

# Evaluation of Flow Experience by using Psychophysiological Visual Feedbacks

Jung Yong Kim<sup>1</sup>, Seung Nam Min<sup>2</sup>, Yong Duck Park<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Industrial and Management Engineering, Hanyang University, 426-791

<sup>2</sup>Center for Medical Metrology, Division of Convergence Technology, Korea Research Institute of Standards and Science, 305-340

## ABSTRACT

**Objective:** The present study aims to evaluate the visual reactions of users when they are playing games of different flow levels, and to explore the visual variables that can sensitively reflect the different flow levels. **Background:** The flow is defined as a psychological state where interface users feel their actions in a virtual setting identical to those in real environment. To measure the flow states of users, the questionnaire-based FSS(Flow State Scale) has mostly been used. However, this method is a qualitative test that has limits in terms of the accuracy of users' flow experiences. Therefore, more accurate methods to measure users' flow experiences are required. **Method:** Ten subjects participated in the experiment, where the independent variables were three games with different flow levels(puzzle games, dot drawing and coloring) and the time frame(the first and last 10 seconds in game playing), whereas the dependent variables included the pupil size and the frequency and duration of eye blinking. This study was a within- subject design. Each participant performed three types of games with different flow levels 3 times for each for 10 minutes, and their visual reactions to each game were measured. **Results:** The higher the flow cause the bigger pupil size( $p<0.01$ ) and the lower eye blinking frequency( $p<0.1$ ), indicating that different types of games lead to different flow levels. The pupil size during the last 10 seconds when the flow level was higher was bigger by 2.1% compared with that during the first 10 seconds in game playing( $p<0.1$ ), and the eye blinking frequency decreased by 12%( $p<0.01$ ). **Conclusion:** It was found out that the pupil size and the frequency and duration of eye blinking were psychophysiological indices for evaluating users' flow experiences, which could quantify the flow states users go through. The psychophysiological variables capable of measuring diverse aspects of the flow need diversifying to be applicable to precise measurement of the flow **Application:** These studies are warranted for both quantitative analysis of flow levels and qualitative improvement of cyber leisure in line with development of healthy games.

Keywords: Flow experience, Flow state scale, Visual response, Game contents, Psychophysiology

## 1. Introduction

최근 디지털게임, 온라인 도박, 온라인 쇼핑, 인터넷의 발

전과 함께 이들에 대한 중독이 이슈화되고 있고 이러한 중독의 이유로 몰입이 거론되고 있다(Roh and Son, 2004; Gilleade et al., 2005). Sahin and Robinson(1981)과 Glasser(1985)의 연구를 보면 몰입 자체는 가치중립적이고

Corresponding Author: Seung Nam Min. Center for Medical Metrology, Division of Convergence Technology, Korea Research Institute of Standards and Science, 305-340.

Mobile: +82-10-4104-2914, E-mail: msnijn12@kriss.re.kr; msnijn12@hanmail.net

Copyright©2013 by Ergonomics Society of Korea(pISSN:1229-1684 eISSN:2093-8462). All right reserved.

©This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. <http://www.esk.or.kr>

몰입의 결과가 긍정적 중독 또는 부정적인 중독으로 나타난다고 하였다. 국가차원에서 중독의 진단 및 상담을 하고 있지만 주로 사후조치에 집중되어 있으며 이용자 스스로의 절제를 요구하고 있어 부정적 중독을 줄이기 위한 근본적인 대책을 마련하기에는 미흡한 실정이다. 미디어 중독의 부정적 영향에 근본적으로 대응하기 위한 선행연구로써 중독을 유발하는 몰입의 정확한 측정 및 판단이 요구되고 있다 (Wang, 2001; Sung, 2008). 따라서 본 연구에서는 몰입수준이 다양한 게임을 수행할 때의 시각적 반응을 평가하고, 몰입의 수준을 민감하게 반영할 수 있는 시각적 변수를 탐색하였다

몰입은 여러 연구자에 의해 다양하게 정의되고 있는데 Novak and Hoffman(1997)은 "주의집중하고 완전히 열중하여 행동을 할 때의 전체적인 느낌"이라고 정의하였다. 또한 Novak et al.(2000)은 연구를 통하여 몰입(Flow)의 심리적 상태와 관련된 변인들을 배경변인(playfulness), 선행변인(skill, challenge, interactivity, focused attention, arousal, telepresence), 결과변인(positive affect, exploratory behavior, control)들로 분류하였고 유효한 변인들의 인과관계를 모델로 정의하였다. 정의된 모델을 보면 몰입에 미치는 영향력이 큰 간접변수가 주의집중(focused attention)로 나타났다.

주의집중을 측정하고 판단할 수 있는 심리생리학적 방법으로는 뇌 활성화도, 심장박동 수, 시선 고정 비율, 동공 반응, 눈 깜빡임 빈도 등이 있으며 관련한 많은 연구가 이루어져 있다(Hackman and Guilford, 1936; Palmer, 1993; Graham, 1992). 기존 연구 결과를 정리해 보면, 주의집중이 높을수록 심장박동 수, 시선 고정 비율, 동공 반응이 높아지며, 눈 깜빡임 비율은 낮아지는 경향을 보이는 것으로 나타났다. 그러나 주의집중에 관한 연구로 몰입에 대한 심리생리학적 연구가 미진한 상태이다.

기존의 몰입 측정 방법은 몰입상태척도(FSS: Flow state scale) 설문지를 이용한 정성적인 방법이 주를 이루고 있다. 이러한 주관적 측정 방법은 몰입을 비교적 쉽게 측정할 수 있지만 많은 단점을 가지고 있다. 복합적인 사실은 발견이 어렵고, 프라이버시를 침해할 수 있으며 또한 사용자는 상대방이 듣기 원하는 생각을 말하는 경향이 있기 때문에 측정값이 객관적이지 못할 수 있고, 평점이나 등급 역시 중간점수를 주기 쉽기 때문에 실제 상황을 정확하게 반영하지 못하는 경우가 있다. 이러한 기존의 방법론이 가진 문제점을 보완할 수 있는 정량적 측정 방법으로 심리생리학적 측정 방법이 고려되고 있다(Park, 2010, 2011). Park(2011)은 정성적인 몰입상태평가 방법에 대한 문제점을 보완하기 위해 Russell(1997)이 만든 형용사척도를 사용하여 게임 이용자의 감정 상태 설문과 몰입상태척도 설문뿐만 아니라 생

리적 반응을 이용한 근전도(EMG: electromyography), 피부전도도(SCL: skin conductance level)를 사용하였다. 실험 결과 눈썹주름근, 큰광대근 두 곳의 근전도와, 피부전도율이 몰입상태를 예측하는데 의미 있는 것으로 나타났고 몰입 여부를 식별하는데 생리적 반응이 효과적으로 사용될 수 있음을 보였다. 추가적으로 좀 더 민감한 몰입 경험의 평가 척도를 개발하기 위해서 다양한 심리생리학적 반응을 활용할 필요가 있다고 하였다. 그러므로 본 연구의 목적은 시각적 반응이 몰입 정도를 평가하는 심리생리학적인 지표로서 사용가능anz지를 알아보는데 있다.

## 2. Method

### 2.1 Subjects

이 실험에는 최근 6개월간 이내에 눈과 관련된 질환이 없으며, 실험할 당시의 건강상태가 양호한 20~30대 12명이 실험에 참가하였다. 근시가 없고 나안시력 0.7 이상인 사람을 대상으로 하였다(Table 1).

Table 1. Mean(SD) of demographic information of participants

	Age (Year)	Corrected visual acuity	Height (cm)	Weight (kg)
N=12	25.6±0.4	1.4±0.3	172.2±5.4	62.8±11.5

### 2.2 Apparatus

시각적 반응 측정을 위해 faceLAB5 (Australia, Canberra, Seeingmachines)를 사용하였으며, 소프트웨어는 faceLAB 5.0.2 버전을 60Hz 샘플링으로 사용하였다(Figure 1).

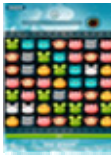




Figure 1. The equipment used in this experiment(face lab 5)

### 2.3 Design

독립변수는 몰입수준이 다른 세 종류의 게임 콘텐츠(퍼즐 게임, 점 따라 그리기, 색칠하기)(Table 2)와 게임의 시간(초반, 후반)으로 선정하였고, 종속변수는 동공크기, 눈 깜빡임 빈도, 눈 깜빡임 지속 시간으로 선정하였고 within-subject design로 실험설계를 하였다. 게임 콘텐츠는 사전 실험의 몰입상태측정 설문 결과를 토대로 몰입도가 다르게 나타난 세 가지 콘텐츠를 선정하였다. 퍼즐게임, 점 따라 그리기, 색칠하기 순으로 몰입상태측정 설문 결과가 높게 나왔다. 게임 시작부터 1분간을 게임의 초반으로 정의하였고, 게임의 후반은 9~ 10분으로 정의하였다.

Table 2. Selected game for this experiment

	Puzzle	Penciling	Painting
Pictures			

### 2.4 Procedure

실험은 소음이 차단된 독립된 공간에서 진행하였고 실험자와 피 실험자는 사이에 벽을 두어 몰입 방해 요소를 제거하였다. 모든 피 실험자는 동일한 조도의 공간에서 실험을 진행하였고, 실험 기간 동안 실내 온도를 동일하게 유지하였다. 실험 전 피 실험자에게 실험의 절차를 충분히 안내하였다. 게임 콘텐츠에 충분히 익숙해지도록 게임 방법 설명한 후 연습할 시간을 주었다. 실험 시 핸드폰과 눈의 거리를 30cm로 유지하기 위해 턱 받침대를 설치하였고, 게임을 할 때 적절한 목표를 주기 위해 15분간의 연습 동안 나온 점수보다 약간 높은 목표점수를 설정해주었다. 피 실험자에게 게임이 수행될 시간은 말해주지 않고 10분간 진행 후 "그만하세요"라고 하면 게임을 멈추도록 하였다. 실험이 진행되는 동안 시각적 반응 측정 장비를 사용하여 동공크기, 눈 깜빡임 빈도, 눈 깜빡임 지속 시간을 측정하였다. 각 게임 수행 직후에는 게임을 수행한 시간을 예측하도록 하였고 이어서 몰입상태측도 설문을 응답하도록 하였다. 실험의 순서는 누적효과(Carryover effect)를 방지하기 위해 라틴 방격법(Latin squared design)을 사용하였고, 피로를 방지하기 위해 각 게임 콘텐츠 수행 후 3분씩 휴식하였다. 실험 결과 분석은 통계분석 패키지 SAS 9.2를 사용하여 분산분석을 실

행하였고 유의하게 나타난 주 효과에 대해서는 Bonferroni 방법을 실행하였다.

### 2.5 Analysis

동공크기는 녹색 원형으로 표시되며 동공의 윤곽을 사용하여 미터(meter) 단위로 동공의 지름(diameter of the pupil)이 측정되므로 평균 동공크기는 눈 감았을 때를 제외하고 나머지 프레임의 동공크기를 평균 내었다.

눈 깜빡임 빈도는 1분당 정상적인 눈 깜빡임 수를 측정하는 것이다. 1회 눈 깜빡임 당 눈 감음 시간이 0.35초 이하이고 양쪽 눈의 눈 감음 값(single closure value)이 0.8 이상인 눈 깜빡임을 정상적인 눈 깜빡임으로 정의하였다. 눈 감음 값을 구하기 위한 방법은 식 1과 같다.

$$e_c = \frac{c_l e_l + c_r e_r}{c_l + c_r} \quad \text{for } c_l + c_r > 0 \quad (1)$$

- $e_l$     왼쪽 눈의 눈 감음 값
- $e_r$     오른쪽 눈의 눈 감음 값
- $e_c$     양쪽 눈의 눈 감음 값
- $c_l$     왼쪽 눈의 눈 감음 값의 신뢰도
- $c_r$     오른쪽 눈의 눈 감음 값의 신뢰도

왼쪽 눈과 오른쪽 눈의 눈 감음 값은 눈꺼풀(eye lid)이 동공을 덮은 비율을 측정하여 0과 1의 사이의 값으로 계산된다. 0은 눈을 뜬 상태이며 1은 눈을 완전히 감은 상태를 의미한다. 최종적으로 두 눈의 눈 감음 값을 합친다. 각 눈 감음 값은 0과 1사이의 신뢰도(confidence value)를 갖는다.

눈 깜빡임 지속 시간은 정상적인 눈 깜빡임을 할 때의 눈 감음 시간의 합을 눈 깜빡임 횟수로 나누어 계산하였다. 정상적인 눈 깜빡임의 정의는 눈 깜빡임 빈도를 구할 때와 같으며 측정이 60Hz인 것을 감안하여 계산하였다.

## 3. Results

### 3.1 Evaluation of qualitative flow

몰입상태척도(Flow State Scale, FSS) 설문지는 5 scale, 총 36문항으로 구성되어 있다. 설문결과 퍼즐게임(4.06), 색칠하기(3.34), 점 따라 그리기(3.22)의 순으로 몰입수준이 높았다고 응답하였다(Table 3).

**Table 3.** Qualitative analysis for FFS

	Puzzle	Penciling	Painting
FSS	4.06	3.22	3.34

\*FSS: Flow State Scale

**3.2 Evaluation of visual flow**

동공크기, 눈 깜빡임 빈도, 눈 깜빡임 지속시간에 대한 기술통계량은 Table 4와 같다.

**Table 4.** Descriptive Statistics for pupil size, blink and maintenance time of blink

Pupil size(mm)			
	Puzzle	Penciling	Painting
Total time	4.11±0.17	3.75±0.27	4.00±0.37
the first 60 seconds	4.08±0.22	3.67±0.29	3.98±0.44
the last 60 seconds	4.13±0.18	3.82±0.28	4.03±0.34
Blink(frequency/s)			
	Puzzle	Penciling	Painting
Total time	0.16±0.05	0.17±0.03	0.19±0.05
the first 60 seconds	0.19±0.06	0.18±0.04	0.20±0.05
the last 60 seconds	0.14±0.05	0.17±0.03	0.18±0.05
Maintenance time of Blink(s)			
	Puzzle	Penciling	Painting
Total time	0.19±0.02	0.20±0.02	0.18±0.02
the first 60 seconds	0.19±0.03	0.21±0.02	0.18±0.02
the last 60 seconds	0.19±0.02	0.20±0.02	0.18±0.02

동공크기는 게임 종류에 따라 유의수준 1%에서, 게임 진행 시점에 따라 유의수준 10%에서 동공크기 변화에 영향을 주는 것으로 나타났다. 눈 깜빡임 빈도는 게임 진행 시점에 따라 유의수준 1%에서 눈 깜빡임 빈도에 영향을 주는 것으로 나타났다(Table 5).

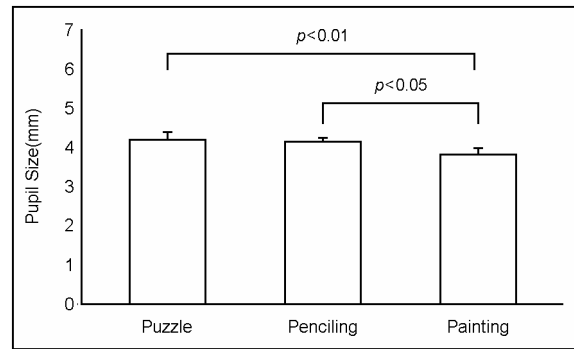
Figure 2는 동공크기와 눈 깜빡임을 Bonferroni로 사후 분석을 한 결과를 그래프로 나타낸 것이다.

게임 종류에서의 동공크기는 퍼즐게임과 점 따라 그리기 ( $p<0.01$ ), 색칠하기와 점 따라 그리기( $p<0.05$ )에서 통계적으로 의미 있는 차이가 나타났다(Fig. 2a). 퍼즐게임과 색칠하기 게임 수행 시의 평균 동공크기는 4.11mm와 4.00mm로 측정되었고 점 따라 그리기 수행 시 3.75mm로 가장 수축한 것으로 나타났다.

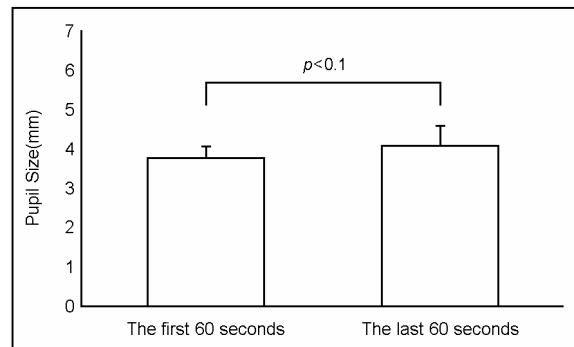
**Table 5.** ANOVA assessing for pupil size, blink rate and maintenance time( $F$ -value)

	Pupil size	Blink	Maintenance time of Blink
Game type	12.41***	2.14 <sup>a</sup>	2.86 <sup>a</sup>
Game time	4.55***	14.02***	3.23 <sup>a</sup>
Game type × Game time	0.57 <sup>a</sup>	1.90 <sup>a</sup>	0.16 <sup>a</sup>

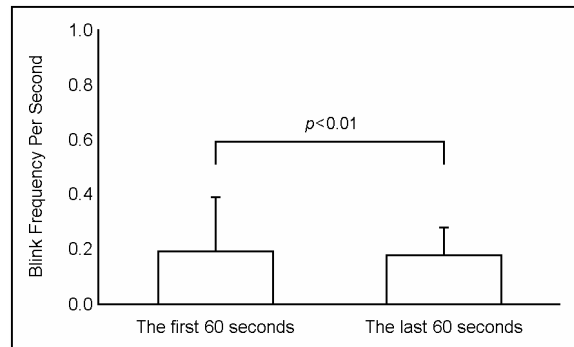
a: Non-Significant, \* $p<0.1$ , \*\* $p<0.05$ , \*\*\* $p<0.01$



(a)



(b)



(c)

**Figure 2.** Pupil size and blink on game type and time

게임 시간별 결과는 후반부(3.99mm)가 게임 전반부(3.91mm)에 비해 약 2.1% 증가하였고, 유의수준 1%에서 동공크기 변화에 영향을 주는 것으로 나타났다(Fig. 2b).

눈 깜빡임 빈도는 게임 시간에 따라 유의수준 1%에서 눈 깜빡임 빈도에 영향을 주는 것으로 나타났다. 세 게임의 평균 눈 깜빡임 빈도를 보면 초반 초당 0.19회에서 후반 초당 0.16회로 약 14.3% 감소하는 것으로 나타났다(Fig. 2c).

#### 4. Discussion

게임 종류에 따른 동공크기를 보면 정성적 몰입수준 평가에서 몰입수준이 높게 평가된 게임일수록 동공크기가 크게 나타났다. 몰입도가 가장 높았던 퍼즐게임(4.11mm) 수행 시 동공이 가장 크게 나타났고 색칠하기(4.00mm), 점 따라 그리기(3.75mm)순으로 나타났다. 정성적 평가 방법으로 판단한 몰입수준의 순서와 동공크기로 판단한 집중의 순서가 일치했다. 게임 종류별 동공크기의 차이는 해당 게임을 수행하는 동안의 집중수준의 차이로 인한 것이고 집중이 몰입에 가장 큰 영향을 끼치는 선행요인이기 때문에 동공크기의 차이를 이용하여 게임 종류별 몰입수준의 차이를 판단할 수 있었다.

게임 진행 시점에 따른 동공크기를 보면 게임 후반(3.99mm)의 동공크기가 초반(3.91mm)에 비해 2.1% 증가하였다. 이는 게임이 진행될수록 몰입 정도가 높아지게 되고 이로 인해 동공크기가 증가한 것으로 판단된다. 정성적 몰입수준 측정 방법은 사후분석이기 때문에 게임 진행 시점에 따른 비교평가를 할 수 없었다. 하지만 본 연구의 심리생리학적 측정 방법은 시간의 흐름별 몰입수준의 차이가 나타났기 때문에 추후 연구를 통해 동공크기를 측정하여 몰입을 일정수준 이상의 신뢰도를 갖고 판단하게 된다면, 몰입을 실시간으로 측정할 수 있다는 가능성을 확인하였다.

게임 진행 시점에 따른 눈 깜빡임 빈도는 게임 후반(0.16회/초)이 초반(0.19회/초)에 비해 모든 게임에서 통계적으로 의미 있게 감소되었다. 이는 컴퓨터 게임 시간이 경과함에 따라 눈 보호지수가 1 미만인 경우가 증가한다는 Kim et al. (2007)의 연구 결과와 의미가 동일하게 나타났다. 게임이 진행됨에 따라 몰입이 증가하였고 이로 인해 눈 깜빡임 빈도가 낮아진 것으로 판단된다.

게임 종류에 따른 눈 깜빡임 빈도에서 비록 통계적으로 의미 있는 결과는 나타나지 않았지만 각 게임별로 감소 비율을 보면 퍼즐게임이 -19.8%로 가장 큰 폭의 감소를 보였고 색칠하기가 -10.9%, 점 따라 그리기가 -6.3%로 나타났다. 몰입수준척도 설문을 통해 몰입이 높게 판단된 퍼즐게임에

서 게임이 진행됨에 따라 눈 깜빡임 빈도가 가장 큰 폭으로 감소하는 경향이 나타났고 이어서 점 따라 그리기와 색칠하기 순으로 감소폭이 크게 나타났다. 눈 깜빡임 빈도 감소폭의 순서는 동공크기 측정을 통한 몰입수준 판단 결과와 몰입상태척도 설문 결과를 통해 판단한 몰입수준 순서와도 일치했다. 이와 관련하여 Nakamori et al. (1997)는 집중도가 눈 깜빡임 횟수에 영향을 줄 수 있다고 하였고 Cho and Shin (2002)은 문서작업을 할 때 보다 컴퓨터 게임을 할 때 눈 깜빡임 횟수 감소폭이 커진다고 보고하였고 이는 집중도의 차이 때문으로 추정하였다. 집중이 몰입에 가장 큰 영향을 끼치는 선행요인이기 때문에 게임 진행 시점에 따른 눈 깜빡임 빈도의 감소는 몰입으로 인한 것으로 판단된다. 게임 종류에 따른 눈 깜빡임 빈도 감소는 통계적 유의성이 나타나지 않았기 때문에 본 연구에서 명확한 상관관계를 제시할 수 없다. 따라서 몰입 정도 차이에 따른 눈 깜빡임 빈도 감소폭 차이의 원인을 확인하기 위한 추가적인 연구가 필요하다.

눈 깜빡임 지속 시간은 게임 종류에 따라 통계적으로 의미 있는 차이를 보였다. 몰입상태척도 설문을 통해 몰입도가 가장 높게 평가된 퍼즐게임(0.189초) 수행 시 동공이 가장 크게 나타났고 점 따라 그리기(0.203초), 색칠하기(0.183초)순으로 나타났다. 몰입상태척도 설문을 통해 판단한 몰입수준의 순서와 눈 깜빡임 지속 시간으로 판단한 몰입의 순서가 일치하지 않았다. 게임 종류별 눈 깜빡임 지속 시간의 차이는 해당 게임을 수행하는 동안의 집중수준의 차이뿐만 아니라 피로도에도 민감하게 반응하기 때문인 것으로 판단된다. 눈 깜빡임 지속 시간이 몰입 정도를 정량적으로 측정할 수 있는 시각적 변수로 사용되기 위해서는 민감도에 대한 추가 연구가 필요하다.

게임 시간에 따른 눈 깜빡임 지속 시간은 통계적으로 의미 있는 차이가 나타나지 않았다. 눈 깜빡임 지속 시간은 눈의 피로도를 나타내는 가장 신뢰할 수 있는 변수로써 1회 눈 깜빡임 시 눈 감는 시간이 일반적인 눈 깜빡임에 비해 길어지면 눈이 피로하다는 의미이다(Stern et al., 1994; Caffier et al., 2003). 즉, 본 실험에서 눈 깜빡임 지속 시간이 게임 진행 시간에 따라 유의미한 차이를 보이지 않았다는 것은 10분의 실험 동안 눈의 피로를 느끼지 않았다는 것이고 따라서 피로로 인한 동공확장, 눈 깜빡임 빈도 증가의 영향은 크지 않았다고 판단된다. 시각적 변수를 이용하여 몰입을 측정하고자 할 때 눈 깜빡임 지속 시간이 증가하지 않는 범위 내에서 이루어지거나 또는 피로가 발생한다면 이에 대한 보정이 이뤄져야 할 것이다.

## 5. Conclusion

본 연구는 시각적 반응이 몰입 정도를 평가하는 심리생리학적 지표로서 사용가능성을 평가하였다. 그 결과, 몰입도가 높은 게임일수록 동공크기가 높아졌으며, 게임 진행 시점에 따른 동공크기를 보면 게임 후반의 동공크기가 높았다. 눈 깜빡임 빈도는 게임 후반으로 갈수록 감소하였다. 이러한 결과는 정량적인 시각 평가가 몰입의 정도를 측정할 수 있다는 가능성을 보여주었다. 추후 연구에서는 몰입 이외의 영향(게임 자체의 빛의 밝기, 감정의 변화, 피로, 나이 등의 변화)으로 인한 동공의 크기의 차이를 구체적으로 파악하기 위해 몰입의 다른 선행요인에 대해 시각적으로 통제된 다양한 상황에서의 추가 연구가 필요하다.

## References

- Caffier, P.P., Erdmann, U. and Ullsperger, P., Experimental evaluation of eye-blink parameters as a drowsiness measure, *European Journal of Applied Physiology*, 89(3), 319-325, 2003.
- Cho, Y. and Shin, J.Y., The influence of type of computer and VDT work on the dryness of eye, *Journal of the Korean Ophthalmological Society*, 43(11), 2280-2287, 2002.
- Gilleade, K., Dix, A. and Allanson, J., Affective videogames and modes of affective gaming: assist me, challenge me, emote me. 2005.
- Glasser, W., *Positive addiction*: HarperCollins. 2010.
- Graham, F.K., Attention: The heartbeat, the blink, and the brain. *Attention and information processing in infants and adults: Perspectives from human and animal research*, 8, 3-29, 1992.
- Hackman, B. and Guilford, J., A study of the 'visual fixation' method of measuring attention value, *Journal of Applied psychology*, 20(1), 44, 1936.
- Kim, J.S., Cho, K.J. and Song, J.S., Influences of Computer Works on Blink Rate and Ocular Dryness in Adolescents, *Journal of Korean Ophthalmological Society*, 48(11), 1466-1472, 2007.
- Nakamori, K., Odawara, M., Nakajima, T., Mizutani T. and Tsubota, K., Blinking is controlled primarily by ocular surface conditions, *American journal of ophthalmology*, 124(1), 24-30, 1997.
- Novak, T.P., Hoffman D.L. and Yung, Y.F., "Modeling the structure of the flow experience among web users". *Paper read at Informing Science and the Internet Mini-Conference*, 1998.
- Palmer, J., Ames, C.T. and Lindsey, D.T., Measuring the effect of attention on simple visual search, *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 19(1), 108, 1993.
- Park, J.S., Measuring the customer experience in online environments: A structural modeling approach, *Marketing science*, 19(1), 22-42, 2000.
- Park, J.S., "A Psychophysiological Approach to User Experience -With emphasis of Measuring the Flow Experience". Korean society of Design Science proceeding, 70-71, 2011.
- Park, J.S., A Psychophysiological Approach to Measuring the User Experience, *Journal of Korea Design Knowledge and Industry*, 15, 1-10, 2010
- Roh, J.S. and Son, Y., A Study on the correlation between the Flow Experience and Leisure Satisfaction of the Electronic Media, *Korean Association for Broadcasting and Telecommunication*, 18(1), 2004.
- Russell, A.L., Nonexpert Conceptions of Virtual Reality. *Journal of Research on Computing in Education*, 30(1), 53-66, 1997.
- Sahin, H. and Robinson, J.P., Beyond the realm of necessity: Television and the colonization of leisure. *Media, Culture & Society*, 3(1), 85-95, 1981.
- Stern, J.A., Boyer, D. and Schroeder, D., Blink rate: a possible measure of fatigue. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 36(2), 285-297, 1994.
- Sung, Y.S., A Study on the Counseling and Treatment for Adolescents' Online Game Addiction. *Korea Institute of Youth Facility and Environment*, 6(3), 39-55, 2008.
- Wang, W., Internet dependency and psychosocial maturity among college students, *International Journal of Human-Computer Studies*, 55(6), 919-938, 2001.

## Author listings

**Jung Yong Kim:** jungkim@hanyang.ac.kr

**Highest degree:** PhD, Department of Industrial Engineering, the Ohio state University

**Position title:** Professor, Department of Industrial and Management Engineering, Hanyang University

**Areas of interest:** UX/UI, Biomechanics, Cognitive psychology

**Seung Nam Min:** msnijn12@kriss.re.kr; msnijn12@hanmail.net

**Highest degree:** PhD, Department of Industrial Engineering, Hanyang University

**Position title:** Senior Research Scientist, Center for Medical Metrology, Division of Convergence Technology, Korea Research Institute of Standards and Science

**Areas of interest:** UX/UI, Biomechanics, Cognitive psychology

**Yong Duck Park:** duck234515@gmail.com

**Highest degree:** master's, Department of Industrial Engineering, Hanyang University

**Position title:** Graduate student, Department of Industrial and Management

Date Received : 2013-07-11

Date Revised : 2013-09-16

Date Accepted : 2013-12-02