

컴퓨터 터미널 감시작업의 난이도 평가에 대한 연구

김 유 창*

ABSTRACT

As many industrial workers have been involved with computer terminal tasks, for example, monitoring, inspection, or computer data entry etc., concerns for difficulty evaluation of computer terminal tasks are increased.

This study provides that eyeblink can be used as a means of difficulty evaluation of a computer terminal task. Four subjects without color blindness are asked to perform the monitoring task of the binary choice type under five levels of task difficulty. In each task, eyeblink rates and eyeblink interval times were measured from the subjects. The results show that the eyeblink rate does decrease with an increase in task difficulty. In addition, it was found that both eyeblink interval time and eyeblink interval time variation increased with an increase in task difficulty. It was concluded that the change of eyeblink rate, eyeblink interval time and eyeblink interval time and eyeblink interval time variation could be regarded as a generalized response to the imposition of task difficulty.

I. 序 論

1.1 연구목적

산업사회가 정보화됨에 따라 많은 사람들이 컴퓨터를 사용하게 되었다. 따라서 작업자에게 적절한 작업을 할당하기 위해서는 컴퓨터 터미널 작업의 난이도를 정량적으로 평가할 수 있어야 한다.

작업난이도를 평가하기 위해 사용된 방법으로는 생리적 평가방법(physiological measure), 두 작업평

가방법(dual task measure), 집중할당방법(attention allocation measure), 주관적 평가방법(subjective measure) 등이 있다. 위의 여러 방법들은 각각 장단점이 있다. 최근에 과학기술의 급격한 발전에 힘입어 인체의 생리적 반응을 손쉽게 평가할 수 있는 장비가 개발되고, 작업난이도를 객관적으로 평가할 수 있다는 장점때문에 작업수행시 수반되는 생리적 반응을 작업난이도 평가에 이용하려는 생리적 평가방법이 활발히 연구되고 있다.

생리적 평가방법에서 평가변수로 심박수(heart rate), 부정맥(sinus arrhythmia), 호흡율(bleathing rate), 혈압(blood pressure) 등이 연구되어 왔으나

* 正會員 : 충남전문대학 산업안전과

이러한 변수 중 하나로 작업난이도를 평가하기에는 부족할뿐만 아니라 복잡하고 비싼기계를 사용하여야 한다(2).

본 연구에서는 저렴한 비용으로 쉽게 제작할수 있는 눈깜박거림 탐지기를 이용하여 눈깜박거림이 작업 난이도 평가에 사용될수 있음을 보이고자 한다.

1.2 연구범위

본 연구의 평가변수인 눈깜박거림에 관한 연구를 살펴보면 눈꺼풀이 닫히는 시간은 0.05초 정도이고, 눈꺼풀이 닫혀있는 시간은 대략 0.15초이고, 눈꺼풀이 다시 열리는 시간은 0.2초 정도이며, 눈깜박거림은 약 매 5초 마다 작용한다고 한다.

눈깜박거림은 의식적 눈깜박거림(voluntary eyeblinking), 무의식적 눈깜박거림(involuntary eyeblinking), 짧은 잠(micro sleep)으로 나눈다. 또한 무의식적 깜박거림은 반사적 눈깜박거림(reflex eyeblinking)과 자연발생적 눈깜박거림(spontaneous eyeblinking)으로 나눈다. 반사적 눈깜박거림은 눈꺼풀이나 속눈썹에 대한 가벼운 접촉, 머리의 충격, 눈으로의 갑작스런 접근, 강한 빛등으로 일어난다. 짧은 잠은 피곤하거나 잠이 부족한 사람에게서 일어난다. 눈깜박거림은 150ms 이내이나 이 짧은 잠은 250ms 이상을 초과하므로 눈깜박거림과 구분할 수 있다(3). 본 연구에서는 자연발생적 눈깜박거림만을 다룰 것이다.

눈깜박거림은 눈체계의 생리학적 필요(외부물질로부터 보호, 각막을 깨끗이 하기 위해 수분을 제공)에 유용하나 이 생리학적 필요가 눈깜박거림의 횟수, 변동을 설명하는데는 충분치 않다. 눈깜박거림의 횟수와 변동은 집중, 놀람, 피곤, 작업에 대한 반응, 사람의 개인적요소에 의해 좌우된다는 것이 알려져 있다(2).

따라서 본 연구는 자연발생적 눈깜박거림의 횟수와 변동이 작업난이도에 어떻게 영향을 미치는가를 알아 보고자 한다.

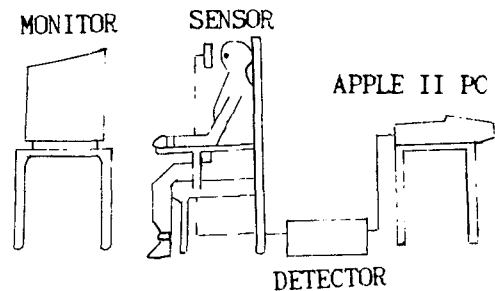
II. 실험 장치

2.1 실험장치의 개요

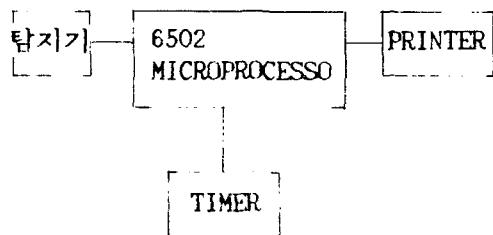
조작과 통제가 간편한 경제적 눈깜박거림 평가 체계는 눈깜박거림탐지기, timer, 그리고 apple II computer(6502 processor 및 memory)로 구성되어 있다. 이중 눈깜박거림 탐지기는 직접 제작하였고, timer는 thunderclock plus timer board를 이용하였다.

눈깜박거림 탐지기는 눈깜박거림 신호의 침투치를 찾는 역할을 하며 microprocessor와 timer는 눈깜박거림 신호의 횟수 및 눈깜박거림들간의 시간 간격을 평가하는 역할을 한다.

실험장치의 모습과 체계의 전반적 구성은 [그림 - 1], [그림 - 2]와 같다.



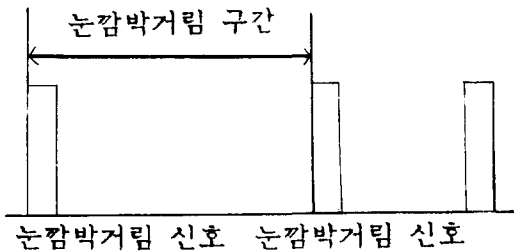
[그림-1] 실험장치



[그림-2] 체계구성의 BLOCK DIAGRAM

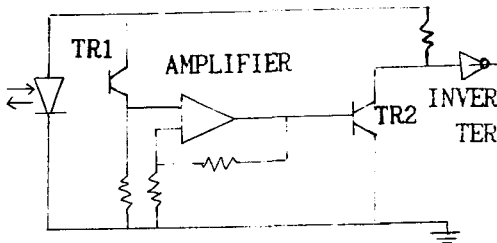
2.2 눈깜박거림 측정

[그림 - 3]에서 보는 바와 같이 눈깜박거림의 횟수와 구간시간을 평가하기 위해서는 눈깜박거림 신호를 찾아야 한다. 눈깜박거림 신호가 침두에 이르는 시점을 찾기위한 이상적인 방법은 관측되는 눈깜박거림 신호 침두 높이에 역치(threshold value)를 설정해 놓고 눈깜박거림 신호가 이 역치에 접촉하는 순간을 포착하는 것이다. 그러나 눈깜박거림 신호의 침두마다 약간씩 높이 차이가 있으므로 일정하게 눈깜박거림신호의 침두높이를 지정하기 어렵다. 그러므로 실제로는 평균적인 눈깜박거림 신호 침두 높이의 90% 수준에 역치를 설정하고, 눈깜박거림 신호가 이 역치에 접촉하는 순간을 눈깜박거림 신호가 침두에 이르는 시점으로 대신한다.



[그림-3] 눈깜박거림 구간 및 신호

이와같은 원리에 바탕을 둔 눈깜박거림 탐지기의 회로가 [그림 - 4]에 나와 있다. 눈깜박거림 탐지기는 적외선 LED(light emitting diode)를 통하여 적외



TR1 : OPEN COLLECTOR
TR2 : PHOTO TRANSISTER

[그림-4] 눈깜박거림 탐지기

선을 눈동자에 비춘다. 눈을 떴을때는 적외선은 눈에 반사되지 않고, 눈을 감았을 때는 적외선은 눈에 반사된다. 반사된 적외선은 photo transistor를 off 상태에서 on 상태로 되게한다. 이때 공급전압이 증폭기(amplifier) 입력되어 증폭된다. 위의 동작으로 TR2가 on되며 출력전압이 0v(low)가 된다. 이 출력은 inverter로 반전하여 5v(high)가 된다. 즉, 눈을 감았을 때는 5v(high), 눈을 떴을 때는 0v(low)의 출력전압이 발생한다. 이 신호를 apple computer내에 있는 게임 패들 소켓중 push button 0에 연결하였다.

게임 패들은 외부세계에 존재하는 아날로그 값을 컴퓨터가 알아들을수 있는 디지털 값으로 바꾸어 주는 apple 내에 만들어진 일종의 A/D converter이다. 게임 패들에 의해 디지털화된 전압은 계량화된 숫자로서 컴퓨터에 입력된다. APPLE II는 8 bit 컴퓨터이므로 0에서 255까지의 정수로 바뀌어 메모리에 기억된다. 컴퓨터는 위 신호를 16μsec 주기로 눈깜박거림 신호가 들어 왔는지를 확인한다.

한편 timer는 peripheral connector의 30번핀(IRQ)을 통하여 256HZ의 timing pulse를 microprocessor에 보낸다. 이때, microprocessor는 눈깜박거림 신호확인을 중단하고 counter memory내에 숫자를 증가시킨 다음 본래하던 눈깜박거림 신호 확인 작업을 계속 한다.

눈깜박거림 신호가 들어왔을 경우 microprocessor는 그동안 timing pulse의 갯수를 세어 눈깜박거림 횟수와 구간시간을 disk에 적고 counter memory내의 숫자를 0으로 set하고 다시 눈깜박거림 신호 확인 작업을 계속한다. 위와같은 과정을 되풀이 함으로써 눈깜박거림 횟수와 구간시간을 평가할 수 있다.

이 실험장치의 정밀도는 약 0.007초 이므로 최소한 0.01초는 보장한다.

III. 실험계획 및 결과분석

3.1 실험 계획

피실험자는 건강상태가 양호하고 시력이 0.5 이상인 안경을 끼지않은 대학생 4명을 선택하였다. 그리고 실험은 피실험자가 정신을 집중할수 있도록 하기위해 조용한 방에서 피실험자는 sensor가 부착된 안경을 끼고 IBM PC COMPUTER CRT에서 약 40 cm 떨어진 위치에서 실시하였다. 실험실에서 binary choice task를 작업난이도를 평가하는데 사용하였다. 즉, 컴퓨터 화면에서 빨강색 신호와 녹색 신호를 일정한 시간간격으로 무작위(random)로 발생시켜 피실험자에게 빨강색 신호의 수를 세도록 하였다. 신호를 셀때 마음속으로 세게 하였는데 이는 말이 눈깜박거림에 영향을 미치는 것을 배제 하고자 함이다(3). 신호는 IBM PC CRT 중앙에 가로, 세로 각 5cm정도의 사각형 신호다. 피실험자가 binary choice task을 할때 피실험자의 눈깜박거림 횟수와 눈깜박거림 구간시간을 평가한다. 실험수준은 5개의 수준으로 주어졌는데 다음과 같다.

rest	0 신호/분
binary choice task	20 신호/분
binary choice task	40 신호/분
binary choice task	60 신호/분
binary choice task	80 신호/분

사람을 피실험자로 한 관계로 실험결과는 사람 개인마다 변화가 심하다. 이 개인차를 배제하고자 실험계획을 난괴법(complementary randomized block design)을 사용하였다. experiment model은 아래에 나와 있다. 피실험자중 1명을 무작위로 선정하여 각 조건에 대해 무작위로 순서를 정한후 순서에 따라 3분 실험하고 5분 휴식을 취하게 하였다. 나머지 피실험자에 대해서도 이러한 방법으로 계속한다. 5분의 휴식은 지난번 실험의 피로가 다음번 실험에 영향을 미치는 것을 방지하게 해준다.

Experimental Model

$$y_{i,k} = a_i + b_j + e_{i,k}$$

WHERE a_i : Treatment

b_j : Subject

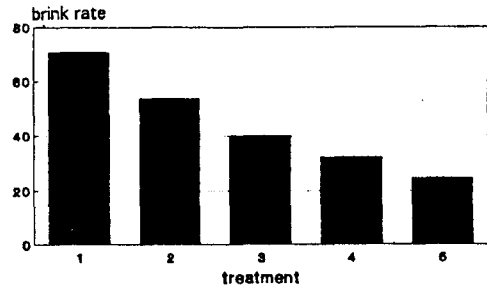
$e_{i,k}$: Random Error

3.2 실험결과 및 분석

실험에서 피실험자가 binary choice task를 행하는 동안, 피실험자의 눈깜박거림 횟수와 눈깜박거림 구간시간을 평가하였다. 눈깜박거림 횟수, 구간시간, 구간시간의 표준편차가 작업난이도의 변화에 어떻게 변화 하는지를 조사하였다. 작업난이도의 변화는 binary choice task의 0 신호/분, 20 신호/분, 40 신호/분, 60 신호/분, 80 신호/분을 treatment 1, 2, 3, 4, 5로 표시하였다.

(1) 눈깜박거림 횟수

[그림 - 5]을 보면 작업난이도가 증가함에 따라 눈깜박거림 횟수는 감소한다. 이 자료를 통계처리하면 [표 - 1]의 ANOVA 결과가 $F(4, 32, 0.05)$ (14.310이므로 유의수준 0.05로 작업난이도에 따라 눈깜박거림 횟수는 감소한다고 말할수 있다.

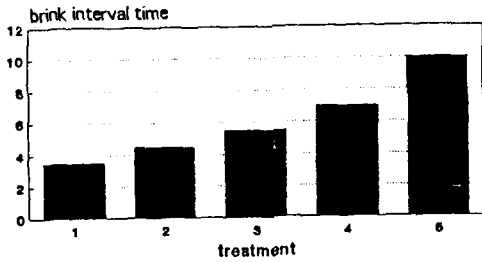


[그림-5] 작업난이도와 눈깜박거림 횟수

(2) 눈깜박거림 구간시간

눈깜박거림 구간시간은 3분을 눈깜박거림 횟수로 나눈 data로 보이나 실험 시작에서 첫 눈깜박거림 사이의 시간 data와 마지막 눈깜박거림과 실험 끝 사이의 시간 data는 구간시간 data가 아니므로 data 분석에서는 눈깜박거림 횟수 data와는 동일한 data가 아니다. 그러나 실험이 3분이 아니라 오렌시간을 실험하면 같은 data이다.

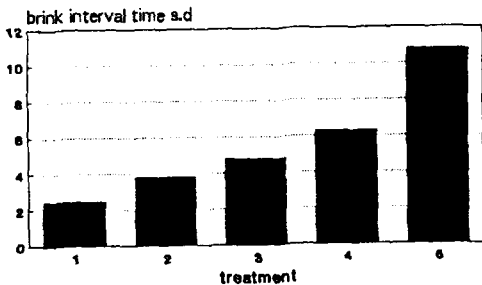
[그림 - 6]을 보면 작업난이도가 증가함에 따라 눈깜박거림 구간시간은 증가한다. 이 자료를 통계처리하면 [표 - 2]의 ANOVA 결과가 $F(4,32,0.05)$ (6.138 이므로 유의수준 0.05 로 작업난이도에 따라 눈깜박거림 구간시간은 증가한다고 말할수 있다. [그림 - 6]의 자료는 피실험자의 구간시간 평균치를 이용하였다.



[그림-6] 작업난이도와 눈깜박거림 구간시간

(3) 눈깜박거림 구간시간의 표준편차

[그림 - 7]을 보면 작업난이도가 증가함에 따라 눈깜박거림 구간시간의 표준편차는 증가한다. 이 자료를 통계처리하면 [표 - 3]의 ANOVA 결과가 $F(4,32,0.05)$ (2.243 이므로 유의수준 0.05 로 작업난이도에 따라 눈깜박거림 구간시간의 표준편차는 증가한다고 말할수 있다.



[그림-7] 작업난이도와 눈깜박거림 구간시간의 표준편차

따라서 작업난이도의 평가변수로 눈깜박거림 횟수, 눈깜박거림 구간시간의 표준편차를 사용할수 있다. "그림 - 5에서 3분간 눈깜박거림 횟수가 25정도이고 그림 - 6에서는 10초의 interval이 기록되어 18회정도 판단된다. 실험시작과 끝의 깜박거림을 고려하더라도 오차가 크다". 여기에 약간의 보충 설명을 하자면, 이는 피실험자 개인의 차이가 크기 때문에 발생한 것으로 판단된다. 한 피실험자의 눈깜박거림횟수는 treatment 1, 2, 3, 4, 5에 대해 28, 23, 22, 14, 5이고 다른 피실험자는 110, 91, 55, 35, 30이었다. 즉, 어떤사람은 눈깜박거림을 자주하고 어떤사람은 눈깜박거림을 덜 하였다.

Ⅲ. 結 論

실험결과로 부터 눈깜박거림 횟수와 눈깜박거림 구간시간의 변동으로 작업난이도를 평가할 수 있음을 보였다. 그러므로 사람이 시각매체를 이용한 정보처리(information handling)를 할때 작업자의 눈깜박거림의 변화를 알면 그 작업자의 작업난이도를 조사하여 작업자에게 적절한 작업부하량을 제공함으로써 사고를 미연에 방지할 수 있다. 즉, 자동차 운전사의 눈깜박거림을 관찰함으로써 운전사의 작업난이도량을 운전사에게 정보를 알려줄 수 있다. 사람은 보통 눈깜박거림으로 시각정보의 약 3%를 손실한다. 따라서 중요한 시각정보처리를 하는 비행기 조종사나 원자력 발전소의 요원을 선발할때 기준이 될 수 있다.

본 연구가 모든 작업난이도에 적용되지는 않을 것이나 시각표시장치에서의 binary choice task에 같은 간단한 작업에서는 타당할 것이라고 생각된다. 그리고 눈깜박거림을 이용한 작업난이도 평가방법은 눈깜박거림 탐지기가 없어도 작업자의 눈깜박거림을 볼수 있으므로 사람들에게 개략적으로 설명할 수 있어 다른 작업난이도 평가방법보다 사람에게 설득력이 있고 실제 상황에 쉽게 응용할 수 있다.

이 눈깜박거림을 이용한 작업난이도의 평가는 아직 실험실에서의 연구단계이다. 따라서 산업체에서 이용

[표 - 1] ANOVA Table

Source of variation	Sum of Squares	Degree of freedom	Mean square	F
Treatment	10440.850	4	2610.213	14.310
Subject	15253.100	3	5084.367	27.873
Error	5837.150	32	182.411	
Total	31531.100	39	808.490	

[표 - 2] ANOVA Table

Source of variation	Sum of Squares	Degree of freedom	Mean square	F
Treatment	210.225	4	52.556	6.168
Subject	397.548	3	132.516	15.552
Error	272.667	32	8.521	
Total	880.440	39	22.575	

[표 - 3] ANOVA Table

Source of variation	Sum of Squares	Degree of freedom	Mean square	F
Treatment	326.397	4	81.599	5.494
Subject	244.508	3	81.503	5.488
Error	475.274	32	14.852	
Total	1046.179	39	26.825	

하기 위해서는 더 나은 실험장치로 더 많은 data를 얻어야 할 것이다.

REFERENCE

1. Dhang.H.Lee, kyung.S.Park, "Evaluation of mental and physical load using inverse regression on sinus arrhythmia scores", journal of the human society of korea, Vol.6, NO.1, 1987.
2. John A.stern, Larry C.Walrath, and Robert Goldstern, "The endogenous eyeblink", Psychophysiology, Vol.21, No.1, pp.22-33,

- 1984.
3. Beidman, L.R. and Stern, J.A., "Aspect of the Eyeblink during Simulated Driving as Function of Alcohol", Human Factor, Vol.19, No.1, pp.73-77, 1977.
4. Montgomery, D.C., Design and Analysis of Experiments, Willy, 1984
5. 공명복, 김연민, "눈의 깜박거림에 대한 연구 : 1", 인간공학회지, Vol.4, No.1, 1985.
6. 박경수, 이동하, "마이크로프로세서를 이용한 R-R구간 측정", 대한인간공학회지, Vol.4, No.2, 1985.