

고 한우, 김연호, 이 건기*

한국표준과학연구원, *경상대학교

A study on compensation of arousal level criteria

H. W. Ko, Y. H. Kim, G. K. Lee*

KRISS, *Kyung Sang Univ

ABSTRACT

This paper describes compensation method to evaluate arousal level in different initial arousal state. Arousal level was measured by the relationship between IRI and Nz. The value of Nz is affected by BI which is variable with initial drowsiness. we introduced a correction factor to compensate these differences.

1. 서론.

과학기술의 발달은 인간에게 편안한 생활을 누릴 수 있게 해준 반면에 피로와 각성의 저하로 인한 사고를 유발시키는 원인도 제공한다. 특히 도로의 발달과 활동영역의 확대 그리고 자동차 기술의 발달은 운전자에게 장시간 운전의 기회와 운전시의 쾌적함을 주었으나 단조로운 운전상태를 증가시켜 졸음운전으로 인한 교통사고 발생률을 높이는 요인이 되고 있다. 교통사고방지대책부의 통계 자료에서 교통사고원인의 대부분 운전자의 과실에 있으며, 첫 번째 원인은 피로와 졸음으로서 이러한 현상은 매년 전체사고율의 25%-27%를 차지하고 있다[1]. 따라서 1970년대 말, 운행중 운전자의 운전상태 감지 기구 개발 및 인텔리전트 운송망구축 개발계획과 관계된 도로상에서의 자동차의 위치측정 모듈 개발을 시작으로 많은 나라에서 연구가 되고있고 국내에서도 각성상태에 관한 연구가 진행중이지만 신뢰성있고 실용화가 가능한 각성상태 측정에는 이르지 못하고 있다[1]. 이는 움직이는 사람을 구속하지 않으면서 각성도 관련신호를 정확히 검출할 수 있는 센서 및 측정 방법의 개발이 어렵기 때문이다.

각성도 측정 방법에는 Stanford 졸림측도나 KSS측도(Karolinska Sleepiness Scale)를 이용한 주관적 방법과 생리신호나 행위신호를 이용한 객관적 방법이 있다. 생리신호의 종류에는 뇌파, 심전도, 근전도, 안전도 등이며 각성 및 심리적 상태에 민감하고 빠르게 반응하는 반면에 구속성이 있고 개인간의 차이가 있는 단점을 가지고 있으며 행위신호는 구속 없이 측정이 가능하지만 각성변화에 따른 정도와 반응이 느린 문제점이 있다[2-4]. 본 연구에서는 이 두 가지 신호의 상호보완적 관계를 이용하

여 각성상태를 간편하고도 정량적이고 정확히 측정할 수 있는 각성모니터 개발을 최종목표로 한다.

현재 뇌파를 이용하여 각성 level과 군발 α 파와의 관계 또는 β 파에 대한 α 파와 θ 파의 비율 등 각성상태 평가지표로 뇌파와 심박동수 등의 심전도 신호를 이용하는 경우가 주를 이루고 있으나 이는 측정시 전극을 붙여야하는 문제점이 있고 간편하지 못하며 피검자에게 불편함을 야기시킨다[5,6]. 따라서 본 연구에서는 피부전기활동(Electrodermal Activity:EDA)의 하나인 피부임피던스변화(Skin Impedance Change: SIC) 신호의 교류성분에 해당하는 피부임피던스 반사(Skin Impedance Response: SIR)와 전체적인 피부임피던스 변화를 나타내는 피부임피던스 수준(Skin Impedance Level: SIL)을 측정하여 정량적으로 각성 단계를 구분하여 발표한바 있다[5,6]. 이때 각 단계는 정상상태에서 즉 의식수준이 높은 상태에서 측정을 시작한 경우 나타난 각성 변화이다. 만약 초기에 이미 졸린 상태에서 측정을 시작한다면 기저임피던스(basal impedance: BI)값이 높게 설정되어 저각성시 정확한 각성상태 평가에 오차를 가져오게 된다.

따라서 본 연구에서는 각성측정 초기에 각성상태가 저하된 경우에는 BI 값이 높게 설정됨으로 인한 문제점을 확인, 분석하고 이를 보상하는 방법 및 보상수준을 제안하고 이 방법의 유용성을 확인하였다.

2. 각성도 측정 시스템구성 및 분석방법

2.1. 각성도 측정 시스템 구성

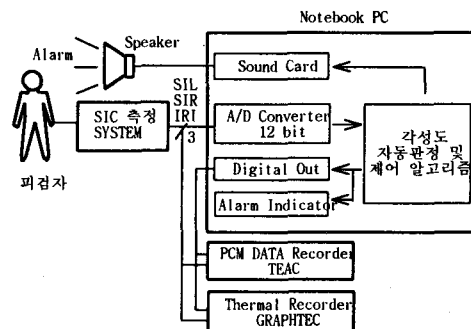


그림 1. 각성도 측정 및 제어 system block 선도.
Fig.1. Block diagram of arousal measurement and control system.

각성도 평가기준 보상법에 대한 연구

본 연구에서는 교류 통전법에 의한 피부임피던스 변화를 측정하여 각성도를 평가 하였으며, 그림 1은 측정시스템의 구성을 나타낸다.

SIC신호는 $10\mu A$, 30Hz의 정전류를 통전하는 3전극법을 이용하여 피검자의 손바닥으로부터 검출하였다. 이때 전극은 은전극을 사용하였다. 검출된 SIC 신호는 증폭 및 신호 처리하여 피부 임피던스 수준을 반영하는 느리게 변하는 신호인 SIL과 자율 신경계에 지배되어 빠르게 변하는 SIR 신호로 분리하였으며, SIR 신호를 구현파로 정형화시킨 신호로부터 SIR 발현 간격(Inter SIR Interval: IRI)을 측정할 수 있도록 하였다. 검출된 신호는 PCM 기록기(TEAC사)와 열전사기록기에 동시에 기록하면서 12bit data acquisition system(National Instrument)와 Notebook PC(486,100MHz)로 데이터를 획득하여 개발된 각성도 자동판정 및 제어 알고리즘을 이용하여 각성상태를 판단하고 이를 근거로 피검자에게 Notebook PC에 내장되어있는 sound card 와 speaker로 경고신호를 주어 각성도를 제어할 수 있도록 하였다[3,4].

2.2. 측정 데이터의 분석방법

실험시작후 5분간 손과 전극간의 안정화시간을 갖도록한후 3분간의 SIL 값을 평균하여 BI 값을 구한다. SIR 발생시의 SIL값을 측정하여 BI 값으로 정규화시켜 개인차를 줄일 수 있도록 SIL값을 지표화 하였으며 표1의 각성도 제어기준에 의해 실시간으로 각성상태를 평가 및 제어 할 수 있도록 하였다[3,4].

표 1. SIR 간격 및 SIL 지표에 따른 각성도 판정 및 제어 기준.

Table 1. Arousal level criteria depending on SIR interval and SIL index.

IRI (sec)	Nz (SIL/BI)		
	$1.2 \leq Nz < 1.5$	$1.5 \leq Nz < 2.0$	$2.0 \leq Nz$
IRI < 60	Small	Small	Medium
$60 \leq IRI < 90$	Small	Medium	Big
$90 \leq IRI$	Medium	Big	Big

표 1은 실험초기의 피검자의 각성수준이 정상적인 상태를 기준으로 한 것이며 Small, Medium, Big은 경고음의 종류이다.

3. 실험 및 결과고찰

3.1. 실험방법

본 연구에서 구성된 휴대형 각성도 측정 및 분석 시스템을 이용하여 다음과 같은 실험 protocol로 실험하였고 8명의 여성, 7명의 남성으로 20세-25세 미만인 피검자 15명에 대해 반복 실험하였다.

*** 실험 protocol ***

- ① 실험전 5분간 전극부착 및 안정화 시간 (KSS 측도 작성, 피부건습 정도 조사 및 실험 설명)
- ② 10분간 무자극상태에서의 피검자 data 받음
- ③ 10분간 각성상태로 만들기 위한 자극제시.
- ④ 안정 및 수면상태 (시간 20분 이상)
- ⑤ 개안한 후 각성상태를 위한 자극 제시 (5분 이상)

실험순서는 실험 protocol에 준하여 각성상태에서 수면 상태로 다시 각성상태로 돌아오는 순서로 실험을 하였다. 그리고 몇몇 특정한 경우 예를 들어 초기에 극도로 저 각성상태일 경우 각성상태로 만들기 위한 시간은 제외하고 실험하였다. 이는 각성상태를 만들기 위해 자극을 제시해도 이에 대한 반응이 없었기 때문이다. 졸림에 대한 KSS 측도는 다음과 같이 다섯 가지 상태로 분류되며 실험 시작시 피검자의 KSS 측도와 피부의 건습상태를 5가지로 분류하여 수치화 하였다. 여기서 건습상태 1은 극도로 건성인 경우, 2는 건성피부인 경우, 3은 보통의 상태로 손바닥이 부드럽고 약간의 수분이 느껴질 때, 4는 다소 습한 경우, 5는 대단히 습한 경우를 나타낸다.

**KSS 측도 **

- Very alert ----- (1)
- Alert ----- (3)
- Neither alert nor sleepy----- (5)
- Sleep ----- (7)
- Very sleepy, fighting sleep ----- (9)

3.2. 결과 및 고찰

SIL 값을 변화시키는 요인은 피부의 건습상태와 각성정도 이므로, 먼저 이 두 요소가 Nz 값에 미치는 영향에 관하여 알아보았다.

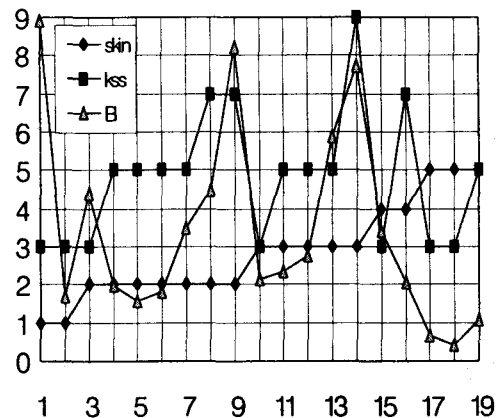


그림 2. 손바닥의 건습도에 따른 KSS와 BI의 관계.
Fig. 2. Relationship between KSS and BI depending on palm humidity.

그림 2는 피검자의 피부상태를 기준으로한 피검자 19명(20-30세)의 BI 값과 KSS 값을 나타내며 수평축은 피검자의 번호이다. 여기서 건습정도가 3인 그룹을 보면 KSS 측도가 높아질수록 BI 값이 증가함을 볼 수 있고 건습정도가 2인 그룹에서도 3번 피검자를 제외하면 같은 현상을 볼 수 있다. 1, 3, 16번째의 피검자는 전체적인 특징에 예외 되는 경우인데 이는 SIL 값이 사람마다의 상대적인 값을 갖고있음을 보여주는 예로 볼 수 있다. 피부 상태도 BI 값에 큰 영향을 미치나 SIL 값을 정규화시킨 Nz 값으로 각성상태를 판별할 경우 피부의 영향을 제거할 수 있다. 이는 지금까지의 실험을 통해서도 확인할 수 있었다. 이와 같이 저각성상태 일수록 BI 값이 높게 설정되기 때문에 Nz 값에 현저한 영향을 주게된다. 본 연구에서는 1차적인 보상방법으로 지금까지의 연구 결과로 결정된 표 1의 각성도 평가 기준을 이용하여 피검자가 실험초기에 느끼는 각성상태를 각성도 평가 기준에 맞추어 보상값을 주도록 하였다. 즉 피검자가 졸린 기운이 들 때는 1.2, 확실히 졸릴 경우는 1.5 거의 수면상태 직전까지 이르렀을 경우에는 2.0을 보상값으로 정하여 실험 하였다.

성영역에 대한 보상값도 각성도 평가 기준을 기준으로 세분화하여 각각 1.2, 1.4, 1.8, 2.0의 보상값을 주도록 하였다. 이 상수의 타당성을 확인하기 위해 위의 실험에서 Nz 값에 보상값 2.0을 곱하여 보상해 주면 각성도 평가 기준에 의해 초기상태에선 졸림과 수면의 경계부분($2.0 \leq Nz$)에 위치하고 실험 후는 졸리기 시작하는 단계($1.2 \leq Nz < 1.5$)로 판정하여 경고를 줄 수 있게 된다.

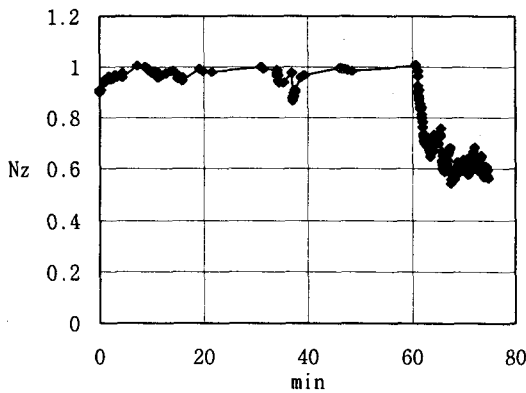
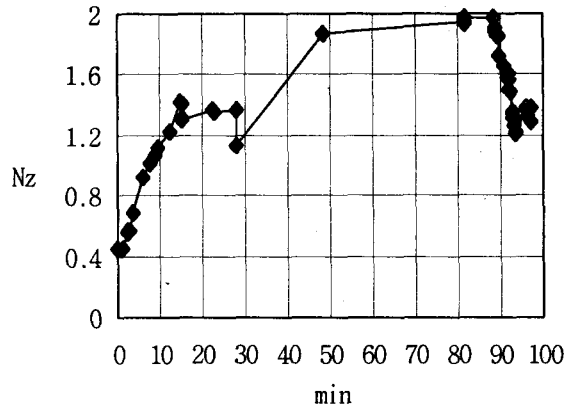


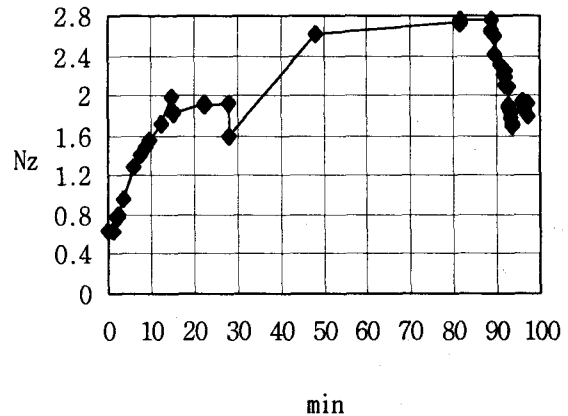
그림 3. 초기상태에서의 실험 결과(KSS=9,피검자:4).
Fig. 3. Result of experiment at initial stage (KSS=9, subject: 4).

그림 3은 KSS가 9로 자지 않으려고 노력해도 저절로 눈이 감기는 아주 심하게 졸리는 상태에서 실험을 시작했을 때의 결과이며 실험이 끝난 후에도 KSS가 7인 졸린 상태 이었다. 이 경우 각성도 평가 기준에 비추어볼 때 Nz 값이 1.5이상으로 되어 경고를 주어야 함에도 불구하고 Nz 값이 1근방에 위치하고 있고, 실험 후에는 1.2이상 1.5이하의 범위에 속해야하는데 오히려 0.6으로 완전히 각성되어 있는 상태로 판정하여 경고를 발생하지 않고 있다. 이는 앞서 설명한 것처럼 BI 값이 지나치게 높게 설정되어 Nz 값이 실제보다 낮게 평가된다. 따라서 졸린 상태인 초기부터 경고를 주기 위해서는 Nz 값이 보정 되어야 한다.

그러나 반복적인 실험결과 저각성영역의 구분이 3단계인 반면 기존의 KSS 측도는 2단계이므로 피검자의 각성상태를 세밀히 반영하지 못한다. 따라서 KSS 측도 1은 정상상태, 3은 머리가 맑지 못하고 졸리는 느낌이 있는 상태, 5는 졸리며 하품이 나오는 상태, 7은 많이 피로하고 졸리며 하품이 빈번하며, 눈꺼풀이 무거운 상태, 9는 수면 직전상태로 졸림과 수면이 반복되는 심한 졸림 상태로 수정하였고 저각



(a). 수면실험 결과(KSS=7,피검자:4)



(b). (a)를 보정한 결과(KSS=7,피검자:4).

그림 4. 보상 전 후 데이터의 비교.
Fig. 4. Comparison of pre and post compensated data.

4. 결론

저자들은 이미 개발된 피부임피던스 변화를 이용한 각성도 측정 시스템을 이용하여 Nz와 IRI의 상관관계를 통하여 각성상태를 평가해 왔다. 그러나 각성도 측정시 BI는 저각성상태 일수록 값이 증가하기 때문에 각성판단 지표인 Nz 값에 영향을 주므로 각성도 판정을 잘못할 수 있었다. 따라서 이 문제를 해결하기 위해 초기 KSS 측도에 대한 보상값을 결정하고 실험을 통하여 유용성을 확인하였다. 앞으로 많은 적용 실험을 통하여 KSS에 대한 좀더 정확한 보상값을 적용 할 수 있도록 해야하며 이외

각성도 평가기준 보상법에 대한 연구

에 각성상태에 따른 변화 요소를 밝히는 연구와 저 각성시 효과적으로 각성을 높이는 방법에 관한 연구를 수행할 계획이다.

참고문헌

1. 이상국, "운전자 감시 제어와 교통안전도 향상 연구동향", 제어.자동화.시스템 공학회지, vol. 2-1, pp. 37-44, 1996.
2. 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-7, pp. 457-463, 1988.
3. 고한우, 이완규, 김연호, "피부 전기활동을 이용한 휴대형 각성도 측정 및 제어 시스템", 센서학회지, vol. 5-3, pp. 55-64, 1996.
4. 고한우, 이완규, 김창호, "졸음운전 방지를 위한 각성도 측정 및 분석 시스템(I) -생리신호측정에 의한 측정 및 분석-", 자동차공학회 추계학술대회, vol. (I), pp. 474-480, 1995.
5. Nobuo daimon, Satoki P. Ninomija, "Detection of driver's low arousal level to prevent traffic accident", IPC-8 Proceeding, vol. 1, pp. 31-36, 1995.
6. Karel A. Brookhuis and Dick de Waard, "The use of psychophysiology to assess driver status", Ergonomics, vol. 36-9, pp. 1099-1110, 1993.