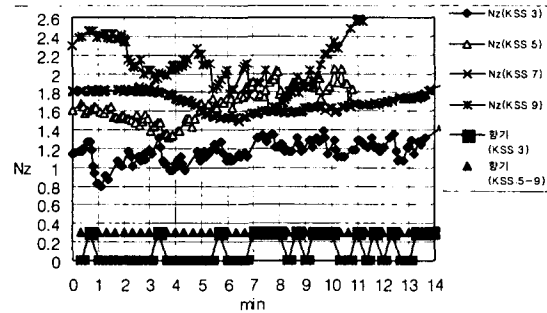


그림 2. 향기 자극 실험 결과(피검자:K).  
Fig. 2. Results of aroma test (Subject: K).

그림 2는 피검자 K의 mKSS level 3, 5, 7, 9에 대한 각각의 향기 실험 결과로 3인의 피검자 모두 유사한 형태의 결과를 보였다. mKSS 3인 경우 처음의 향기 자극으로 Nz가 4.8초만에 1.2 이하로 떨어졌으며 2분40초까지 계속하여 정상상태(Nz: 1.2 이하)를 유지하는 각성효과를 얻을 수 있었다. 시간이 경과할수록 Nz값은 1.2 이상으로 증가하는 횟수가 많아지고 이에 따라 향기 발생의 횟수도 증가하므로 향기 자극에 의한 각성효과가 초기보다 점점 줄어들음을 알 수 있는데 이는 피검자가 향기 자극에 대하여 점차 순응되어 지기 때문이다. mKSS 5, 7, 9의 경우 Nz 값이 모두 1.2 이상 이므로 매 20초마다 10초간 향기가 발생되어 Nz값이 감소하긴 하나 mKSS 5, 7, 9에 대한 각각의 최저 Nz 값이 1.33, 1.49, 1.6에 그치는 각성 효과만을 얻었고 Nz값은 다시 증가하였다. 따라서 향기를 이용한 각성제어 효과를 얻으려면 저각성초기에 향기 자극을 줄수록 효과적임을 알 수 있었다.

그림 3은 피검자 K에게 mKSS 3, 5, 7, 9일 때 각각 향기와 경고음을 주었을 경우의 각성효과를 mKSS 별로 분리하여 비교 분석한 결과이다. 그림 3(a)의 결과(mKSS 3)에서 향기 자극을 준 경우와 경고음을 준 경우 Nz값이 모두 1.2를 기

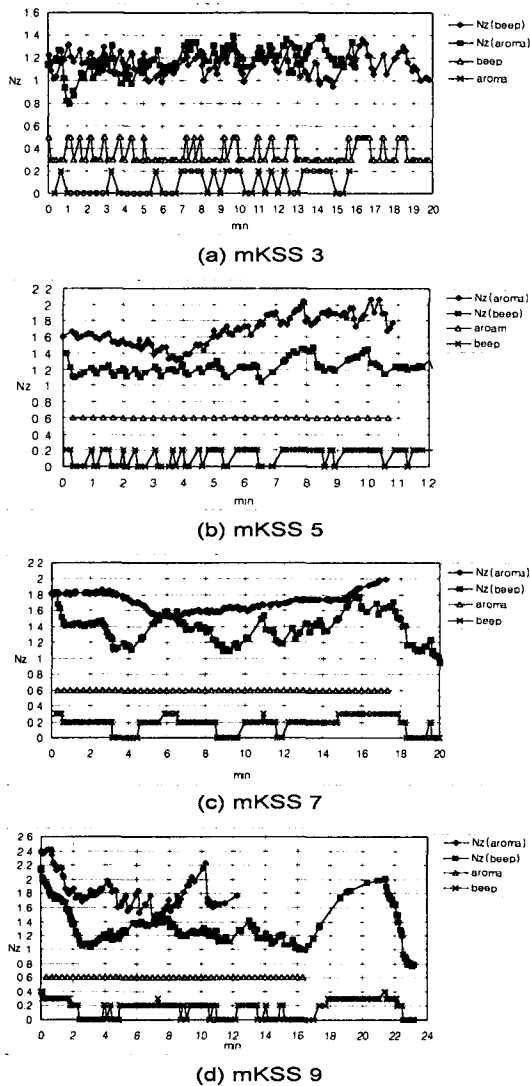


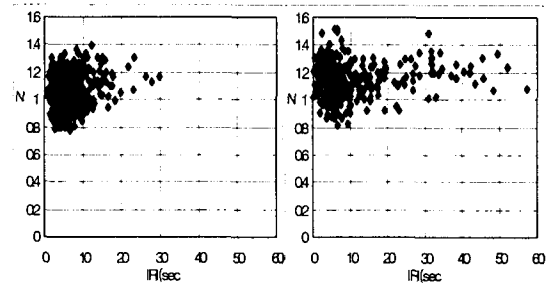
그림 3. mKSS에 대한 향기와 경고음 실험결과(피검자: K).

Fig. 3. Results of aroma and sound test about mKSS level (Subject: K).

준으로 증, 감을 반복하므로 각성제어 효과가 있음을 알 수 있다. 또한 1.2 이상인 Nz data가 향기자극을 준 경우는 29%, 경고음을 준 경우는 34.7%로 향기 자극이 경고음 자극보다 더 효과적이었다. 그림 3(b)의 결과(mKSS 5)에서는 향기 자극시 Nz값이 3분 40초경까지는 감소하나 모두 1.2 이상이었고 1.5 이상인 값도 83.6%나 차지하였다. 그러나 경고음 자극시 7분까지는 경고음에 의하여 Nz값이 거의 1.2를 유지하고 7분 이후부터 Nz의 증가폭이 커짐을 알 수 있으며 1.2 이하인 Nz값도 50.3%로 향기 자극시 보다 높으므로 각성효과에 있어서 경고음이 향기자극 보다 효과적이었다. 그림 3(c), (d)에서는 피검자가 이미 많이 졸린 상태와 수면직전 상태로, 향기 자극시 1.5 이상인 Nz가 95.2% 이상 이므로 향기 자극만으로 정상적인 각성상태의 회복과 유지

를 기대하기 어렵다. 그러나 경고음의 경우에는 표 1의 제어기준에 의하여 그림 3(c)에서는 small(0.2)과 medium(0.3) 경고음이 발생되고 그림 3(b)에서는 small(0.2), medium(0.3), big(0.4)의 경고음이 발생되어 Nz가 1.2 이하로 떨어지는 data(1.2이하의 Nz: 25.5%)가 있으므로 향기 자극시 보다 각성효과가 있었다.

그림 3의 실험 결과로부터 향기자극 효과는 mKSS 3인 경우에만 나타났으나 이때의 각성제어 효과는 경고음보다 효과적이었다. 따라서 mKSS 3인 경우에 대하여 그림 4와 같이 보완, 분석하였다.



(a). Aroma test. (b) Sound test.

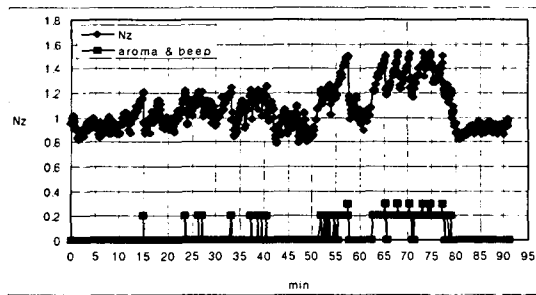
그림 4. Aroma와 Sound 실험에 의한 Nz-IRI 분포도(mKSS 3).

Fig. 4. Distribution map of Nz-IRI by aroma and sound test(mKSS 3).

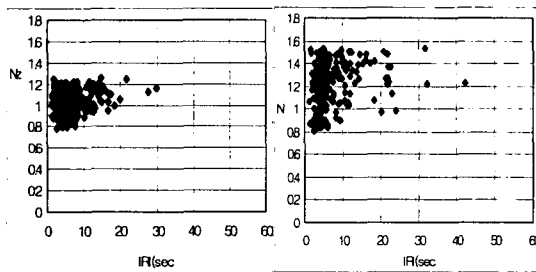
그림 4는 피검자 3인의 mKSS 3에 대한 향기 자극시(그림 4(a))와 경고음 자극시(그림 4(b))에 대한 각각의 Nz-IRI 분포도이다. 그림 4(a)에서는 Nz값이 대부분 0.8에서 1.4이하에 분포하며 IRI도 30초 이하인 반면에 그림 4(b)에서는 Nz값이 0.8에서 1.5이하에 분포하고 IRI도 60초 이하로 향기 자극시보다 Nz-IRI data가 넓게 분포하였다. 또한 그림 4(a)의 실험시 3인의 피검자는 1.2이상의 Nz값이 각각 8.3%, 3.7%, 29%로 평균 13.7% 이고, 그림 4(b)의 실험에서는 35.7%, 33.6%, 34.8%로 평균 34.7% 이므로 1.2 이상인 Nz data도 그림 4(b)에서 더 많았다. 따라서 저각성 초기상태인 mKSS 3에서는 다른 저각성상태(mKSS 5, 7, 9)와는 다르게 향기자극이 경고음 자극보다 효과적인 각성효과가 있음을 알 수 있었다.

위의 그림 2, 3, 4의 실험결과로부터 저각성 초기에는 향기 자극만으로도 각성제어가 가능하므로 표 1에서의 small 경고음 영역에서는 향기만 발생시키고 나머지 medium, big 경고음 영역에서는 향기와 경고음을 함께 발생시켜 실험하였다.

그림 5는 피검자 B에게 저각성초기에는 향기 자극만을 주고 저각성상태가 될수록 향기자극과 경고음을 동시에 주면서 실험한 각성도 제어실험 결과이다. 피검자는 처음부터 48분까지는 각성향을 위한 자극이 발생될 때 깨려는 의지를 가졌으며(각성의지 영역) 48분 이후부터 80분까지는 눈을 감고 편안히 수면상태를 취하려 하였다(비



(a) 각성도 평가 및 제어실험



(b) 각성 의지 영역(향기)

(c) 비 각성의지 영역(향기 + 경고음)

그림 5. 향기와 경고음을 이용한 각성도 제어실험(피검자: B).

Fig. 5. Arousal control test using aroma and beep sound(Subject: B).

각성의지 영역). 그림 5(a)의 결과에서 48분까지는 향기 자극 만으로도 Nz값이 1.2이하를 유지하므로 각성제어가 가능하였으나 비각성의지 영역에 속하는 52분 경에서 55분까지 Nz값은 1.2를 유지하다가 55분 이후에는 피검자가 향기에 순응되어 Nz가 증가하였다. 그러나 Nz가 1.5가 되어 향기와 함께 medium(0.3)의 경고음이 발생되자 Nz값이 1.2이하의 값으로 빠르게 감소하였고 big(0.4)의 경고음 없이 79분 경에 자연스럽게 정상상태로 되었다. 그림 5(b)는 각성의지 영역(실험 초기-48분)의 Nz-IRI 분포도로 실험시 피검자는 mKSS 3의 상태였으며 대부분 Nz값이 1.2이하(1.2이하인 Nz: 96.4%)이고 IRI도 30초 이하 이므로 향기 자극만으로도 각성효과가 있음을 알 수 있다. 그림 5(c)는 비각성의지영역(48분-80분)의 Nz-IRI 분포도로 Nz값이 1.2 이상은 58.2%이고 1.5 이상은 3.64%이었다. 이미 연구되어진 비각성의지 영역에서의 경고음 발생시 1.2 이상인 Nz는 77.7%, 1.5 이상인 Nz는 40%인 결과[9]와 비교하면 향기와 경고음을 동시에 발생시킨 경우가 19.5%(1.2이상의 Nz), 36.6%(1.5이상의 Nz) 적었다. 따라서 각성도를 증가시키기 위하여 경고음만을 이용하는 것 보다 향기와 경고음을 함께 발생시키는 방법이 더 효과적임을 알 수 있었다.

## 5. 결 론

본 연구를 통하여 mKSS level에 대한 경고음

과 향기 자극의 각성효과에 대하여 분석하였다. 실험 결과, 향기 자극의 경우 mKSS 3인 경우를 제외한 mKSS 5, 7, 9에 대하여는 Nz가 1.2 이상인 값을 가지므로 각성효과가 적었으나 경고음을 이용한 경우에는 표 1의 각성평가 지표에 의하여 각성상태에 따라 small, medium, big의 3단계 경고음이 발생하므로 경고음 발생시 Nz값이 1.2 이하로 떨어지게 되므로 향기 자극시 보다는 각성효과가 컸다. 또한 mKSS 3인 경우에는 각성효과 있어서 향기 자극이 경고음보다 더 효과적이었고 각성제어 실험시 향기와 경고음을 동시에 발생시킨 경우가 향기나 경고음만을 이용한 경우보다 각성제어에 효과적임을 알 수 있었다.

앞으로 더 많은 피검자를 대상으로 한 보완 실험이 필요하며 향기와 경고음 외의 각성효과를 갖는 매체 연구 및 각성제어가 필요한 현장에서 적용 가능한 system 개발에 대한 연구가 필요하다.

## 참고문헌

1. 이상국, "운전자 감시 제어와 교통안전도 향상 연구동향", 제어.자동화.시스템공학 학회지, vol. 2, no. 1, pp. 37-44, 1996.
2. Nimi, y, Watanabe, T. and Hori, T., "Skin potential activities as a function of stage of sleep", J. Physiol. Soc. Japan, vol. 30, pp. 231-244, 1968.
3. Y. Yamamoto, T. Yamamoto, "The characteristics of galvanic skin reflex in low awake level and their application to measurement of sleep", T. IEE Japan, vol. 108-c, no. 7, pp. 457-463, 1988.
4. 고한우, 이완규, 김연호, "피부 전기활동을 이용한 휴대형 각성도 측정 및 제어 시스템", 센서학회지, vol. 5, no. 3, pp. 55-64, 1996.
5. 고한우, 김연호, "각성도 제어를 위한 평가 기준의 설정 및 경고음의 효과 분석", 의 공학회지, vol. 18, no. 1, pp. 79-85, 1997.
6. 고한우, 이완규, "피부 임피던스 변화를 이용한 각성도 측정 시스템", 센서학회지, vol. 4, no. 3, pp. 30-35, 1995.
7. 김연호, 고한우, 유준, "피부전기 활동과 fuzzy 추론에 의한 각성도의 평가", 한국 자동제어 학회 춘계학술대회(KACC), 논문집II, pp. 1856.
8. 平松眞知子, 笠井純一, 田口滿, "香りが覚醒に及ぼす効果の研究", 日産技報, vol. 33, no. 6, pp. 57-63, 1993.
9. 고한우, 김연호, "졸음운전방지를 위한 각성도 제어기준의 설정 및 분석", 자동차공학회 춘계학술대회 제출.