Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 31, No. 5 pp.609-616, October 2012 http://dx.doi.org/10.5143/JESK.2012.31.5.609

Quantitative Comparison of the E-book and Paper-book by using Eye-tracker

Jung Yong Kim, Min Ho Lee, Seung Nam Min, Young Jin Cho, Jun Hyeok Choi

Department of Industrial and Management Engineering, Hanyang University, Ansan, 426-701

ABSTRACT

Objective: The aim of the study is to evaluate the difference of legibility between e-book and paper-book by using eye-tracker. **Background:** Despite of many researches on the e-book and paper-book, there are few researches on the difference between e-book and paper-book. In addition, the researches on the e-book were only dependent on the e-book reader. This study focused on the comparison of e-book and paper-book controlled with the same environments. **Method:** This study was conducted with 2×3 within-subject design. Independent variables include the types of book (e-book, paper-book) and font sizes (8pt, 10pt, 12pt). Dependent variables are four measures of fixation duration, saccade length, blink rate and subjective discomfort. Analysis of Variance (ANOVA) with repeated measured design was used to investigate the main and interaction effects of independent variables on each of the dependent variables. The multiple comparisons were performed by post hoc analysis and Bonferroni correction was applied. **Results:** Fixation duration at e-book was longer than paper-book (p<0.01). Saccade length at e-book was shorter than paper-book (p<0.05). Blink rate at e-book was higher than paper-book (p<0.1). Subjective discomfort at e-book was higher than paper-book (p<0.1). Legibility at 8pt was better than 10pt, 12pt (p<0.01) in fixation duration, saccade length and subjective discomfort. **Conclusion:** It was found that the legibility at e-book are worse than paper-book from this study. These results indicated that the legibility of e-book was needed to be validated and improved to replace the paper-book. **Application:** This study suggests improving something related to fixation duration, saccade length, blink rate and subjective discomfort for betterment of e-book.

Keywords: Eye-tracker, Legibility, E-book, Paper-book

1. Introduction

20세기말, 디지털 혁명을 배경으로 전자책 기술이 나타났고, 이러한 기술을 통해 개발된 전자책은 컴퓨터를 비롯한 다양한 멀티미디어 기기를 통해 보급이 되고 있다. 특히 최근에는 전자책을 읽을 수 있도록 하는 전자책 단말기가 빠르게 보급되고 있으며 이를 통해 전차책은 물론 전자잡지, 전자신문 등을 제공하는 서비스가 구현되고 있다. 전자책의 등장은 전통적 인쇄 기술에 의존해왔던 기존의 지식정보생산양식을 획기적으로 변혁시킬 것으로 전망되고 있다.

전자책의 보급은 현대인에게 비용적인 절약과 동시에 많은 책을 디지털 기기에 담아 손쉽게 사용할 수 있는 장점을 통해 많은 사용자들에게 호응을 받고 있으며, 실제 책을 읽는 듯한 느낌을 줄 수 있도록 개발된 디지털 기기의 발전은 전자책의 보급을 앞당기고 있다. 이러한 상황에서 많은 연구자들은 전자책이 일반 종이책을 대체할 수 있는 수단으로 사용될 수 있을 것인가라고 하는 문제에 관심을 가져왔다.

전자책과 종이책은 다양한 관점에서 비교 연구가 이루어져왔다. Wilson et al.(2003), Maynard and Cheyne

Corresponding Author: Seung Nam Min. Department of Industrial and Management Engineering, Hanyang University, Ansan, 426-701.
Mobile: +82-10-4104-2914, E-mail: msnijn12@hanmail.net
Copyright@2012 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

(2005)는 정보 습득력, 상상력 등의 독서효과와 만족도, 흥미도, 사용성 등의 여러 요인에서 전자책과 종이책의 차이점을 밝히려 노력하였지만 둘 사이의 차이점을 발견하지 못하였다. 반면에, Wilson et al.(2003)은 대학생, 강사 및 연구자로 이루어진 100여명의 피조사자들을 이용하여 전자책의 디자인 양식이 피조사자의 만족도(질, 사용의 편이성 등), 사용성(작업 성공, 시간) 및 기억력(인지, 기억)의 세 가지 요인에 미치는 영향을 분석한 결과 종이책이 전자책보다 작업 성공(사용성)과 만족도가 더 높게 나타나는 것을 확인하였다. Kim and Kang(2008)은 종이책이 전자책보다 상상력을 유발시키는 데 유리하고, 전자책은 종이책에 비해 정보 습득력에서 우세하다고 하였다. 또한 전자책은 독서에 대한 흥미를 북돋아줄 수 있는 정보매체라고 하였다.

최근에는 독서 능력과 효율을 정량적으로 측정하고 분석하기 위해 아이트래커(eye-tracker)를 사용한 연구가 많이 진행되어 왔다. Just and Carpenter(1980), Menz and Groner(1982)의 연구에 따르면 가독성을 평가할 수 있는 대표적인 변수로 안구 운동 중에서 고정(fixation)과 도약(saccade), 동공 크기(pupil size), 눈깜빡임(blink)을 꼽았다. Rayner(1989), Biedert et al.(2010)는 가독성의 지표로 고정 시간(fixation duration)을 제시하였고, 고정 시간이 증가할수록 읽기 어려운 것으로 분석할 수 있다고 하였다. Siegenthaler et al.(2010)은 가독성의 지표로써 한 번의 고정에 보는 글자수를 제시하였고, 이는 책의 장르(내용)와 글자의 크기에 따라 달라지며, 글자 크기가 작을 때 더 많은 글자를 읽을 수 있다고 하였다. Rayner and Pollatsek(1989), Biedert et al.(2010)은 가독성의 지표로 도약 거리(saccade length)를 사용하였고 도약 거리가 줄어들수록 읽기 어려운 것으로 분석할 수 있다고 하였다. Hoofer and Hannafin(1986)은 한 번에 눈의 인지하는 범위가 커지게 되면, 시각의 고정 시간은 줄어들고 도약 길이가 길어져 읽는 속도가 빨라진다고 하였고, Kang et al.(2010)은 한 줄이 길면 도약(saccade) 길이가 증가하여, 줄 끝에서 다음의 시작부분으로 편하게 움직여지지 않는다고 하였다. 즉, Rayner and Pollatsek(1989)은 책을 읽기 어려울수록 고정 시간은 증가하고, 도약 거리는 감소하며, 역행(regression) 빈도는 증가한다고 하였다. Iqbal et al.(2004), Recarte et al.(2008)은 동공 확장은 정신 부하(mental workload)의 신뢰성 있는 측정으로 볼 수 있다고 하였다. 그러나 Näätänen(1992)는 동공은 주변 조명이나, 감정적인 변화에 영향을 많이 받는다고 하였다. Waard(1996)는 눈깜빡임 비율도 정신 부하의 지표로 사용되었으며, Fogarty and Stern(1989)은 눈깜빡임 비율이 낮아지는 것은 작업의 시각적 작업 부하(visual demand)가 증가하는 것을 의미한다고 하였다. 또한 Stern et al.(1994)은 눈깜빡임 비율은 피로도의 지표(fatigue of indicator)로 사용될 수 있다고 하였다. 이와 같이 아이트래커는 독서 능력과 효율을 정량적으로 평가하는 도구로 사용되고 있다. 그러나 최근에 개발되고 있는 전자책을 대상으로 한 연구는 많이 미흡한 상황이다.

최근의 전자책 관련 연구를 보면 Siegenthaler et al.(2010)은 5개의 전자책 단말기의 사용성을 설문으로 평가하였으며, 아이트래커를 사용하여, 종이책과 5개의 전자책 단말기의 가독성을 비교하였다. 연구 결과, 읽는 시간과 읽는 속도는 차이가 없었으며 페이지 넘기는 시간에서 차이가 있다고 하였다. 하지만 이 연구 역시 단말기의 특성에 따라 결과가 영향을 받을 수 있어 순수하게 전자책과 종이책을 비교하기에는 무리가 따른다. 최근에 개발된 단말기들은 전자책이 종이책을 대신할 수 있을 정도의 기술력이 제공되고 있는 상황으로, 이러한 관점에서의 연구는 찾아볼 수가 없다.

그리하여 본 연구에서는 종이책과 단말기의 환경을 최대한 유사하게 통제한 상황에서 전자책과 종이책의 가독성을 평가하려고 한다.

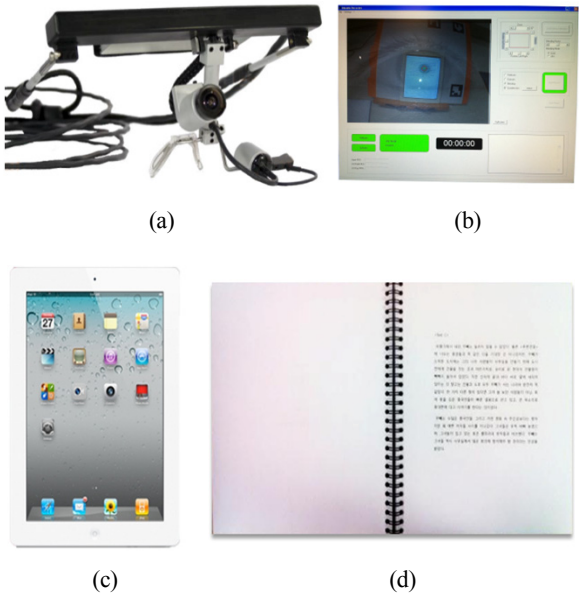
2. Methods

2.1 Participants

본 연구의 실험을 위해 최근 6개월 이내에 눈의 질병이 없으며, 실험할 당시의 건강상태가 양호한 20~30대의 남자 8명, 여자 8명이 실험에 참가하였다. 실험참가자의 보정 시력은 0.8 이상으로 하였다.

2.2 Apparatus

시선의 움직임을 측정하기 위하여 시선추적장치인 케이블타입의 Dikablis Eye Tracking System 아이트래커(Ergoneers사)를 사용하였다(Figure 1a). 샘플링 주파수는 25Hz로 시선의 움직임에 대한 좌표를 측정하였다. 또한 데이터의 측정과 추출, 분석을 하기 위하여 같은 회사의 Dikablis Recorder, Dikablis Analysis와 D-Lab Analysis 소프트웨어를 사용하였다(Figure 1b). 실험에 사용된 전자책 기기는 2011년 기준 보급율 최상위를 기록하고 있는 A사의 M모델을 선정하였다(Figure 1c). 전자책 기기에 들어갈 컨텐츠는 한 페이지에 들어가는 글자수를 일정하게 통제하여 PDF 파일 형식으로 구성하여 제작하였고, 그와 동일한 글자 크기와 간격의 종이책을 제작하여 실험에 사용하였다(Figure 1d).



(a) (b)

(c) (d)

Figure 1. Experimental environments
(a: Eye-tracker, b: D-lab software, c: E-book, d: Paper-book)

2.3 Experimental design

전자책과 종이책을 읽을 때, 글자 크기에 따른 가독성과 주관적인 불편도 차이를 연구하기 위하여 2×3 within-subject design으로 실험을 설계하였다. 독립변수는 책의 형태(전자책, 종이책)와 글자 크기(8pt, 10pt, 12pt)로 선정하였다. 종속변수는 고정 시간(fixation duration), 도약 거리(saccade length), 눈깜빡임 비율(blink rate), 주관적 불편도(subjective discomfort)으로 선정하였다. 한 가지 책에서 내용을 발췌하였으며, 총 6개(A~F)를 각 조건당 제작하여 종이책과 전자책을 구성하였다. 실험순서는 실험참가자들의 학습효과(learning effect)를 제거하기 위해 라틴 방격법(Latin squared design)을 사용하였다.

2.4 Procedure

실험 전체의 과정은 Figure 2와 같이 진행되었다. 실험 전에 실험참가자에게 실험의 목적과 절차에 대해 충분히 설명을 하였다. 그 후 실험참가자의 신상 정보와 시력 등을 기록하도록 하였다. 전자책, 종이책, 아이트래커에 대한 적응을 위해 실험 전 사용법을 교육하고 실험 시 발생할 수 있는 학습효과를 제거하기 위해 적응 연습을 실시하였다.

실험참가자가 충분히 장비에 익숙해지면, 실험설계의 순서에 맞춰 전자책과 종이책을 읽게 하였다(Figure 3). 그 각각의 조건에서 실험참가자는 정해진 세 페이지를 순서대로 읽게 하였다. 실험참가자에게는 실험이 끝난 후에 글을 이해했는지에 대한 간단한 질문을 할 것이라고 미리 알려 줌으로써 사람들이 실제로 글을 읽을 때처럼 글의 내용을 이해하면서 읽어 가도록 하였고 마음속으로 정독하듯이 읽게 하였다. 한 조건의 실험이 끝나면 주관적 불편도 질문을 하였다.

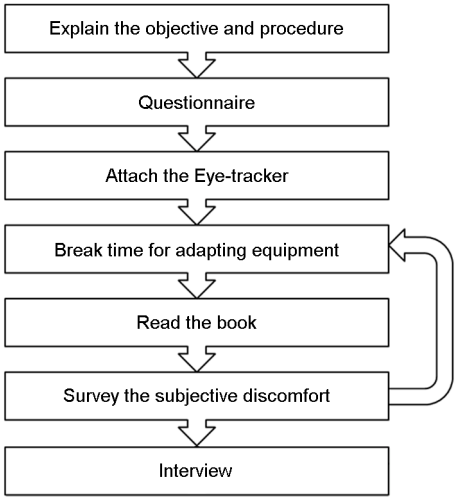


Figure 2. Flow of experiment

책과 눈이 떨어진 거리는 변수들에 미칠 수 있는 영향이 있으므로, 모든 실험참가자는 책과 0.5m 떨어진 거리에서 실험을 실시하였다고 조도는 일반 책 읽을 때 기준인 300lx로 맞추어서 실험을 실시하였다.

Figure 3. Participant reading in E-book equipped with eye-tracker

2.5 Data analysis

종이책과 전자책에 대한 가독성을 평가하기 위하여 아이

트래커에서 측정된 시선의 움직임 좌표를 이용하였고 이를 바탕으로 고정 시간, 도약 거리, 눈깜빡임 비율을 계산하였다. 아이트래커에서 측정된 시선의 움직임 좌표는 실제 책의 좌표와 차이가 있기 때문에 이를 보정하기 위한 계산식을 유도하였다(Figure 4). 식 (1)을 이용하여 아이트래커를 이용해 측정된 시선의 좌표는 책의 위치값으로 변환하였다.

$$R_k = \frac{110(X_k - X_{\min})}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (1)$$

R_k : 책(paper-book and E-book)의 X축 좌표(mm)
X_{max}: 측정된 시선의 좌표값 중에서 X축의 최댓값
X_{min}: 측정된 시선의 좌표값 중에서 X축의 최솟값
X_k : 측정된 시선의 좌표값 중에서 구하고자 하는 X축의 좌표값.

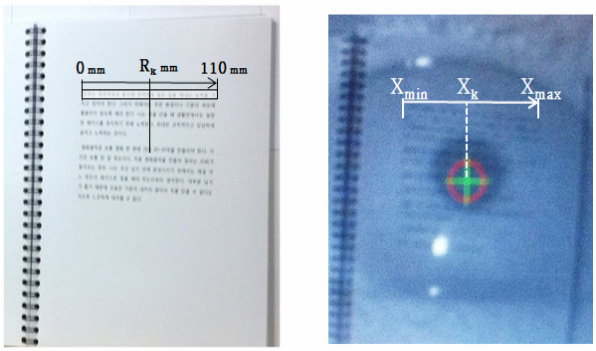


Figure 4. Transformation of coordinates between the distance of real book and measured eye movement

시선의 고정 시간과 도약 거리는 기존 문헌에서 제시한 시선의 고정(fixation)과 도약 운동(saccade)의 정의를 사용하여 계산되었다. 시선의 고정은 눈의 위치에서 적어도 100ms 동안 유지될 때(Ito et al., 2011; Kim et al., 2006). 와 글 읽기에서 한 글자 보다 작은 움직임이 발생한 경우(Lee, 2004)로 정의되었고, 도약 거리는 고정과 고정이 발생한 경우의 거리로 정의되었다(Wickens and Justin, 1992).

고정 시간의 계산 식은 아래와 같다.

$$\overline{T_{fixation}} = \frac{\sum T_i}{N_{fixation}}, \quad (4)$$

여기서,

$T_{fixation}$: 평균 고정 시간
T_i : i번째 고정 시간
$N_{fixation}$: 고정이 일어난 횟수.

도약 거리는 아래와 같이 계산되었다.

$$\overline{L_{saccade}} = \frac{\sum L_i}{L_{saccade}}, \quad (5)$$

여기서,

$L_{saccade}$: 평균 도약 거리
L_i : 각각의 도약 거리
$N_{saccade}$: 도약이 일어난 횟수.

눈깜빡임 비율은 책을 읽은 전체 시간에서 눈을 깜빡인 동안의 시간이 차지하는 비율로 정의하였다.

Blink rate = 눈감은 시간 \.(전체 책읽는 시간 – 페이지 넘기는 시간)

주관적 불편도(subjective discomfort)를 측정하기 위해, 각 실험 조건이 끝날 때마다, "책을 읽기에 얼마나 불편하십니까?"라는 질문을 하였으며, 가장 편안한 0점에서 가장 불편한 10점 사이의 이 주관적 불편도 데이터를 수집하였다.

최종적으로 책의 형태(전자책, 종이책)와 글자 크기(8pt, 10pt, 12pt)에 따라서 고정 시간, 도약 거리, 눈깜빡임 비율, 주관적 불편도가 같다라는 귀무가설 하에 분산분석(ANOVA)을 실시하였다.

3. Results

독립변수(책의 형태, 글자 크기)에 따른 종속변수(고정 시간, 도약 거리, 눈깜빡임 비율, 주관적 불편도)에 대해 분산분석을 하였다. Table 1는 분산분석 결과를 정리한 것이다.

3.1 Fixation duration

고정 시간은 책의 형태(p<0.01)와 글자 크기(p<0.01)에 따라 통계적으로 유의한 차이가 있었다(Table 2). Figure

5a는 책의 형태에 따른 고정 시간을 그래프로 나타낸 것이다. 전자책의 고정 시간이 종이책보다 통계적으로 $p<0.01$에서 1.1배 더 길었다. Figure 5b는 글자 크기에 대해서 고정 시간을 Bonferroni로 사후분석을 한 결과를 그래프로 나타낸 것이다. 10pt의 글자를 읽을 때보다 8pt의 글자를 읽을 때의 고정 시간이 통계적으로 $p<0.05$에서 1.08배 더 길었으며, 12pt의 글자를 읽을 때보다 8pt의 글자를 읽을 때의 고정 시간이 통계적으로 $p<0.01$에서 1.08배 더 길게 나타났다.

Table 1. The summary of analysis of variance(ANOVA)

Dependent variable	Types of book	Font sizes	Types of book × Font sizes
Fixation duration	14.142***	6.807***	0.880
Saccade length	7.777**	14.696***	0.431
Blink rate	3.435*	0.438	0.435
Subjective discomfort	4.061*	9.483***	0.753

*: $p<0.1$, **: $p<0.05$, ***: $p<0.01$

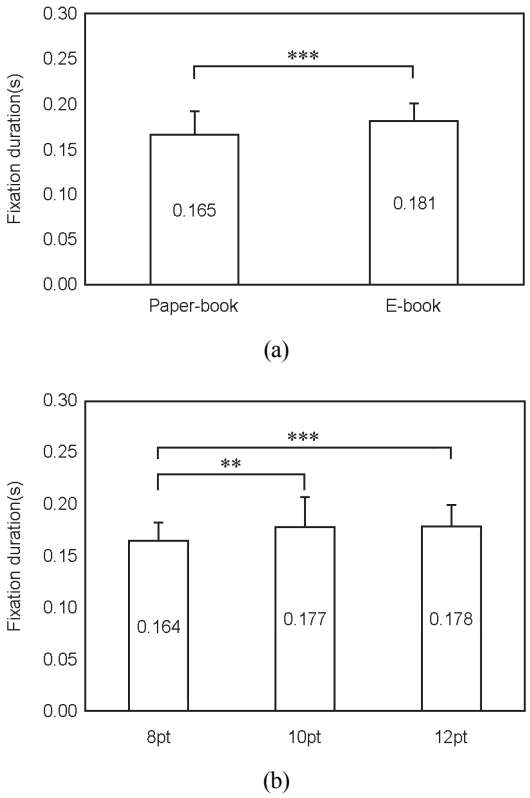


Figure 5. Fixation duration on types of book (a) and font sizes (b) (**$p<0.05$, ***$p<0.01$)

3.2 Saccade length

도약 거리는 책의 형태($p<0.05$)와 글자 크기($p<0.01$)에 따라 통계적으로 유의한 차이가 있었다(Table 2). Figure 6a는 책의 형태에 따른 도약 거리를 그래프로 나타낸 것이다. 전자책의 도약 거리가 종이책보다 통계적으로 $p<0.05$에서 1.1배 더 짧았다. Figure 6b는 글자 크기에 대해서 도약 거리를 Bonferroni로 사후분석을 한 결과를 그래프로 나타낸 것이다. 8pt의 글자를 읽을 때보다 10pt의 글자를 읽을 때의 도약 거리가 통계적으로 $p<0.01$에서 1.1배 더 짧았으며, 8pt의 글자를 읽을 때보다 12pt의 글자를 읽을 때의 도약 거리가 통계적으로 $p<0.01$에서 1.19배 더 짧게 나타났다.

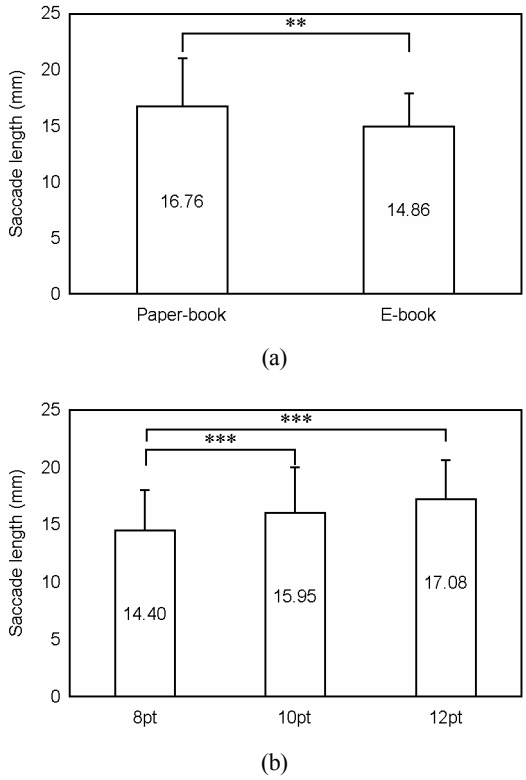


Figure 6. Saccade length on types of book (a) and font sizes (b) (**$p<0.05$, ***$p<0.01$)

3.3 Blink rate

눈깜빡임 비율은 책의 형태($p<0.1$)에 따라 통계적으로 유의한 차이가 있었고, 글자 크기에 대해서는 통계적으로 유의하지 않았다(Table 2). Figure 7는 책의 형태에 따른 눈깜빡임 비율을 그래프로 나타낸 것이다. 전자책의 눈깜빡임 비

율이 종이책보다 통계적으로 p<0.1에서 1.2배 더 높았다.

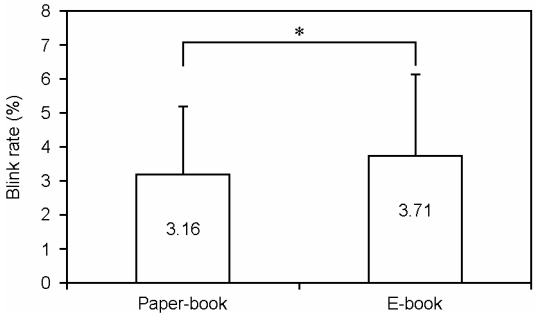


Figure 7. Blink rate on types of book (*p<0.1)

3.4 Subjective discomfort

주관적 불편도는 책의 형태(p<0.1)와 글자 크기(p<0.01)에 따라 통계적으로 유의한 차이가 있었다(Table 2). Figure 8a는 책의 형태에 따른 주관적 불편도를 그래프로 나타낸 것이다. 종이책의 주관적 불편도가 전자책보다 통계적으로 p<0.1에서 0.6점 더 작았다. Figure 8b은 글자 크기에 대해서 주관적 불편도를 Bonferroni로 사후분석을 한 결과를 그래프로 나타낸 것이다. 8pt의 글자를 읽을 때보다 10pt의 글자를 읽을 때의 주관적 불편도가 통계적으로 p< 0.05에서 0.9점 더 낮았으며, 8pt의 글자를 읽을 때보다 12pt의 글자를 읽을 때의 주관적 불편도가 통계적으로 p< 0.01에서 1.0점 더 낮게 나타났다.

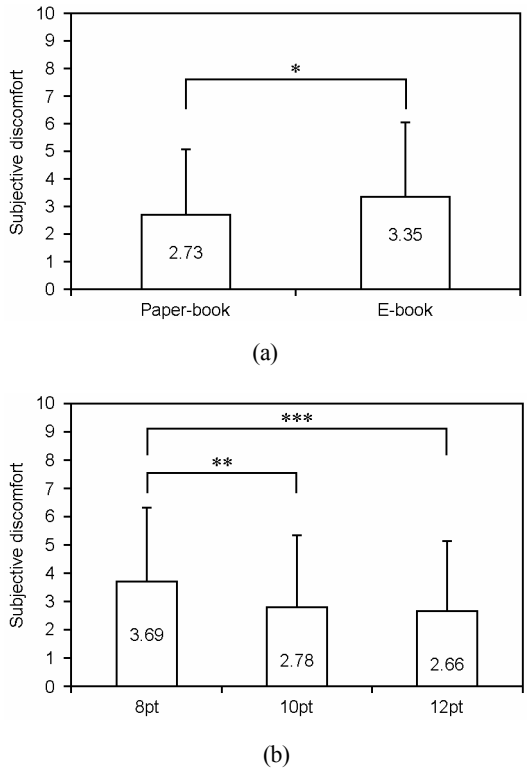


Figure 8. Subjective discomfort on types of book (a) and font sizes (b) (**p<0.05, *** p<0.01)

4. Discussion

전자책과 종이책을 읽을 때와 글자 크기(8pt, 10pt, 12pt)에 따른 가독성과 피로도, 주관적 불편도의 차이를 알아보기 위해 실험을 수행하였다. 종속변수로는 고정 시간과 도약 거리, 눈깜빡임 비율과 주관적 불편도를 선정하여 분석하였다. 연구를 통해 알게 된 세부적인 결과를 정리하였다.

Table 2. Summary on legibility

	Types of book	Font sizes
Fixation duration	P < E	8pt < 10pt, 12pt
Saccade length	P > E	8pt < 10pt, 12pt
Blink rate	P < E	Not significant
Subjective discomfort	P < E	8pt > 10pt, 12pt

첫 번째, 가독성(legibility) 측면에서, 고정 시간(fixation duration)과 도약 거리(saccade length)가 분석되었다. Table 2에서 나타나듯이, 전자책의 고정 시간은 종이책보다 길고 도약 거리는 종이책보다 짧았다. 이는 책이 읽기 어려울수록 고정 시간은 증가하고, 도약 거리는 짧아진다(Biedert et al., 2010; Rayner and Pollatsek, 1989)는 연구를 토대로, 전자책이 종이책보다 가독성이 떨어진다는 사실을 제시한다. 고정 시간이 짧다는 것은 눈에 그만큼 빨리 인식이 된다는 것으로, 종이책이 전자책보다 좀 더 빠르게 인식할 수 있다는 것으로 판단할 수 있고, 도약 거리가 길다는 것은 그만큼 한 번의 고정에서 더 넓은 범위를 인식하여 더 많은 글자를 보고 다음 고정으로 이동하는 거리가 길다는 것으로 종이책이 전자책보다 좀 더 넓게 인식할 수 있다는 것으로 판단할 수 있었다.

두 번째, 피로도(fatigue) 측면에서, 눈깜빡임 비율(blink rate)이 분석되었다. Table 2에서 나타나듯이, 전자책의 눈깜빡임 비율이 종이책보다 더 높았다. 이는 눈깜빡임 비율이 높아질수록 피로도가 높아진다(Stern et al., 1994)는 기존

연구의 결과를 통해, 전자책이 종이책보다 피로도가 더 높다는 것을 알 수 있었다. 또한 인터뷰를 통해서 파악된 의견들을 보면 실험참가자들은 종이책의 반사된 자연광으로 책을 읽는 것과 전자책의 인위적인 광으로 책을 읽는 것의 차이에서 피로감이 느껴지는 것 같다고 하였다. 그러므로 책을 읽을 때 눈깜빡임 비율이 높다는 것은 눈이 피로하여 더 많이 깜빡인다는 것으로, 종이책이 전자책보다 상대적으로 피로도가 적다고 판단되었다.

세 번째, 사용자의 주관적인 측면에서, 주관적 불편도(subjective discomfort)가 분석되었다. Table 2에서 나타나듯이, 전자책이 종이책보다 주관적 불편도가 더 높았다. 이는 종이책을 읽을 때보다 전자책을 읽을 때에 상대적으로 사용자가 더 불편해한다는 것을 의미한다. 또한 8pt로 읽을 때가 10pt나 12pt로 읽을 때보다 더 불편하게 느꼈으나, 10pt로 읽을 때와 12pt로 읽을 때는 차이가 없었다. 따라서 사용자들이 10pt로 읽을 때와 12pt로 읽을 때 느끼는 주관적인 불편함은 비슷하다고 판단되었다.

글자 크기 측면에서 보면, 10pt, 12pt로 읽을 때보다 8pt로 읽을 때의 고정 시간과 도약 거리가 짧은 것은, 한 번에 인식할 수 있는 단어는 제한이 되어 있는데, 글자 크기가 작기 때문에 그만큼 더 짧게 보고(고정 시간이 짧음) 짧게 이동하고(도약 거리가 짧음)를 반복하게 되는 것으로 판단된다(Figure 9).

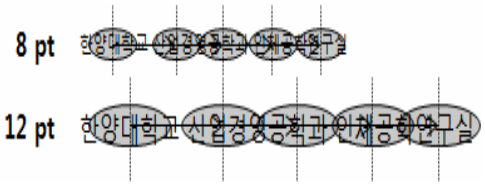


Figure 9. Difference between fixation duration and saccade length on font sizes

책의 형태와 글자 크기에 대하여 가독성, 피로도, 주관적인 측면 등에서 유의한 결과가 있었다. 그러나 책의 형태와 글자 크기에 따른 교호작용은 없었다. 따라서 책의 형태와 글자 크기는 종속변수에 대해서 서로 영향을 미치지 않는 독립적인 특성을 가지고 있다고 판단되며, 책을 설계할 때 그 형태나 글자 크기는 별개로 고려해도 될 것이다.

기존 연구에서, 바람직한 전자책 기능으로 하이퍼링크 기능이 있는 목차, 색인어, 단순 및 고급 탐색 기능, 외부 자원에 대한 링크를 명확하게 표시하는 것, 글자 크기와 형식을 선택할 수 있는 기능 등을 열거하고 있다(Wilson et al., 2003). 하지만, 본 연구에서는 전자책만이 가질 수 있는 기능이 아닌 종이책과 동일한 글자 크기에서 순수한 가독성이나 피로도, 주관적인 평가에 대해 비교를 하였다. 향후 연구에서는 전자책과 종이책의 다양한 글자 종류와 글자 크기를 선정하여 가독성에 관한 실험을 해야 할 것이다. 또한, 전자책의 자간이나 장평에 관련된 연구도 필요할 것으로 보인다. 그리고 전자책의 조명에 따른 만족도나 피로도 연구를 통해 적절한 조명도 선정해야 할 것이다. 본 연구에서는 이해도에 대한 평가가 없었으나, 추후 연구에는 이해도에 대한 평가도 이루어져 가독성과 이해도의 관련성도 알아보아야 할 것이다. 그리고 책을 읽을 때 발생하는 고정적 안구 운동(fixational eye movement)에 대해서 미세도약(microsaccade), 미끄러짐(drift), 떨림(tremor)의 세부적으로 나눈 수준에서 분석하여, 전자책과 종이책이 눈에 미치는 영향과 단말기 특성에 따라 결과가 달라질 개연성이 있기 때문에 심도 있는 논의가 필요할 것이다.

5. Conclusion

본 연구는 새로운 독서 미디어인 전자책과 기존의 독서 미디어인 종이책과의 정량적인 비교를 통해, 사용자 중심적이고 가독성 높은 전자책의 설계를 위한 인간공학적 평가를 실시하고자 하였다. 그 결과, 전자책은 종이책에 비해, 고정 시간, 도약 거리, 눈깜빡임 비율의 측면에서 가독성이 떨어지는 것으로 나타났고, 주관적 불편도 역시 높게 나타나는 것으로 나타났다. 본 연구 결과를 통해 아직까지는 전자책이 종이책의 기능을 정확하게 대체하기는 어려운 것으로 판단할 수 있다. 또한 기존의 독서 미디어인 종이책을 대신하여 새로운 독서 미디어인 전자책으로 넘어가는 것에 대한 검증과 개선이 필요할 것이다. 앞으로 전자책의 보급이 더욱 활성화되기 위해서는 전자책의 가독성은 물론 전자책이 종이책의 가독성 수준에 도달하기 위해서 전자책의 조도 조건, UX(user experience)를 이용한 종이책처럼 인식할 수 있는 조건들에 대한 연구가 추가적으로 필요할 것으로 예상한다.

References

Biedert, R., Buscher, G. and Dengel, A., The eyeBook - Using Eye Tracking to Enhance the Reading Experience, *Informatik-Spektrum*, 33(3), 272-281, 2010.

Fogarty, C. H. and Stern, J. A., Eye Movements and Blinks: Their Relationship to Higher Cognitive Processes, *International Journal of Psychophysiology*, 8, 35-42, 1989.

Hoofer, S. and Hannafin, M. J., Variables Affecting the Legibility of Computer-generated Text, *Journal of Instructional Development*, 9(4), 22-28, 1986.

Iqbal, S. T., Zheng, X. S. and Bailey, B. P., "Task-Evoked Pupillary Response to Mental Workload in Human-Computer Interaction", *CHI '04 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, pp.1477-1480, 2004.

Ito, J., Maldonado, P., Singer, W. and Grün, S., Saccade-Related Modulations of Neuronal Excitability Support Synchrony of Visually Elicited Spikes, *Cerebral Cortex*, 21(11), 2482-2497, 2011.

Just, M. A. and Carpenter, P. A., A Theory of Reading: From Eye Fixations to Comprehension, *Psychological Review*, 87, 329-354, 1980.

Kang, B., Jung, K. and Lee, J., Visual Patterns and Performance Evaluation in the Scrolling Design of a Mobile Information Device, *Journal of Korean Society of Design Science*, 23(3), 261-271, 2010.

Kim, G., Kim, J., Park, H. and Lee, J., A Study of the Attention to the Internet Ads through Visual Perception Process, KOBAKO (Study of Advertisement), 72, 31-58, 2006.

Kim, H. and Kang, D., Investigating the Effectiveness of Multimedia Electronic Book for Children's Reading Education, *Journal of Korea Library and Information Science Society*, 39(1), 245-264, 2008.

Lee, C., *Gaze Movement to Reading Korean Letter*, Seoul National University Press, 2004.

Maynard, S. and Cheyne, E., Can Electronic Textbooks Help Children to Learn?, *The Electronic Library*, 23(1), 111-113, 2005.

Menz, C. H. and Groner R., The Analysis of Some Componential Skills of Reading Acquisition. In Groner, R. and Fraisse, P. (Ed), *Cognition and Eye Movements*, Elsevier North Holland, Amsterdam, 169-178, 1982.

Näätänen, R., *Attention and Brain Function*, Erlbaum, 1992.

Rayner, K. and Pollatsek. A., *The Psychology of Reading*, Lawrence Erlbaum Associates, 1989.

Recarte, M. Á., Pérez, E., Conchillo, Á. and Nunes, L. M, Mental Workload and Visual Impairment: Differences between Pupil, Blink, and Subjective Rating, *Spanish Journal of Psychology*, 11(2), 37-385, 2008.

Siegenthaler, E., Wurtz, P. and Groner, R., Improving the Usability of E-Book Readers, *Journal of Usability Studies*, 6(1), 25-38, 2010.

Stern, J. A., Boyer, D. and Schroeder, D., Blink Rate: A Possible Measure of Fatigue, *Human Factors*, 36, 285-297, 1994.

Waard, D. D., *The Measurement of Drivers' Mental Workload*, Unpublished Doctoral Dissertation, University of Groningen, Traffic Research Centre. Haren, The Netherlands, 1996.

Wickens, C. D. and Justin G., *Engineering Psychology and Human Performance*, 3rd, Prentice Hall, Hollands, 1992.

Wilson, R., Landoni, M. and Gibb, F., The WEB Book Experiments in Electronic Textbook Design, *Journal of Documentation*, 59(4), 454 -477, 2003.

Yarbus, A. L., *Eye Movements and Vision*. NY: Plenum Press, 1967.

Zibell, K., Most Readability Principles Apply to Web-site Design, *ACM Journal of Computer Documentation*, 24(3), 141-147, 2000.

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: Biomechancis, Biosignal analysis, Cognitive Psychology

Min Ho Lee: lmh2075@nate.com

Highest degree: MS, Department of Industrial Engineering, Hanyang University
Position title: Staff, UF Lab., Philomine Co., Ltd
Areas of interest: Service Design, UI/UX, Appropriate Technology, Design Consulting, Cognitive Psychology

Seung Nam Min: msnijn12@hanmail.net

Highest degree: PhD, Department of Industrial Engineering, Hanyang University
Position title: Researcher, Department of Industrial and Management Engineering, Hanyang University
Areas of interest: Biomechancis, Biosignal analysis, Cognitive Psychology, Safety Management, Physical User Interface

Young Jin Cho: soulian@hanyang.ac.kr

Highest degree: PhD, Department of Industrial Engineering, Hanyang University
Position title: Researcher, Department of Industrial and Management Engineering, Hanyang University
Areas of interest: Biomechanics, Biosignal analysis, Safety Management, Physical User Interface

Junhyeok Choi: choijjun@gmail.com

Highest degree: BS, Department of Industrial and Management Industry, Hanyang University
Position title: Master's course, Department of Industrial and Management Engineering, Hanyang University
Areas of interest: Physical UI/UX, Service design, Cognitive Psychology, Neuroscience

Date Received : 2012-03-30

Date Revised : 2012-09-24

Date Accepted : 2012-09-24