Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 31, No. 2 pp.397-406, April 2012 http://dx.doi.org/10.5143/JESK.2012.31.2.397

What are Legible Korean Font Sizes within In-Vehicle Information Systems?

Huhn Kim[1], Soohyun Park[2]

[1]Department of Mechanical System Design Engineering, Seoul National University of Science and Technology, Seoul, 139-743
[2]Graduate School of NID Fusion Technology, Seoul National University of Science and Technology, Seoul, 139-743

ABSTRACT

Objective: The aim of this study is to determine legible Korean font sizes within in-vehicle information systems(IVISs) in diving conditions. **Background:** Font legibility within IVISs is one of important causes on its' safe operations during driving. Several researches proposed some guidelines on the legible English font sizes within IVISs. On the contrary, appropriate Korean font sizes have been hardly known in spite of the typological differences between English and Korean. Therefore, more systematic researches for improving the legibility on Korean font size within IVISs have been required. **Method:** In this study, an experiment was performed with the following experimental factors: the existence of vibration, the color contrasts(white on black, black on white), the font types(HDR, CubeR, Gothic), and the font sizes(6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24pt). To fit the experimental conditions into real driving environments, the illuminance was controlled to 15lx by using LED lamp and the distance between IVIS and participants was kept to 70cm. Moreover, all participants took the shutter glasses for employing well-known occlusion techniques. **Results:** The experimental results showed that 'HDR' and 'Non-vibration + Black on white' group took the shortest response time, and decreasing slopes of the response time with increasing font sizes were slowing down at 14pt then flattened out at 22pt regardless of the existence of vibration and color contrasts. **Conclusion:** The minimum size for legible Korean font would be about 14pt(5.47mm) and the optimum size would be about 22pt(8.59mm). **Application:** The guideline on the Korean font sizes from this study will be applied to design an IVIS in the future.

Keywords: In-Vehicle information systems, Driving environments, Korean font size, Font legibility

1. Introduction

2011년 현재 국내 내비게이션의 누적 판매량은 약 800만 대로, 차량 등록대수 대비 약 50% 수준이라고 한다(iNews24, 2011). 일본의 경우, 내비게이션 보급률이 전체 등록 차량 대비 80%여서 국내에서도 점점 더 보편화되리라 예상된다. 최근 보급되는 내비게이션들은 길안내 시스템뿐만 아니라 음악/동영상 재생, DMB 시청, 게임 등의 엔터테인먼트 기능까지 갖추고 있다. 또한 이러한 기능들은 자동차 내 공조시스템이나 제어시스템과 통합되고 스마트폰과 연계되는 추세여서 자동차 내의 정보시스템(IVIS: In-Vehicle Information System)은 점점 더 복잡해지고 있다. 이러한 복잡성 증대는 사고를 유발하는 매우 중대한 요인 중의 하나

Corresponding Author: Huhn Kim. Department of Mechanical System Design Engineering, Seoul National University of Science and Technology, Seoul, 139-743.
E-mail: huhnkim@seoultech.ac.kr
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.

인 운전 중 IVIS 조작의 위험성을 더욱 부각시킬 것이다.

운전 중 운전자가 얻는 피드백의 90%는 시각적인 정보이다(Bach et al., 2009). Lee et al.(2010)에 따르면 내비게이션 이용 중 사고에 가장 큰 영향을 끼치는 것은 아이콘과 텍스트의 가시성이라고 한다. 즉, 아이콘과 텍스트가 눈에 잘 보이지 않으면 그 정보를 획득하기 위해 운전자의 시선이 IVIS에 오래 머물고 이는 중대한 사고로 이어질 수 있다는 것이다. 이 때문에 많은 자동차 관련 설계 가이드라인들은 운전자의 시선이 운전 외 정보에 오래 머물지 않도록 IVIS를 설계해야 함을 강조하고 있다(ISO15005, 2002; TRL, 2002; JAMA, 2004). 운전자들은 운전 중 응시시간이 0.8초보다 짧고, 응시 사이 간격이 3초 이내이면 안전하다고 느낀다(Green, 1999). Zwahlen et al.(1988)은 안전 상의 이유로 운전자들은 2초 이상 운전 태스크로부터 분산되면 안 된다는 것을 보였다. 또한, ISO15005(2002)에서는 시선이 IVIS에 머무르는 시간(도로 외 시각주의 시간, eyes-off-the-road-time)이 1.5초보다 길지 않도록 권고하고 있다.

화면 상의 시각적인 정보는 이처럼 짧은 시간 내에 운전자에게 정확하게 전달되어야 하므로 텍스트의 가시성(Visibility), 가독성(Legibility), 이독성(Readability)을 확보하기 위한 노력이 IVIS 설계에서는 특히 중요하다. 가시성은 문자나 아이콘이 주위와 구별되게 하는 성질을 의미한다. 이에 반해 가독성(legibility)이란 글자가 잘 읽히는 정도를 의미하며(Won, 2004), 글자나 단어, 기호 그리고 본문에 있어서 타이포그래피(Typography)의 요소를 통합하고 조정하는 것을 말한다. 일반적으로 가독성에 영향을 미치는 요인으로는 글자체, 글자크기, 획폭, 글자/줄간격, 글자색/배경색 대비, 시야거리, 조도 등과 같이 다양하다(McLean, 1965; Vartabedian, 1971; Vanderplas and Vanderplas, 1980; Hwang et al., 1997; Beranard et al., 2003; Lee et al., 2007). 이독성은 문자에 의해 표현되는 단어, 문장, 문단의 정보내용을 이해 가능하게 하는 속성으로 각 문자의 글자체보다는 자간간격, 문자의 연결, 줄간격, 여백 등의 문장구조와 내용에 많은 영향을 받는다(Jung et al., 2006; Chae et al., 2007).

운전 중에는 운전자가 IVIS에 지속적으로 초점주의(focused attention)를 줄 수가 없고 분산주의(divided attention)에 의존해야 하며 조도가 불연속적으로 변경되며 진동에 의한 화면 떨림이 있는 등 특히 가독성을 해칠 수 있는 환경이다. 운전 환경에서의 적절한 가독성을 보장하기 위해서 여러 가이드라인들에서 영문에 대한 글자크기 가이드를 제시하고 있으나 한글에 대해서는 아직 적절한 가이드가 부족하다. 영문에 비해 한글은 획수가 많고 복잡한 구조를 갖기 때문에(Hwang et al., 1997) 적절한 가독성을 보장하는 크기에 대한 기준이 다를 가능성이 크다. 따라서 본 연구에서는 운전 환경에서의 적절한 가독성을 보장하기 위한 IVIS 내 한글 글자크기를 실험을 통하여 도출하였다.

2. Research Backgrounds

2.1 English font size within IVIS

Green(1999)은 IVIS 내의 글자크기에 대해 텍스트의 높이(H)를 거리(D)로 나눈 값이 0.007보다 커야 한다(H/D > 0.007)는 규칙을 제안하였다. '007'이라는 상수 때문에 이 가이드라인은 '제임스 본드' 규칙이라고 알려져 있다. Figure 1은 가독성에 영향을 미치는 디스플레이 상의 글자 구성요소들과 운전자 눈과의 거리에 따른 관계를 보여준다. Table 1은 Figure 1의 각 요소들에 대해 기존 자동차 관련 대표적인 가이드라인들이 제시하는 영문 글자크기에 대한 가이드들을 요약한 것이다. 일반적으로 화면 상의 정적이고 중요하지 않은 정보의 글자표시 높이(H)는 최소 3.1mm보다 커야 함을 제안하고 있으며, 차량 내에서와 같이 움직임과 떨림이 있는 경우 가독성이 감소하기 때문에 글자의 높이는 최소 4.9mm보다 커야 함을 추천하고 있다(ISO15008, 2003; TRL, 2002). 또한 보다 중요하고 긴급한 정보는 6.6mm보다 더 크게 보여주는 것이 좋다(UMTRI, 1994).

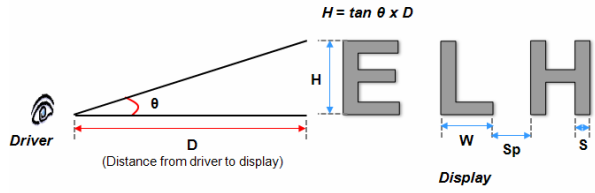

Figure 1. Legibility factors and variables
(H: Height, W: Width, S: Stroke, Sp: Char. Spacing)

Table 1에서 보여주듯이, 적절한 글자의 크기는 운전자 눈과의 거리, 진동 여부(떨림), 정보의 움직임 특성(정적/동적)에 따라 달라진다. 또한 약한 조명과 색조, 컬러대비가 가독성을 떨어뜨릴 가능성이 있다면 글자크기는 더 커져야 한다. 자동차 환경에서의 적절한 글자크기를 결정하기 위해서는 이러한 특성들이 고려되어야 할 것이다.

Table 1을 보면, 글자의 크기를 구성하는 글자폭(W), 획폭(S), 글자간격(Sp) 등의 요소들은 글자높이(H)에 의해 비례적으로 결정될 수 있음을 알 수 있다. 높이(H)만 결정되면 그 외의 요소들은 이 가이드라인들을 참고하여 정의할 수 있으므로 본 연구는 우선적으로 높이를 기준으로 적절한 글자크기를 결정하였다.

Table 1. The guidelines of English font size on existing in-vehicle design guidelines

	TRL(2002)	Hardie(1996)	UMTRI(1994)
D	• D = 700 mm	• 720~1,070mm	• 700mm(28 inch)
θ	• θ > 20' • Static/non-critical: θ > 15' • Dynamic/vibrates: θ > 24'	• 25'~37'	• 24' (0.007 radians, 0.4°)
H	• H > 4mm • Static/non-critical > 3.1mm • Dynamic/vibrates > 4.9 mm	• > 4.4mm • 5mm(comfortable, British Standards) • 7mm(generous)	• > 4.9mm • > 6.6mm (when displays are on top of center console)
W	• W = 0.6H ~ 0.8H	• 0.6H ~ 0.85H	
S	• S = 0.08H ~ 0.16H (0.39 ~ 0.78mm; when H = 4.9)	• 0.1H ~ 0.125H (light text on dark) • 0.125H ~ 0.133H (dark text on light)	• > 0.6mm (6.6mm / 10, 0.1H) • 0.75 ~ 1.0mm (for important info.)
Sp	• Sp=1S(If Sp is bigger than this, the legibility can be hampered)	• Proportional to S within 10% ranges • 0.3H ~ 0.4H (Vehicle), 0.13H(General) • Space between words > 1W	> 0.6mm

2.2 Korean font size within IVIS

영문 글자크기에 대해서는 자동차 관련 가이드라인들이 제시되고 있으나 한글 글자크기에 대해서는 가이드라인을 찾기가 어려웠다. 대신 일반적인 디스플레이 화면이나 인쇄매체 등에서의 적절한 한글서체 크기에 대한 연구들은 다소 존재하였다. Table 2는 이러한 기존 연구 결과들을 요약한 것이다. 한글의 경우 자동차에서 운전자와 디스플레이 간의 일반적인 거리인 700mm를 기준으로 기존 연구 결과들을 환산하면, 가독 가능한 최소 크기는 20대는 2.5~3.9mm, 60대는 5.8~6.9mm 정도이며, 최적 크기는 대체로 7.2~11.3mm 사이인 것으로 보인다. 또한 서체에 따라 적절한 크기는 다소 달라졌다.

VDT 화면에서의 한글 글자크기와 서체에 따른 시각성능을 조사한 Hwang et al.(1997)의 연구에 따르면, 한글의 경우 영문자와 숫자에 대한 외국의 지침(예. ANSI에서는 16~24')과 비교하여 더 큰 크기의 글자일 경우(명조체 35.4~55.4', 고딕체 39.8~52.6')에 탐색속도와 오류율이 적어진다고 한다. 그 원인은 영문자에 비해 한글은 획수가 많고 VDT 화면에서 영문자 및 숫자가 1 byte로 표시되는데 반해 한글은 2 byte로 표시되는 등 전반적으로 한글이 영문자 및 숫자에 비해 복잡한 구조를 갖고 있기 때문으로 설명된다.

Table 2. Existing research results related to Korean font sizes (The value H was converted into the value based on the distance 700mm by using 1pt = 0.3514mm, H = tanθ*D)

	Domain & Distance	Results	Korean height (H) (Distance = 700mm)
Song et al. (2009)	• Paper, LCD • 50cm	• Minimum Size 20s 5pt(1.76mm) 60s 11pt(4.14mm)	• 20s 2.5mm • 60s 5.8mm
Lee et al. (2009)	• Paper, LCD • 50cm	• Minimum Size 20s 6.2pt(2.18mm) 50s 11.78pt(4.14mm)	• 20s 3.1mm • 60s 5.8mm
Park et al. (2007)	• LCD • 50cm	• Minimum Size 20s 8pt(2.81mm) 60s 14pt(4.92mm)	• 20s 3.9mm • 60s 6.9mm
Hwang et al. (2000)	• VDT • 70cm	• Optimal Size Myungjo 35.4~55.5' Gothic 39.8~52.6'	• Myungjo: 7.2~11.3mm • Gothic: 8.1~10.7mm
Kim (1994)	• Paper • 40cm	• Optimal Size 12pt(4.2mm)	• 7.4mm

위의 연구 결과들에 따르면 영문과 한글의 최소 가독 크기에 대한 기준에 차이가 있으며 영문의 경우 움직임과 떨림이 있을 때의 가독 크기를 정적일 때보다 1.8mm 더 크게 제안한다. 하지만 국내에서는 움직임과 떨림이 있는 등의 운전상황을 고려한 한글의 적합한 가독 크기에 관한 연구는 진행된 바가 없었다.

3. Method

3.1 Purpose

본 연구에서는 조도, 진동, 운전자와 디스플레이 간의 거리를 차량 내 IVIS 환경에 맞춘 상태에서 글자체, 글자크기, 배경색, 그리고 글자색에 따라 가독성이 어떻게 달라지는지를 알아보고자 실험을 수행하였다. 차량 내 시각 환경은 시시각각 변하고(주간/야간, 진동 등), 그에 맞춰 IVIS의 글자/배경색 대비도 자동으로 변하지만 그에 무관하게 글자는 쉽게 읽을 수 있어야 한다. 따라서 본 실험은 운전 환경 속에서 달라지는 여러 요소들에 영향을 덜 받는 최적의 가독성을 제공하는 IVIS 디스플레이 상의 한글 글자크기에 대한 가이드를 제시하는 것을 목적으로 하였다.

3.2 Experimental environments

본 실험은 자동차 운전 시와 비슷한 조건의 환경을 조성하여 실험실에서 진행되었다. 서체의 가독성은 조도에 영향을 많이 받기 때문에(Hwang et al., 1997; Beranard et al., 2003; Lee et al., 2007), 자연광의 변화에 따른 영향을 최소화 하고 어두울 때 가독성이 더 악조건임을 감안하여 밤에만 실험을 수행하였다. 밤에 운전할 경우의 실제 차량 내 조도를 측정(10lx~20lx, 서울시내 주행 중 측정)하여 실험을 진행할 때 LED 램프로 평균 15lx가 유지되도록 조정하였다(조도계 TES-1330A 사용).

자동차에서 운전자와 디스플레이 사이의 평균적인 거리로 알려져 있는 70cm가 실험참여자마다 동일한 조건으로 유지되도록 Figure 2와 같이 턱 고정장치를 사용하였다. 또한, 운전 중 환경과 유사하도록 시각주의를 뺏기 위해 시각차폐 기법을 사용하였다. 시각차폐 기법은 실험참여자의 시야를 주기적으로 가림으로써 운전 환경에서 운전자가 기기를 간헐적으로 보면서 작업을 수행하는 것을 가상적으로 모사하는 기법이다. 이 방법은 드라이빙 시뮬레이터나 이중 작업을 활용하는 방법에 비해 구현이 용이하며(Young et al., 2003), 표준화된 프로토콜을 적용함으로써 다양한 연구 간의 직접적인 비교가 가능하다는 장점이 있다(Pettitt, 2008). 또한 여러 연구에서 실제 운전 환경과의 비교를 통해 시각차폐 기법이 시각주의를 유용하게 평가할 수 있음이 검증되었다(Baumann et al., 2004; Gelau et al., 2009). 이러한 장점 때문에, 시각차폐 기법은 자동차 제조사나 차내 정보시스템 제조사들이 주행 중 사용을 허용할 기능을 판별하는데 이용되고 있다(Young et al., 2003; Park, 2009). 본 연구에서는 시각차폐를 위해 3D 안경으로 활용되는 shutter glasses를 개조하여 0.5초 간격으로 1~4초로 설정이 가능하도록 개발하였으며(Figure 2), 실험 중 차폐시간은 국제표준인 ISO-16673(2007)에 명시된 시각차폐 표준시간인 open 1.5초, closed 1.5초 기준을 적용하였다.

3.3 Experimental system and tasks

실험시스템은 Visual Basic 6.0을 이용하여 Figure 3 및 Figure 6과 같이 개발하였다(모니터 해상도 1,280×1,024, 1px=0.293mm). 디스플레이의 크기는 최근 많이 보급되고 있는 내비게이션 및 IVIS의 크기인 8 inch를 기준으로 하였다.

Figure 3은 실험시스템에서 실험참여자가 보는 화면이다. 실험시스템 상의 디스플레이에는 3종류의 서체(HDR – 현대/기아서체, Gothic – 고딕체, CubeR – 기아서체)와 11가지의 글자크기(6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26pt, 1pt=0.3906mm)가 3가지의 글자길이(IVIS에서 자주 쓰여지는 두 자 및 여섯 자 단어 혹은 열자 문장) 중 임의의 길이로 화면 상의 임의의 위치에 나타나게 하였다. Figure 4는 실험에 사용된 서체를, Figure 5는 글자길이의 예를 보여준다. Gothic은 여러 문헌에서 가장 가독성이 좋은 것으로 알려진 폰트이며(Lee et al., 1993; Hwang et al., 1997; Song et al., 2009), HDR과 CubeR은 현대기아자동차에서 IVIS 용으로 개발한 한글 폰트이다.

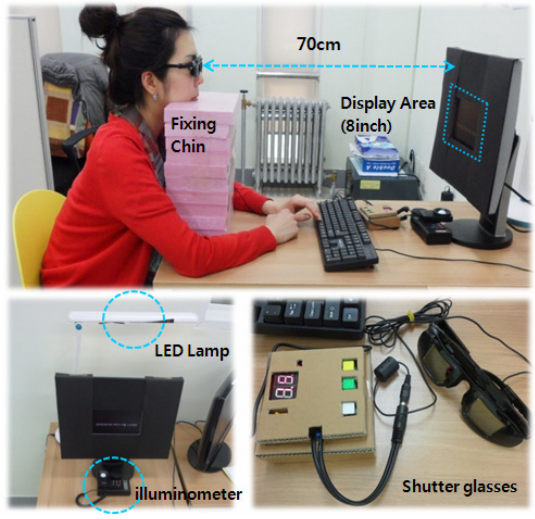

Figure 2. Experimental environments and equipments

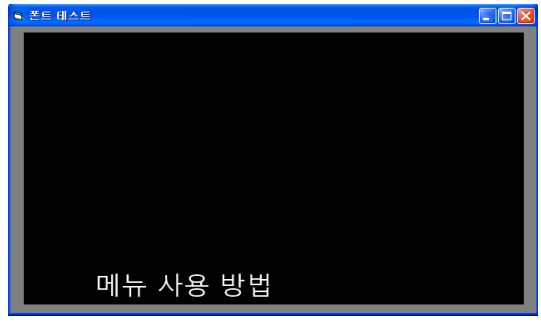

Figure 3. Participants' view in the experimental system

실험시스템에서 임의의 위치에 글자가 나타나도록 한 것은 운전 환경에서 표시되는 정보의 동적인 특성을 반영하기 위한 것이었다. 또한, 운전 시의 자동차 떨림 상황을 반영하기 위해 조건에 따라 디스플레이 내 글자가 상하좌우로 떨리도록 하였다. 이 때의 진동은 자동차에서의 일반적 진동인 80dB 진동레벨을 적용하였다(Naver, 2011). 이 외에도 컬러대비에 의한 효과를 볼 수 있도록 검정색 바탕에 흰 글자와 흰색 바탕에 검정 글자가 선택적으로 표시될 수 있도록 구현하였다.

실험참여자들의 태스크는 총 33번(3서체 × 11글자크기)에 걸쳐 나타나는 단어 또는 문장(이하 타켓)을 가능한 빨리 읽는 것이었다. 타켓이 디스플레이 상의 임의의 위치에 나타나면 그 내용을 충분히 인식한 후에 실험참여자는 키보드의 스페이스 바를 누르고 인식한 단어 혹은 문장을 말하도록 하였다. 스페이스 바가 눌리면 디스플레이 상의 타켓은 사라지게 된다. 정확하게 단어나 문장을 맞추지 못한 경우에는 다시 키보드의 스페이스 바를 눌러 타켓을 다시 확인하여 맞출 때까지 계속 시도하도록 하였으며 30초 이내에 맞추지 못하면 실패로 간주하였다. 위와 같은 실험 수행을 통하여 실험참여자가 타켓을 정확하게 읽기까지 걸린 반응시간과 오류 횟수를 측정하였다.

Figure 4. Font types in the experiment

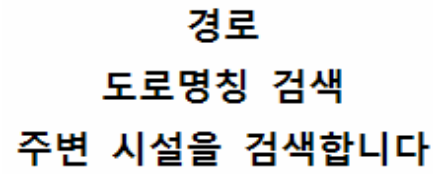

Figure 5. An example of character lengths in the experiment

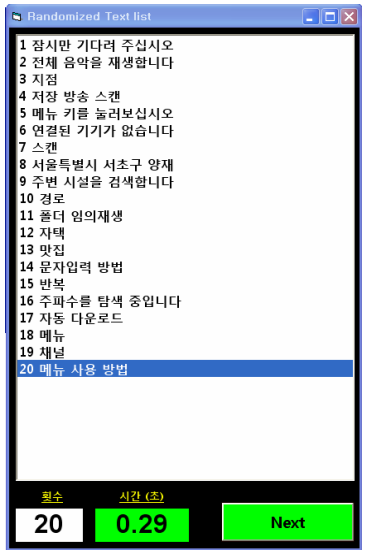

Figure 6. Experimenter' view in the experimental system

Figure 6은 실험시스템에서 진행자가 보는 화면이다. 진행자는 Figure 6의 화면을 보면서 실험을 진행하고 제어하였으며 실험 목록을 보면서 실험참여자가 오류를 범하는지 체크하였다.

3.4 Experimental design

실험에는 서울과기대생 20~30대 남녀 48명(남녀 각각 24명)이 참여하였다. 이들은 모두 교정시력이 0.8 이상이었다. 또한 차량 내 진동과 디스플레이의 컬러대비가 가독성에 미치는 영향을 확인하기 위해 진동의 유무와 "검정바탕 흰색글자"와 "흰색바탕 검정글자"라는 조건을 주어 네 그룹(무진동검정, 무진동흰색, 진동검정, 진동흰색)으로 나누어 Table 3과 같이 실험을 수행하였다. 실험은 Between-subjects로 네 그룹에 균등하게 남녀 6명씩 12명을 랜덤하게 배치하여 앞서 설명한 태스크를 수행하도록 하였다. 앞서 설명했듯이 참여자들은 임의의 순서로 나타나는 3종류의 서체와 11가지의 글자크기를 가진 단어 혹은 문장들을 가급적 빨리 맞추는 태스크를 수행하였다.

Table 3. Experimental factors and design

Group	No Vib + Black	No Vib + White	Vib + Black	Vib + White
Vibration	No Vib.		Vib.	
Background	Black	White	Black	White
Male	6 persons	6 persons	6 persons	6 persons
Female	6 persons	6 persons	6 persons	6 persons

4. Results

4.1 Response time on 10 characters

본 실험에서는 3가지의 글자길이(두 자 단어, 여섯 자 단어, 열자 문장)를 사용하였기 때문에 실험에서 측정한 반응시간을 10글자당 반응시간으로 환산하여 실험 결과를 분석하였다. 10글자당 반응시간은 본래 반응시간에 각각의 글자수로 나눈 값에 10을 곱하여 얻어진 값이다. ANOVA 분석에서 10글자당 반응시간 데이터가 정규분포를 따르지 않아 남녀, 서체, 글자크기, 글자길이, 그룹에 따른 차이를 Kruskal-wallis 및 Mann-Whitney U 비모수 검증으로 분석하였다.

Figure 7은 서체별 10글자당 반응시간의 평균을 보여준다. 서체 간에 통계적으로 유의한 차이는 없었으나 ($H(2)=4.245$, $p=0.120$), HDR의 10글자당 반응시간은

1.53초로 도로 외 시각주의 시간에 대한 ISO 기준인 1.5초에 가장 근접하게 나타났다. Figure 8의 서체별 크기에 따른 10글자당 반응시간 그래프를 보면 글자크기 14pt에서 HDR의 반응시간이 1.27초로 CubeR보다는 0.56초, Gothic보다는 0.31초 빠르게 나타났다. 또한 세 서체 모두 글자크기 22pt, 24pt에서 10글자당 반응시간이 도로 외 시각주의 시간 권고치인 1.5초 이내로 나타났다.

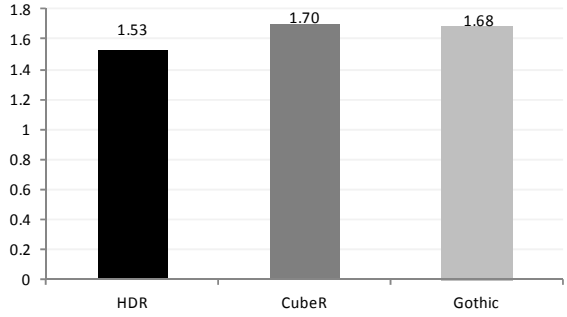

Figure 7. Response time on 10 characters in terms of font types

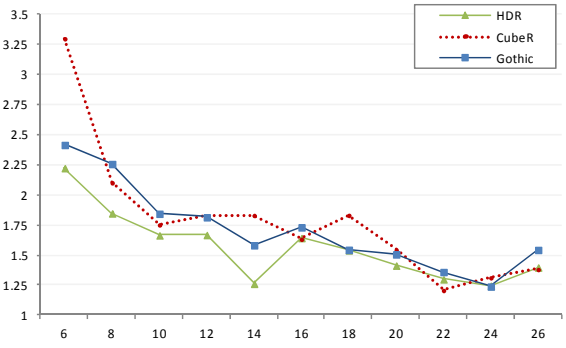

Figure 8. Response time on 10 characters in terms of font sizes and types

Figure 9는 그룹별 10글자당 반응시간을 보여준다. 그룹 간에 통계적으로 유의한 차이는 없었으나($H(3)=7.730$, $p=0.053$), 무진동검정의 반응시간이 1.54초로 도로 외 시각주의 시간 권고치인 1.5초에 가장 근접하게 나타났다. 특히 진동의 유무에 무관하게 바탕색이 검정일 때가 흰색일 때보다 반응시간이 0.12초 더 빠르게 나타났다(검정바탕 1.57초 vs. 흰색바탕 1.69초). 이는 검정바탕일 때 가독성이 더 좋다는 기존 연구 결과(Kong et al., 2010)와 동일하며, UMTRI(1994)에서도 어두운 배경에 밝은 글자를 사용하도록 권고하고 있다. 위 그래프의 결과를 정리하면, 진동의 여부보다는 바탕색이 반응시간에 더 큰 영향을 미치는 것으로 보인다.

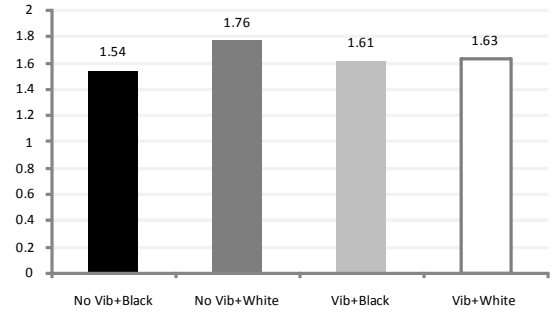

Figure 9. Response time on 10 characters in terms of groups

글자크기에 따른 그룹별 10글자당 반응시간의 그래프를 보면(Figure 10), 무진동검정 그룹이 모든 크기에서 대체로 빠른 반응시간을 나타냈으며, 글자크기 22pt에서 그룹들 간의 반응시간의 차이가 0.08초 내로 가장 안정되는 모습을 보였다.

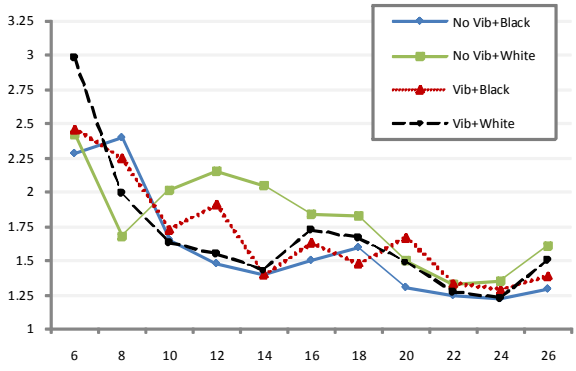

Figure 10. Response time on 10 characters in terms of sizes and groups

Figure 11을 보면, 남녀 간의 10글자당 반응시간에는 유의한 차이가 없었으며($U=280{,}357.5$, $p=0.569$), 남자가 여자보다 반응시간이 0.12초 더 빨랐다(평균 1.53초 vs. 1.65초). 특히, 남자의 10글자당 반응시간은 서체 간에 유의한 차이가 없었으나($H(2)=0.590$, $p=0.745$), 여자는 서체 간에 유의한 차이를 보였다($H(2)=7.235$, $p=0.027$). 여자는 다른 두 서체에 비해서 HDR에 대해 빠른 반응을 보였다(HDR=1.47초 vs. CubeR=1.71초, Gothic=1.77초).

Figure 12의 글자길이별 반응시간(Pure response time)은 유의한 차이를 보였으나($H(2)=202.952$, $p=0.000$), 모두 도로 외 시각주의 시간 권고치인 1.5초 이내로 나타난 결과로 미루어볼 때 글자길이가 10자 이하이면 글자길이는 가독성에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다. 글자길이별 10글자당 반응시간(Response time on 10 char.)도 유의

한 차이를 보였다(H(2)=984.120, p=0.000).

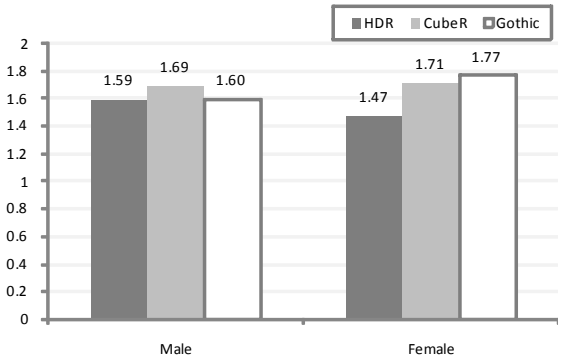

Figure 11. Response time on 10 characters in terms of gender

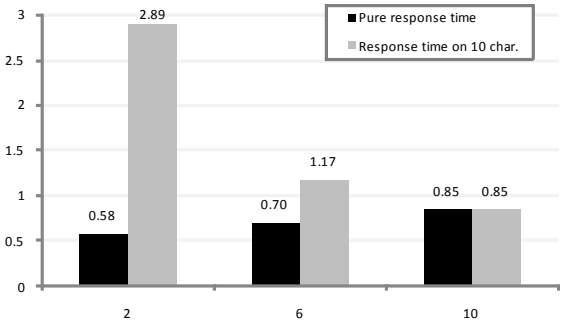

Figure 12. Pure response time and response time on 10 characters in terms of character lengths

4.2 Response time in terms of font sizes

Figure 13은 성별, 그룹, 서체에 무관하게 글자크기가 증가됨에 따른 10글자당 반응시간을 그린 그래프이다. 이를 보면 글자크기가 6pt~10pt까지는 반응시간이 급격히 감소하며, 이 후에는 최소 0.03초에서 최대 0.2초 내에서 증가와 감소를 반복하다가 글자크기 18 이상에서 다시 감소한다. 글자크기 22pt부터 안정화되어 글자크기 24에서 반응시간이 0.26초로 가장 빠르게 나타났으며, 글자크기 26pt에서는 반응시간이 다시 증가하는 추세를 보이고 있다. 또한, 글자크기가 14pt일 때 10글자당 반응시간이 도로 외 시각주의 시간 권고치인 1.5초에 가장 근접하게 나타났으며, 글자크기 20pt 이상에서는 반응시간이 1.5초 이내로 나타났다.

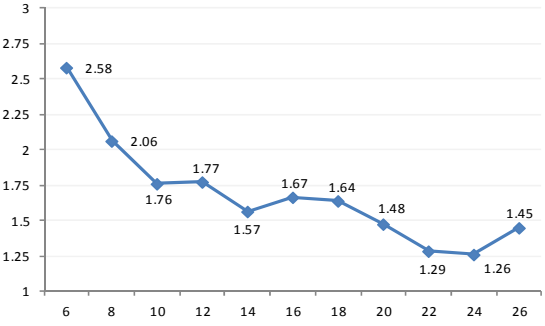

Figure 13. Response time on 10 characters in terms of only font sizes

4.3 Frequency of errors

글자길이, 서체, 그리고 글자크기별로 발생한 오류횟수를 참여자의 태스크 수행 수로 나누어 발생한 오류 발생빈도를 계산하였다. 이렇게 계산된 오류빈도 데이터도 정규분포를 따르지 않아 남녀, 서체, 글자크기, 글자길이, 그룹에 따른 차이를 Kruskal-wallis 및 Mann-Whitney U 비모수 검증으로 분석하였다.

Figure 14의 그래프를 보면 서체가 Gothic일 때 오류빈도가 0.0398로 가장 낮게 나타났고 CubeR일 때 오류빈도가 0.1061로 가장 높게 나타났으나 서체간에 유의한 차이는 없었다(H(2)=4.561, p=0.102).

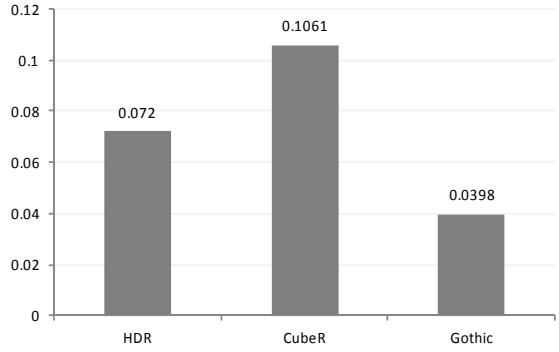

Figure 14. Error frequency on font types

오류빈도는 글자길이에 따라 유의한 차이가 존재하였다(H(2)=14.867, p=0.001). Figure 15에서 보여주듯이 글자길이가 6일 때 오류빈도가 가장 적었고 글자길이 2자와 10자 사이에는 큰 차이가 없었다. 이는 일반적으로 글자길이가 길어지면 오류빈도가 커질 것이라는 예상과 다르다. 글자길이가 2자일 때는 오류빈도가 0.1004(약 10%)로 가장 높게 나타나는데 이는 "정렬", "경로"와 같은 두 자 단어의 경우 글자크기가 6pt인 경우에는 여러 번의 시도에도 불구하고 30초 이내에 읽지 못한 실험참여자들이 있었기 때문이다(Figure 16 참고). 그에 반해 글자길이 6자, 10자일 때는

문맥에 의한 지각의 하향식 처리(Top-down processing; Wickens et al., 2000)의 도움으로 오류빈도가 줄어든 것으로 보인다.

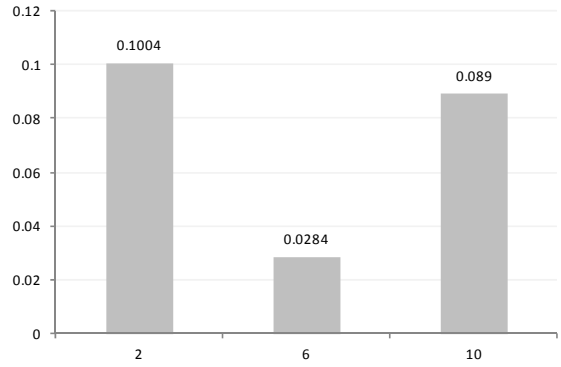

Figure 15. Error frequency on character lengths

Figure 16은 글자크기에 따른 글자길이별 오류빈도를 나타낸 것이다. 글자크기가 6pt일 때 오류빈도가 가장 높게 나타났다. 글자길이가 2일 때는 글자크기 8pt 이상에서 거의 오류가 발생하지 않았으나, 글자길이가 10일 때는 글자크기 10pt 이상에서도 대체로 오류빈도가 지속적으로 높게 나타났다.

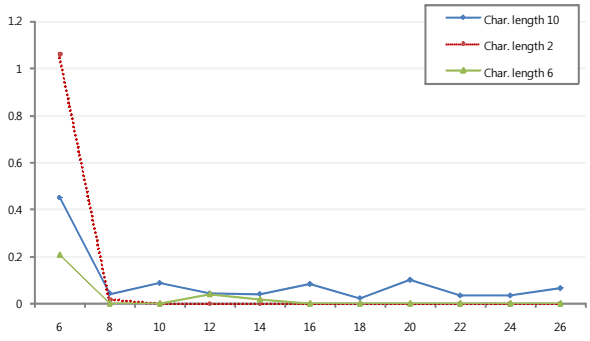

Figure 16. Error frequency on font sizes

오류빈도는 그룹에 따라 서로 유의한 차이를 보였으며 ($H(3)=11.376$, $p=0.010$), 무진동흰색의 오류빈도가 0.0429(약 4%)로 가장 낮게 나타났으며, 진동검정의 오류빈도가 0.1136(약 11%)로 가장 높게 나타났다(Figure 17). 배경색에 관계없이 진동이 없는 그룹이 진동이 있는 그룹에 비해 오류빈도가 더 낮게 나타난 것을 볼 수 있다. 남녀 간의 오류빈도에는 유의한 차이가 존재하지 않았으나 ($U=317,648.5$, $p=0.215$), 남자의 오류빈도가 여자보다 더 작게 나타났다(0.0518 vs. 0.0934).

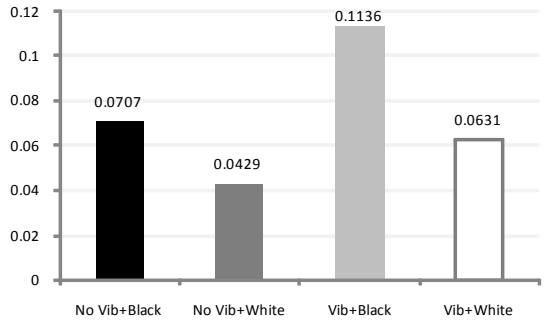

Figure 17. Error frequency on groups

5. Conclusion

오늘날 자동차 내비게이션은 운전자에게 거의 필수적인 기능이 되어가고 있으며, 오디오, 라디오, 비디오, 공조장치 등의 기능을 통합적으로 제어하는 IVIS의 보급이 지속적으로 증가하고 있다. 하지만 운전 중 IVIS 조작은 운전자의 시각주의를 많이 뺏기 때문에 안전 상의 위험을 초래할 수 있는 요소이다. 특히 IVIS 내 글자나 아이콘들의 가독성이 떨어질 경우 운전자는 더욱 큰 시각주의를 할당해야 한다. 따라서 운전자의 안전을 위해서는 IVIS의 가독성을 높이기 위한 노력이 지속적으로 필요하다.

영문의 경우, 운전 환경에서의 적절한 글자크기에 대한 가이드들이 제시되고 있으나 한글의 경우 그러한 가이드가 아직 미흡하였다. 이에 본 연구는 운전 환경에서의 적절한 한글 글자크기를 결정하기 위한 실험을 진행하였고 그에 기반하여 가이드라인을 제시하였다. 실험은 최대한 운전 환경과 유사하도록 구성하였고 진동과 배경색 대비 조건을 달리하여 실험을 진행하였다. 실험참여자들은 IVIS에 빈번하게 사용되는 3가지 종류의 한글서체, 11가지의 글자크기에 대해 3가지 길이의 글자 혹은 문장을 가능한 빨리 읽는 태스크를 수해하였다.

실험 결과, 서체가 HDR일 때 반응시간이 대체적으로 빠르게 나타났지만 유의한 차이는 없었다. 또한 바탕색이 검정일 때가 흰색일 때보다 반응시간이 빠르게 나타났으며 진동이 없고 검정바탕일 때의 반응시간이 가장 빠르게 나타났다. 글자크기가 8pt 이상일 때는 읽기오류가 거의 발생하지 않았으며 배경색에 무관하게 진동이 없을 때 오류빈도가 더 낮았다. 특히, 도로 외 시각주의 권고치인 1.5초 이내이면서 서체(Figure 8), 진동 및 글자/배경색 대비(Figure 10)에 무관하게 반응시간이 안정되는 글자크기는 22pt로 나타났다(Figure 13). 또한 대체로 14pt에서 반응시간의 감소가 둔

해지는 경향을 보였다(Figure 10, 13). 따라서 10글자당 반응시간과 오류빈도를 분석한 결과를 종합하면, 차량용 IVIS에 적합한 한글의 최소 글자크기는 높이 기준 5.47mm(14pt, 1pt=0.3906mm), 최적 글자크기는 높이 기준 8.59mm (22pt) 수준으로 보인다. 이는 움직임과 떨림이 있는 경우, 영문의 최소 크기 4.9mm(ISO15008, 2003; TRL, 2002)보다 더 큰 수치이며, 중요하고 긴급한 정보를 나타낼 때의 여러 가이드라인들에서 제시되고 있는 영문의 최적 크기 6.6mm(UMTRI, 1994)보다도 더 큰 수치이다. 앞서 연구배경에서 설명했듯이 한글은 영문보다 획수가 많고 더 복잡한 구조여서 다소 더 큰 글자크기로 표시하는 것이 필요한 것이다.

그러나 본 연구의 실험에는 실제 운전 환경과는 달랐던 몇 가지 한계점을 가지고 있다. 첫째, 진동 조건이 모니터의 떨림이 아닌 디스플레이 속 글자의 떨림이었다. 둘째, 실제 외부에서의 운전 환경은 조도가 수시로 변하고 주변 환경과 지속적인 상호작용이 일어날 수 있지만 본 실험에서는 이러한 부분을 수용하지 못하였다. 따라서, 실제 IVIS 설계 시 중요하고 긴급한 정보를 표시할 경우에는 본 연구에서 제시하는 글자크기보다 다소 더 커야 할 것으로 보인다.

더 나아가 차량용 IVIS 사용자의 시각적 피로를 경감시키기 위해서는 한글 글자크기에 관한 연구뿐만 아니라 글자의 행간간격, 자간간격, 종횡비, 획폭비 등에 대한 연구를 계속 진행하여 IVIS 설계를 위한 표준지침을 마련해야 할 것이다. 또한, 60대 이상의 사용자나 시력이 나쁜 사용자들을 위한 한글의 최적 글자크기에 대해서도 추가적인 연구가 필요한 부분이다.

Acknowledgements

This work was funded by a grant from Hyundai-Kia Motors in 2011.

References

Bach, K. M., Jaeger, M. G., Skov, M. B. and Thomassen, N. G., Interacting with in-vehicle systems: Understanding, measuring, and evaluating attention, *HCI 2009 - People and Computers XXIII*, 453-462, 2009.

Baumann, M., Keinath, A., Krems, J. F. and Bengler, K., Evaluation of in-vehicle HMI using occlusion techniques: experimental results and practical implications, *Applied Ergonomics*, 35, 197-205, 2004.

Bernard, M. L., Chaparro, B. S., Millys, M. M. and Halcomb, C. G., Comparing the effects of text size and format on the readability of computer-displayed Times New Roman and Arial test, *International Journal of Human Computer Studies*, 59, 823-835, 2003.

Chae, H. S., Kin, J. W., Cho, W. J., Jung, D. H., Kim, S. E. and Han, K. H., Readability of the Cognitive and Physical Aspects for an Efficient Interface Design in a IPTV Environment, *Journal of Korean Society of Design Science*, Vol.81, 22(1), 2007.

Gelau, C., Henning, M. J. and Krems, J. F., On the reliability of the occlusion techniques as a tool for the assessment of the HMI of in-vehicle information and communication systems. *Applied Ergonomics*, 40, 181-184, 2009.

Green, P., Visual and Task Demands of Driver Information Systems, UMTRI 98-16, 1999.

Hardie, Hardie Design Guidelines Handbook: Human Factors Guidelines for Information Presentation by ATT Systems, 2008.

Hwang, W. S., Bu, J. H., Lee, D. C., Lee, S. D. and Lee, J. H., Visual Performance on VET Task with Different Korean Letter Size and Font, *Conference of the Ergonomics Society of Korea*, Vol.1, 1997.

Hwang, W. S., Bu, J. H., Lee, D. C., Lee, S. D. and Lee, J. H., An Experimental Study on Search Speed and Error Rate According to Korean Letter size and Font on Search Task with VDT, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, Vol.16, No.2, 29-38, 1997.

iNews24, The Prospects of Car Navigation, http://blog.daum.net/rezldezl/367, 2011.

ISO, ISO International Standard 15005: Road Vehicles - Ergonomic Aspects of Transport Information and Control Systems - Dialogue management Principles and Compliance Procedures, 2002.

ISO, ISO International Standard 15008: Road Vehicles - Ergonomic Aspects of Transport Information and Control Systems - Specifications and Compliance Procedures for in-Vehicle visual Presentation, 2003.

ISO, ISO International Standard 16673: Road Vehicles - Ergonomic Aspects of Transport Information and Control Systems - Occlusion Method to Assess Visual Demand due to the Use of In-vehicle Systems, 2007.

JAMA, JAMA(Japan Automobile Manufacturers Association) Guideline for In-Vehicle Display Systems version 3.0, 2004.

Jung, H. H., Cho, K. J. and Han, K. H., The Impact of Brightness, Polarity, and Hue Difference on Legibility and Emotional Effect of Word in *Visual Display, Conference of the Korean Society of Cognitive Science*, Vol.17, No.4, 337-356, 2006.

Kim, C. H., The Comparison of Characteristics of Eye Movements in Korean Recognition Process, Dong-A University, Master's Thesis, 1994.

Kong, Y. K., Kim, D. M., Sohn, S. T. and Han, J. G., Subjective Assessments and Analyses of Letter Sizes Under Black and White Contrasts for Various Font Sizes Through the Irradiation-effect, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, Vol.29, No.1, 107-112, 2010.

Lee, D. Y., Kim, S. J., Choi, J. Y. and Sung, J. H., The Relation between the AVN System in the Automotive Navigation System and an Accident, *Journal of the Korean society of Basic Design and Art*, 417-425, 2010.

Lee, S. J., Jung, W. H. and Chung, C. S., The Factors In Reading Hangul Text: font, width-to-height ratio of a letter, line length, *Conference of the HCLT*, 193-205, 1993.

Lee, S. J. and Kim, J. W., An Experimental Study on the Impacts of Luminance Contrast Upon Readability in VET Environment, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, Vol.26, No.2, 21-33, 2007.

Lee, I. S., Mo, S. M., Kong, Y. K., Song, Y. W. and Jung, M. C., Evaluation of Main Factors Affecting on the Legibility of One-Syllable Korean Characters and Numbers, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, Vol. 28, No.4, 1-7, 2009.

Mclean, M., Brightness contrast, color contrast, and legibility, *Human factors*, Vol.7 No.6, 521-526, 1965.

Naver, Public nuisance of vibration, http://100.naver.com/100.nhn?docid=757762, 2011.

Park, S. J., Lee, J. S., Kang, D. H. and Lee, H. J., Legibility evaluation for the letter sizing of an electronic product, *Conference-Spring of the Ergonomics Society of Korea*, 360-369, 2007.

Park, J. C., A User-driven Visual Occlusion method for Measuring the Visual Demand of In-Vehicle Information Systems (IVIS), *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, Vol. 28 No.3, 49-54, 2009.

Pettitt, M. A., Visual demand evaluation methods for in-vehicle interfaces, Ph.D. thesis, University of Nottingham, 2008.

Song, Y. W., Lim, C. W., Lee, I. S., Jung, M. C., Mo, S. M. and Kong, Y. K., Effects of the Syllable Number, Font Type, Color Contrast, Display Type, Letter Size and Age Group on the Legibility of the Korean Characters, *Journal of the Korean Society of Safety*, vol.24, No.5, 92-100, 2009.

TRL, A Stevens et al., Design Guidelines for Safety of in-vehicle Information Systems, Project Report PA3721/01, Transport Research Laboratory, 2002.

UMTRI, Suggested Human Factors Design Guidelines for Driver Information Systems, 1994.

Vanderplas, J. M. and Varderplas, J. H., Some factors affecting legibility of printed materials for older adults, *Perceptual and Motor Skills*, 50, 923-932, 1980.

Vartabedian, A. G., The effects of letter size, case, and generation method on CRT display search time, *Human Factors*, Vol.13 No.4, 363-368, 1971.

Wickens, Christopher D., Lee, John D., Liu, Yili D. and Gordon Becker, Sallie E., An Introduction to Human Factors Engineering, Pearson Education, 2000.

Won, Y. H., Typography, AHN Graphics, 2004.

Young, K., Regan, M. and Hammer, M., Driver distraction: a review of the literature, Report No.206., Austrailia, Monash University, 2003.

Zwahlen, H. T., Adams Jr., C. C. and DeBald, D. P., Safety aspects of CRT touch panel controls in automobiles, In: Gale, A.G., Freeman, M.H., Haslegrave, C.M., Smith, P., Taylor, S.P. (Eds.), Vision in Vehicles-II. Elseciew, Amsterdam, 335-344, 1988.

Author listings

Huhn Kim: huhnkim@seoultech.ac.kr

Highest degree: PhD, Department of Industrial Engineering, KAIST
Position title: Professor, Department of Mechanical System Design Engineering, Seoul National University of Science and Technology
Areas of interest: Human Factors in Product Design, HCI, User Experience Design

Soohyun Park: sooh@seoultech.ac.kr

Highest degree: Bachelor's Degree, Department of Product Design and Manufacturing Engineering, Seoul National University of Science and Technology
Position title: Graduate Student, Graduate School of NID Fusion Technology, Seoul National University of Science and Technology
Areas of interest: Human Factors, HCI, Interaction Design

Date Received : 2011-12-23

Date Revised : 2012-02-07

Date Accepted : 2012-02-08