

## 수정된 KSS 측도에 의한 각성도 평가기준 보상법

고 한 우·김 연 호

= Abstract =

### Compensation of Arousal Level Criteria by a Modified KSS Scale

H.W. Ko, Y.H. Kim

In this paper, we proposed the compensation method to evaluate arousal level in different initial arousal states. Arousal level was measured by the relationship between IRI and Nz. Since Nz is affected by BI which is directly proportional to initial arousal state of subjects, the arousal level is underestimated. To overcome this problem, we proposed the compensation method using modified Karolinska sleepiness scale, and determined compensation coefficients derived from this scale with five arousal levels. Applying these coefficients to portable arousal monitoring system, the proposed method in this paper could be useful for real-time evaluation and control of arousal level. As a result, the developed system can detect and control the arousal state from initial drowsing state.

**Key words :** mKSS, Compensation of initial arousal state, Nz, BI, Correction factor

### 서 론

자동차 기술의 발달은 운전자에게 장시간 운전의 기회와 운전시의 쾌적함을 주었으나 단조로운 운전상태를 증가시켜 졸음운전으로 인한 교통사고 발생률을 높이는 요인이 되고 있다. 프랑스의 교통사고 방지대책부의 통계 자료에 의하면 교통사고 원인의 대부분이 운전자의 과실에 있으며, 첫 번째 원인은 피로와 졸음으로서 이러한 현상은 매년 전체 사고율의 25% - 27%를 차지하고 있다 [1]. 따라서 이를 방지하기 위한 효과적인 각성도 측정 및 평가방법에 관한 연구가 진행중이지만 신뢰성 있고 실용화가 가능한 각성상태 측정에는 이르지 못하고 있다 [1-11]. 이는 움직이는 사람을 구속하지 않으면서 각성도 관련신호를 정확히 검출할 수 있는 센서 및 측정방법의 개발이 어렵기 때문이다.

각성도 측정 방법에는 Stanford 졸림측도나 KSS측도(Karolinska Sleepiness Scale)를 이용한 주관적 방법과 생리신호나 행위신호를 이용한 객관적 방법이 있다[3-6]. 생리신호의 종류에는 뇌파, 심전도, 근전도, 안전도 등이

있으며 각성 및 심리적 상태에 민감하고 빠르게 반응하는 반면에 구속성이 있고 개인간의 차이가 있는 단점을 가지고 있다. 행위신호는 눈 깜박임, 하품, 등으로 구속 없이 측정이 가능하지만 각성변화에 따른 정도와 반응이 느린 문제점이 있다[2-11].

저자들은 지금까지 피부 전기활동(Electrodermal Activity : EDA)의 하나인 피부 임피던스 변화(Skin Impedance Change : SIC)신호의 교류성분에 해당하는 피부 임피던스 반사(Skin Impedance Response : SIR)와 전체적인 피부 임피던스 변화를 나타내는 피부 임피던스 수준(Skin Impedance Level : SIL)을 측정하여 정량적으로 각성 단계를 구분하여 발표한 바 있다[3-7]. 이때 각 단계는 피검자의 각성수준이 정상상태, 즉 의식수준이 높은 상태에서 측정된 기저임피던스(basal impedance : BI)를 기준으로 나타낸 각성 변화이다. 그러나 측정 초기에 피검자의 각성수준이 이미 낮아진 졸린 상태에서 측정을 시작한다면 기저임피던스 값이 높게 설정되어 각성상태는 실제 피검자의 각성수준 보다 높게 평가되는 문제점이 있다[12].

한국표준과학연구원

Korea Research Institute of Standards and Science

통신지사 : 고훈우, (306-600) 대전시 유성구 도룡동 1 한국표준과학연구원 유성우체국 사서함 102호,

Tel. (042)868-5252, Fax. (042)868-5047

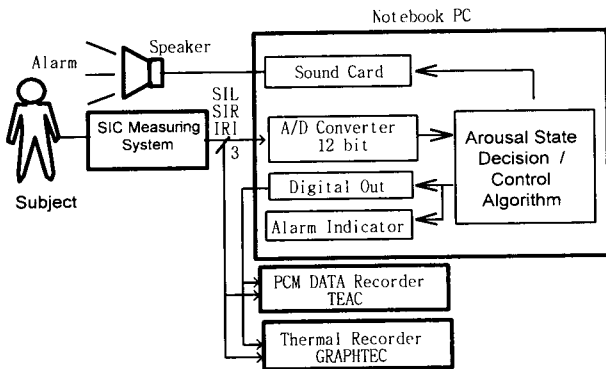


그림 1. 각성도 측정 및 제어시스템 블록선도  
Fig. 1. Block diagram of arousal measurement and control system

따라서 본 연구에서는 측정 초기의 각성상태가 저하된 경우에 BI값이 높게 설정됨으로 인한 문제점을 해결하기 위하여 수정된 KSS 측도를 이용한 각성도 평가기준의 보상법을 제안하고, 주관적 각성상태 판정법과 수면실험 결과로부터 보상상수를 구하였으며 실제로 보상상수를 적용한 실험으로 보상상수의 유용성을 확인하였다.

### 각성도 측정 시스템구성과 평가기준

본 연구에서는 교류 통전법에 의한 피부임피던스 변화를 측정하여 각성도를 평가하였으며, 그림 1은 측정시스템의 구성을 나타낸다[3-6].

SIC신호는 10 $\mu$ A, 30Hz의 정전류를 통전하는 2 전극법을 이용하여 피검자의 손바닥으로부터 은전극을 사용 검출하였다. 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 구형파로 정형화시킨 신호로부터 SIR 발현 간격(Inter-SIR Interval : IRI)을 측정할 수 있도록 하였다[3-5]. 검출된 신호는 PCM 기록기(TEAC사)와 열전사 기록기에 동시에 기록하면서 12bit data acquisition system(National Instrument)과 Notebook PC(486,100MHz)로 데이터를 획득하여 개발된 각성도 자동판정 및 제어 알고리즘을 이용하여 각성상태를 판단하고 이를 근거로 피검자에게 Notebook PC에 내장되어있는 sound card와 speaker로 경고신호를 주어 각성도를 제어할 수 있도록 하였다[3-5].

피검자의 임피던스수준 SIL은 피검자의 피부 상태에 따라 큰 차이가 있었으므로 개인간의 차이를 없애고 SIL 평가지표의 일반화를 위하여 피검자에게 전극을 부착 시킨 후 5분간의 안정화 시간을 둔후 3분간의 SIL 값을 측정하여 평균한 값을 기저 임피던스(Basal Impedance :

표 1. SIR 간격 및 SIL 지표에 따른 각성도 평가 및 제어 기준  
Table 1. Arousal level criteria depending on SIR interval and SIL index

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

BI)로 하고, 이를 기준으로 측정값을 정규화 시켜서 SIL 지표 Nz(Nz=SIL/BI)로 하였다. 30인의 피검자(23세-43세)에 대하여 뇌파와 SIC를 동시에 측정하면서 수면실험을 수행한 결과 각성수준 변화에 따른 SIL 지표와 SIR 간격(IRI)의 상관관계 분석을 통하여 각성수준의 변화를 각성, 졸림, 수면의 3단계로 평가할 수 있음을 확인하였다[5]. 그러나 이러한 각성수준의 3단계 평가는 각성수준을 단지 3단계로 구분하고 있으므로 안전사고 방지 등을 위한 각성도의 평가나 제어를 위한 기준으로는 미흡하다. 안전을 위해서는 각성상태부터 수면전 상태까지 가능한 각성수준 저하의 초기상태를 검출하여 제어하여야 하므로 위의 실험결과로부터 표 1과 같이 각성과 졸림 영역 사이의 비정의 영역을 포함하여 세분화 하였다[3-4]. 표 1은 실험 초기의 피검자의 각성수준이 정상적인 상태를 기준으로 한 것이며 Small은 졸림 초기, Medium은 졸림, Big은 매우 졸린 상태에 대한 각각의 경고음의 종류를 나타낸다[3-5].

### 각성도 평가기준의 보상법과 보상상수의 결정

#### 1. 초기 각성수준과 SIC 변화

앞의 표 1은 피검자의 초기 각성수준이 정상인 상태를 기준으로 한 평가기준 이다. 그러나 측정 초기의 피검자의 각성상태가 다른 경우, 즉 피검자의 각성수준이 이미 낮아져 있는 상태에서 측정을 시작하면 기저 임피던스 값이 높게 평가되므로 피검자의 각성수준은 실제 수준보다 높게 평가되어 표 1의 기준을 적용할 수 없는 문제점이 있었다. 그림 2는 이와 같이 초기 각성수준 차이가 SIC 측정값의 변화에 미치는 영향을 알아보기 위하여 초기 각성수준이 서로 다른 경우에 측정된 전형적인 실험결과이다.

실험에 들어가기 전 피검자가 자신의 주관적인 초기 각성상태를 평가하여 기록하도록 하였으며, 이때 주관적 각성상태 평가법으로 저자들의 선행연구에서 사용한 Karolinska의 KSS level은 각성영역을 3단계(맑음, 졸림, 아주 졸림)로 나누었기 때문에 저각성 영역에 관하여 자세히 평가할 수 없는 문제점이 있으므로 본 연구에서는 표 2의 KSS level처럼 5단계로 수정된 KSS 측도(Modi-

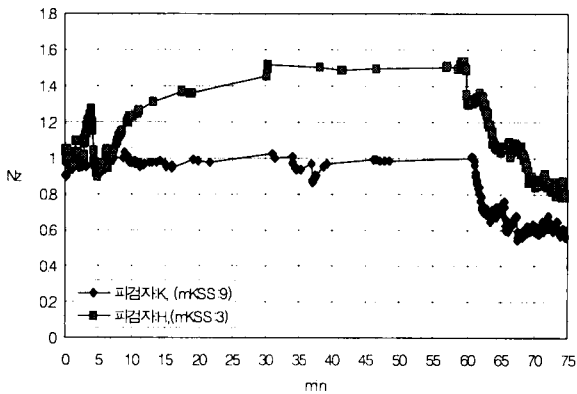


그림 2. 수면실험 결과-초기 저각성상태에 따른 Nz의 변화  
Fig. 2. Sleeping test-change of Nz by initial low arousal state

fied KSS scale : mKSS)를 재 정의하여 실험기간중 이를 기준으로 평가하여 기록하였다[12].

그림 2의 -■-는 초기 각성상태가 mKSS 3인 피검자 H의 수면실험 결과이다. 실험중 피검자의 mKSS 값은 6분 경에는 5, 9분 30초 경에는 7로 13분경에는 9로 평가되었다. 이러한 피검자의 상태를 보아 적어도 8분 후 부터는 바로 경고음이 나와야 하나 9분 30초 경에 Small의 경고음이 발생할 수 있으며, 또한 13분 경에는 KSS level 9로 더 큰 자극이 필요하나 여전히Small인 경고음을 발생하므로 실제 각성수준과 현저한 차이가 있음을 알 수 있다.

그림 2-◆-는 초기 mKSS가 9로써 자지 않으려고 노력해도 저절로 눈이 감기는 수면직전 상태에서 실험을 시작했을 때의 피검자 K의 실험 결과이며, 실험이 끝난 후에도 약간 졸린 상태이었다. 이 경우 초기 mKSS가 9이므로 최소한 Nz 값이 2.0이상이어야 하며 초기에 바로 경고음을 주어야 하나 Nz 값이 약 1의 값을 가지므로 실험 종료 시까지 표 1의 기준에 의해 경고음을 줄 수 없게 된다. 또한 실험 후에도 약간 졸린 상태이므로 역시 경고음이 필요하나 실험후의 Nz 값은 0.6으로 경고음을

표 2. 수정된 KSS 측도

Table 2. Modified KSS level(mKSS)

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

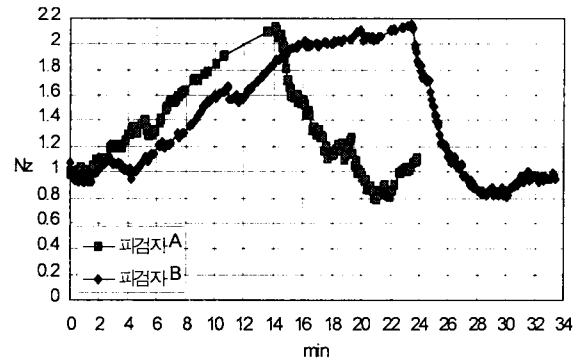


그림 3. 수면실험 결과  
Fig. 3. Results of sleeping test

줄 수 없었다.

따라서 그림 2의 실험결과로부터 측정 초기의 각성수준 차이로 인하여 각성수준이 실제보다 높게 평가되므로 이러한 문제점을 해결하기 위한 초기 BI 값의 과대평가에 대한 보상이 필요함을 알 수 있다.

## 2. 보상상수의 결정

6명의 피검자(20-25세, 남5, 여1)를 대상으로 실험하였으며, 실험시 피검자는 실험전날 정상적인 수면을 취하여 초기 각성상태가 mKSS 1인 상태에서 수면실험을 시작하였다. 실험의 순서는 초기 각성상태 유지(mKSS : 1), 수면상태, 재각성상태 순으로 외부 자극 없는 자연스러운 수면실험이 되도록 하였다.

그림 3은 수면실험시 각성수준 변화에 따른 Nz의 변화를 나타낸 것이며, 그림 -■-는 피검자 A가 각성에서 졸림, 수면 직전, 재각성, 정상상태의 5단계의 각성 변화 동안의 결과로서 시간축을 기준으로 피부전기활동 변화를 나타낸 것이다. 실험중 피검자의 주관적 각성상태를 mKSS 값으로 평가하여 기록하고, mKSS를 측정할 시각을 기준으로 전후 30초간의 Nz 값을 평균하여 기록하였다.

피검자 A는 mKSS 1인 상태에서 실험을 시작하여 2분 20초 경에는 mKSS 3이었으며 이때의 평균 Nz값은 1.18, 4분 50초 경에는 mKSS 5이며 평균 Nz는 1.33, 7분 30초에서 10분 경에는 mKSS 7이며 이 구간의 평균 Nz는 1.72, 11분 경에서부터 14분 경까지는 mKSS 9로 이 구간의 평균 Nz는 2.05, 16분 20초 경에는 mKSS 5이며 평균 Nz는 14.2, 18분 경에는 mKSS 3이고 평균 Nz는 1.18, 20분에서 실험 종료까지는 mKSS 1이고 평균 Nz는 0.94 이다. 그림 3의 -◆-는 피검자 K의 수면 실험 결과이다. 피검자K는 실험초기에는 mKSS가 1인 상태였고 약 6분 경에 mKSS 3이고 이때의 평균 Nz는 1.19, 9분 경에는 mKSS가 5이며 평균 Nz는 1.47, 11분 40초경 mKSS는 7이고 평균 Nz는 1.79, 16분에서 19분

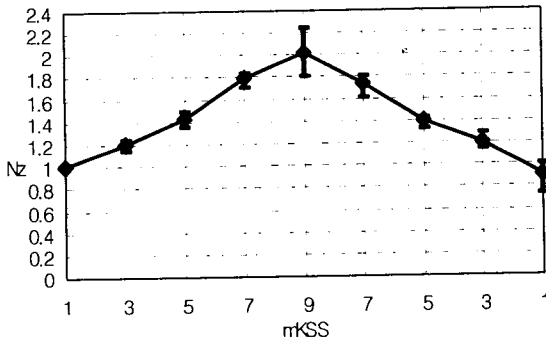


그림 4. mKSS에 대한 Nz의 변화  
Fig. 4. Change of Nz depend on mKSS

경까지는 mass가 9이며 평균 Nz는 2.02 였고 23분 이후는 재각성영역 이다. 그리고 실험 종료직전에는 mKSS 1로 실험을 마쳤다.

그림 4는 그림 3과 같은 방법으로 6명의 피검자에 대하여 각성상태에 따른 Nz값을 측정하여, mKSS에 대하여 평균한 Nz 값의 변화를 나타낸다. 실선은 6명의 피검자에 대한 평균 Nz 값을 나타내며, 수직으로 그려진 막대는 각 mKSS 값에서 측정된 최고 값과 최저 값이며, 측정값의 변화 범위를 나타낸다.

수면 직전상태인 mKSS 9를 기준으로 각성상태에서 수면상태로 각성수준이 저하되어 갈 때와 수면상태에서 각성상태로 회복되어 갈 때의 Nz값은 대칭적으로 변하고 있으며, mKSS 수준 1, 3, 5, 7, 9에 대하여 약 1, 1.2±0.03, 1.42±0.05, 1.79±0.06, 2.02±0.18의 Nz의 평균값과 표준편차를 가진다. mKSS 9에서의 표준편차 값이 큰 것은 개인간의 수면심도의 차이 때문인 것으로 판단된다. mKSS에 대한 평균 Nz 값은 표 1의 각성도 평가 및 제어기준에서 각성과 졸림 영역의 경계(1.2)와 졸림과 수면의 경계(2.0)와 일치하고 있으며 졸림과 수면 영역 사이를 세분화하고 있고 이것은 본 연구의 선행연구 결과로

표 3. 수정된 mKSS LEVEL에 대한 보상상수  
Table 3. Collecting factor to modified mKSS level

피검자 상태	mKSS	보상상수 (CF)
정상상태 (정신이 맑다)	1	1
머리가 맑지 못하고 졸린 기운이 있다.	3	1.2
졸리며 가끔 하품이 나오는 상태	5	1.4
많이 피로하고 졸리며 하품 횟수가 많고 눈꺼풀이 무겁다.	7	1.8
수면 직전의 상태-졸림과 수면 반복	9	2.0

이미 발표된, 표 1로부터 유추해 얻었던 보상상수와 일치한다[12].

따라서 위의 실험 결과로부터 수정된 KSS 측도를 이용하여 초기 각성수준 차이에 따른 보상상수를 표 3과 같이 결정하였다.

## 보상상수를 적용한 실시간 각성도 평가 및 제어

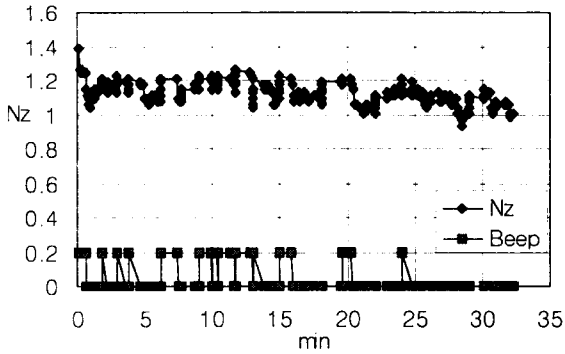
### 1. 피검자 및 실험방법

앞의 표 3과 같이 결정된 보상상수의 타당성과 유효성을 확인하기 위하여 초기 각성상태가 다른 피검자 6명을 대상으로 그림 1의 각성도 측정 및 제어 시스템을 이용하여 실험하였다. 실험 방법으로 먼저 설문지에 실험직전 mKSS를 기록하도록 한다. 이때 상태판별 기준은 mKSS이며 이 값에 대한 보상 값을 시스템에 입력하여 Nz 값을 구할 때마다 보상상수를 곱하여 저각성상태로 인한 낮은 Nz 값을 보상해 준다. 실험중 외부 자극은 없었으며 가능한 쉽게 저각성상태를 유도 할 수 있도록 오후 9시 이후에 실험하였다. 경고음은 small, medium, big에 대하여 각각 500, 1000, 3000Hz의 경고음이 발생되도록 하였다.

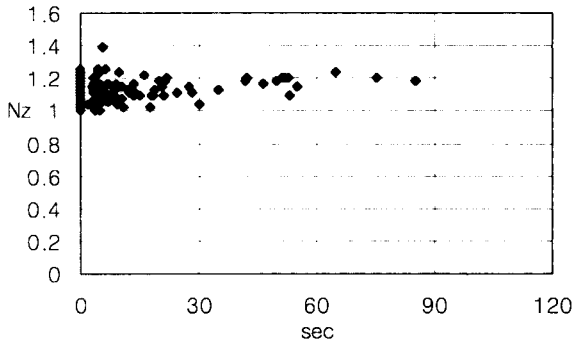
### 2. 실험결과 및 고찰

그림 5와 그림 6은 앞의 실험을 통하여 얻은 보상상수를 실제로 적용하여 실시간으로 측정 및 평가한 결과이다. 그림 5와 6의 (a)는 BI값을 구하는 시간을 제외한 결과 데이터로써 시스템의 실시간 각성상태 평가구간만을 나타낸 것으로 그림중 위 부분의 그래프는 피검자의 각성상태에 따른 Nz 값의 변화를 나타내며, 아래부분의 경고음(beep)의 종류를 나타내는 small (S), medium(M), big(B)은 각각 0.2, 0.3, 0.4의 값으로 표시하였다. 그림 5 및 6의 -◆-는 각각의SIR의 발현시점을 나타낸다.

그림 5의 피검자 W는 실험초기에 저각성상태(mKSS : 5) 이었으므로 초기부터 경고음이 발생되어야 한다. 각성도 측정 시스템은 1.4의 보상상수로 Nz 값을 보상하여 표 1의 기준에 의해 각성상태를 실시간으로 평가하여 제어하므로 그림 5(a)처럼 Nz 값을 구한 직후부터 S의 경고음이 발생됨을 볼 수 있다. 피검자는 초기에 발생한 경고음의 영향으로 더이상 각성저하가 일어나지 않고 시간이 갈수록 각성수준이 상승되어 경고음의 발생간격이 길어지며 24분 이후에는 Nz 값이 1.2이하의 각성상태로 돌아옴과 함께 그 이후부터는 경고음이 발생되지 않음을 관찰할 수 있다. 그림 5(b)와 (c)는 (a)의 데이터를 실험 시작 시간부터 경고음이 울리는 기간(0-24분) 동안과 그 후 경고음이 울리지 않는 재각성 후 동안의 데이터에 대한 Nz-IRI의 분포도이다. 전체적으로 대부분의 데이터는



(a) Nz-IRI 변화 및 경고음 발생



(b) 경고음 발생 중의 Nz-IRI 분포도

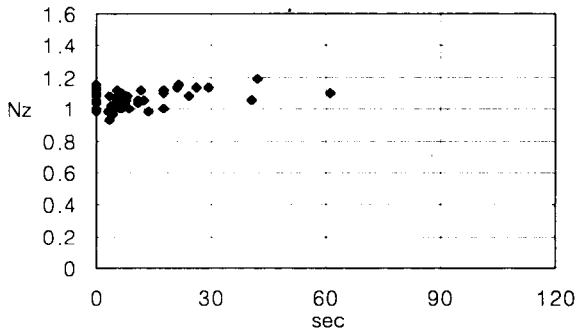
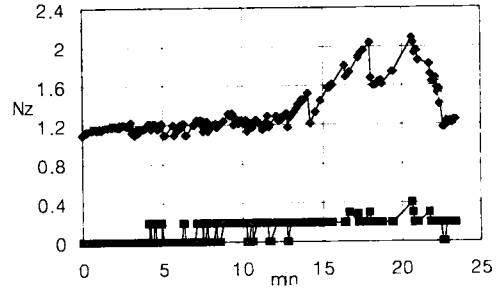


그림 5. Nz-IRI 변화 및 경고음 발생 (피검자 : W, mKSS : 5)  
Fig. 5. NZ-IRI and warning sound (subject : W, mKSS : 5)

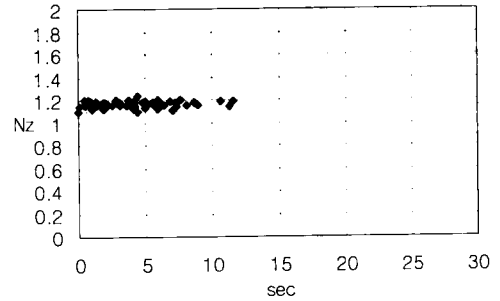
1.3이하의 Nz 값과 60초 이내의 IRI 값을 가지므로 상당히 효과적임을 알 수 있다.

그림 6의 피검자 H는 실험초기 mKSS가 3으로 그림 5 보다는 높은 각성 상태에서 실험을 시작하였으므로 그림 5(a)의 경우는 실험 시작시 바로 경고음이 발생되는데 반하여 그림 6(a)는 4분이 지난 후 확실히 저각성상태로 들어갔을 때 경고음이 발생한다.

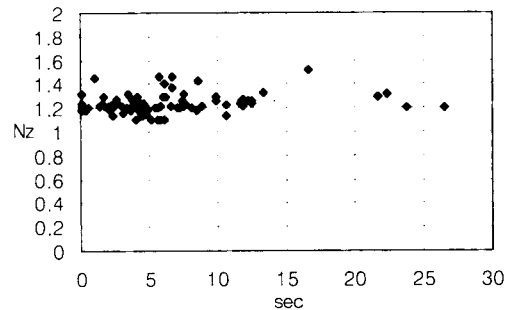
그림 5(b)의 경고음이 발생중인 졸림 영역에서는 IRI



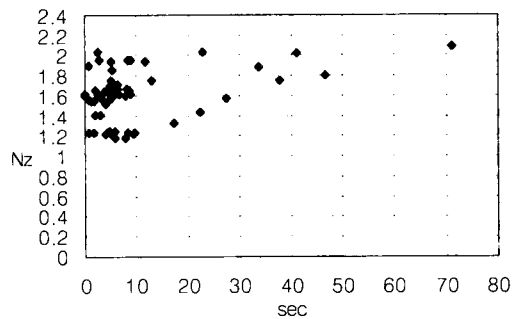
(a) Nz-IRI 변화 및 경고음 발생도



(b) 각성영역( 1-4 분)



(C) 졸림 영역(경고음 발생, 4-14분)



(d) 의지적 수면 영역(경고음발생,14-23분)

그림 6. Nz-IRI 변화 및 경고음 발생 (피검자 : H, mKSS : 3)  
Fig. 6. NZ-IRI and warning sound (subject : H, mKSS : 3)

가 90초까지 넓게 분포하고 Nz 값도 1에서 1.4까지 분산되어 분포하는데 비하여 그림 6(b)는 IRI 간격이 12초 미만이고 Nz 값이 1.2이하이므로 초기 각성수준의 차이가 있었음을 알 수 있으며, 이는 주관적인 측도인 mKSS 측도와 측정된 SIC관련된 데이터의 상관성이 높음을 나타내고 있다. 단, 피검자 H는 실험전날 충분한 수면을 취하지 못한 상태였으며 실험중 경고음 발생시 14분 경 이후부터는 깨려는 의식보다는 수면을 취하려는 의식이 강하였다. 따라서 14분 동안의 S의 경고음은 각성저하를 저지시키고 있으나 그 이후부터는 경고음 발생에도 불구하고 Nz 값이 증가한다. 17분 경에 발생하는 경고음 M의 영향으로 Nz 값이 잠시 낮아지고 계속된 M 경고음에 의하여 18분 경에 다시 Nz 값이 낮아졌다가 20분 40초에 발생된 Big의 경고음 발생과 함께 Nz 값이 급격히 하강한다.

그림 6(c)와 6(d)를 비교하여 보면 14분을 전후로한 확실한 차이점을 관찰할 수 있다. 그림 6(c)는 IRI가 30초 이내에서 발생하고 Nz도 대부분 1.5이하이며, 특히 1.2 주위에 집중적으로 분포하므로 경고음에 대한 효과가 강하게 나타나는데 비하여 그림 6(d)에서는 Nz가 2.0이상의 값도 나타내며, IRI가 60초 이상까지 발생하므로 경고음 효과가 감소됨을 알 수 있다. 이러한 결과는 이미 발표된바 있는 피검자의 의지와 각성도와와의 깊은 연관성이 있고 좀더 효과적인 각성유지 및 향상을 위한 매체나 방법이 필요함을 알 수 있었다[4].

따라서 본 연구에서 제안한 보상법 및 보상상수를 적용한 결과, 초기 각성수준의 차이에도 불구하고 효과적으로 각성도를 실시간 평가 및 제어할 수 있음을 확인 할 수 있었다.

## 결 론

저자들은 이미 개발된 피부 임피던스 변화를 이용한 각성도 측정 시스템을 이용하여 Nz와 IRI의 상관관계를 통한 각성상태를 평가해 왔다. 그러나 각성도 측정시 BI는 저각성상태 일수록 값이 증가하기 때문에 각성판단 지표인 Nz 값에 영향을 주므로 각성수준은 실제 수준보다 높게 평가된다. 따라서 이러한 문제점 해결을 위해 수정된 KSS측도를 제안하고 이 측도를 이용한 각성도 평가지표의 보상법을 제안하였다. 보상상수는 실험을 통하여 mKSS에 대한 각각의 보상 값을 구하였고, 이 방법은 초기 각성저하를 미리 방지 할 수 있고 저각성상태에 따른 적절한 경고음을 주게 되므로 각성상태 유지에 효과적임을 실험을 통하여 확인하였다. 앞으로 더 많은 적용 실험을 통하여 KSS 측도에 대한 좀더 정확한 보상 값을 적

용 할 수 있도록 해야 하며 경고음의 종류와 세기 및 기타 경고음과 동시에 각성도를 향상시킬 수 있는 매체 및 방법에 대한 연구가 필요하다.

## 참 고 문 헌

1. 이상국, "운전자 감시 제어와 교통안전도 향상 연구 동향", 제어.자동화.시스템공학 학회지, vol. 2, no. 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, no. 7, pp. 457-463, 1988.
3. 고한우, 이완규, 김연호, "피부 전기활동을 이용한 휴대형 각성도 측정 및 제어 시스템", 센서학회지, vol. 5, no. 3, pp. 55-64, 1996.
4. 고한우, 김연호, "각성도 제어를 위한 평가기준의 설정 및 경고음의 효과 분석", 의공학회 지, vol. 18, no. 1, pp. 79-85, 1997.
5. 고한우, 이완규, 김창호, "졸음운전 방지를 위한 각성도 측정 및 분석 시스템(I) - 생 리신호측정에 의한 측정 및 분석-", 자동차공학회 추계학술대회, vol. (I), pp. 474-480, 1995.
6. 고한우, 이완규, "피부 임피던스 변화를 이용한 각성도 측정 시스템", 센서학회지, vol. 4, no. 3, pp. 30-36, 1995.
7. 고한우, 이완규, 이건기, "피부전기 활동 변화에 의한 각성도의 측정(I)", 대한 의용생체 공학회 춘계 학술대회, vol. 17, no. 1, pp. 195-199, 1995.
8. Nimi, y, Watanabe, T. and Hori, T., "Skin potential activities as a function of stage of sleep", J. Physiol. Soc. Japan, 30, 231-244, 1968.
9. T. Kamei et al, "A new Ambulatory arousal level monitor utilizing the skin potential level", SAE SP-916, pp. 53-61, 1992.
10. J. Asman, G. Mulder, L. J. M. Mulder, "Operator effort and measurement of heart-rate variability", Human Factors, vol. 29, no. 1, pp. 161-170, 1987.
11. G. Kecklund, T. Akerstedt, "Sleeping in long distance truck driving: an ambulatory EEG study of night driving", Ergonomics, vol. 36, no. 9, pp. 1007-1017, 1993.
12. 고한우, 김연호, "각성도 평가기준 보상법에 대한 연구", 의용생체공학회 추계학술대회 논문집, vol. 18, no. 2, pp. 86-89, 1996

**=국문초록=**

본 논문에서는 각성도 평가시 초기 각성상태 차이에 따른 보상방법을 제안하고 보상상수를 결정하였다. 각성도는 IRI와 Nz에 의하여 측정되어진다. BI는 초기 저각성상태의 영향을 많이 받게 되며 이는 각성도의 지표인 Nz 값에 영향을 주게 되어 각성수준이 실제보다 높게 평가된다. 따라서 본 연구에서는 BI의 과대평가로 인한 오판정 문제를 해결하기 위하여 수정된 KSS 측도(mKSS)를 이용한 보상법을 제안하고 각성수준에 따른 수정된 KSS 측도에 대응하는 보상상수를 결정하였다. 이 보상상수를 개발된 휴대형 각성도 측정 시스템에 적용하여, 실시간으로 각성도를 평가 및 제어한 결과, 본 연구에서 제안한 보상법 및 보상상수의 유용성을 확인하였다.