

휘도대비에 따른 가독성 변화의 실증적 연구

-가독량과 화면크기를 고려한 디자인 가이드 라인

이수진¹, 전석원², 김진우³
연세대학교 HCI 랩
{thecolor¹, anakin², jinwoo³}@yonsei.ac.kr

Maximal luminance contrast does not lead to the maximal readability

Su Jin Lee¹, Seok Won Jeon², Jin Woo Kim³
HCI Lab, Yonsei University ^{1 2 3}

요약

본 연구는 글자색과 바탕색간의 휘도대비에 따른 가독성의 변화를 알아보고, 이때 이 관계가 화면의 크기와 가독량에 따라 어떻게 달라지기를 살펴 보고자 하는데 그 목적이 있다. 실험의 외적 타당도를 높이기 위해 실험에서 알아보고자 하는 변인 이외의 요인은 선행 연구들에서 나타난 최적 수치를 적용하여 통제하였고 2 번의 사전실험을 통해 가독량과 휘도대비의 단계를 결정하였다. 실험결과, 글자색과 바탕색의 휘도대비는 quadratic 한 관계를 보였고 곡선의 만곡점은 C 값 0.951 로 나타났다. 만곡점으로 나타난 이 적정치 값은 화면의 크기와 가독량과는 상관없이 항상 동일하게 나타났다. 이것은 화면의 크기와 가독량에 상관없이 휘도대비가 최대일 때 가독성이 최대가 아니며 휘도대비의 적정치 값을 벗어나게 되면 가독성이 떨어지고 피로도가 높아진다는 것을 의미한다.

Keyword : 휘도대비, 가독성, 피로도, VDT, optimal point, flicker

1. 서론

가독성에 대한 연구는 오래 전부터 진행되어 온 리서치 토픽 중의 하나이다. 과거 종이에서의 가독성 연구와 근간의 VDT 에서의 가독성 연구는 가독성을 높이려면 휘도대비의 값을 최대한 높여야 한다는 것이 대부분이었다. 또한 이러한 연구들은 **시스템적으로** 진행되어 왔다. 그리고 일반적인 사용자의 가이드 라인 역시 이를 뒷받침하는 것이 대부분이었다. 그러나 최근 인터넷 웹사이트의 본문 글자색과 바탕색간의 휘도대비 값이 최대치가 아닐 경우를 종종 볼 수 있다(표 1). 또한 실증적이지는 않지만 몇몇의 연구에서 대비가 최대일 때 가독성이 최대가 아닐 수 있다는 가능성을 제기한 연구가 나오고 있다. 따라서 본 연구는 휘도대비와 가독성 간에 어떠한 상관 관계가 있는지 종전에 제시되고 있는 가능성을 시스템적으로 살펴 보고자 한다.



표 1. 최근 웹사이트에 사용되고 있는 글자색과 바탕색의 예

2. 연구의 이론적 배경

가독성에 대한 연구의 기초는 다음과 같이 크게 2 가지로 나누어 볼 수 있다. 전통적인 견해인 “ 대비가 증가하면 가독성이 증가한다.” 는 것과 새롭게 제기되고 있는 견해인 “ 대비가 증가하여도 가독성이 증가하지 않는다.” 는 것으로 나누어진다.

2-1. 대비가 증가하면 가독성이 증가한다.

종이에서의 가독성 연구에서는 대비가 증가하면 가독성이 증가한다는 다수의 연구 결과가 있다 (12)(33)(40)(41). 이러한 연구중의 한 예로 Tinker and Paterson(1963)의 연구를 살펴보면, 가독속도는 바탕색과 인쇄된 글자색의 명도대비에 의해 주로 결정되고 대비가 높을 때 가독성이 증가한다는 사실을 보여 주고 있다. Bruce 와 Foster (1982)의 연구와 Ohlsson et al.(1981)의 연구에서도 이와 유사한 결과를 볼 수 있다.

VDT 의 가독성 연구에서도 휘도대비가 높아지면 가독성 또한 높아 진다는 종이의 가독성 연구와 유사한 견해를 가진 연구가 다수를 차지하고 있다 (12)(13)(21)(28)(29)(35)(39)(42). 이러한 견해를 보여 주는 실험으로 Shieh, K. and Lin, C.(2000)의 연구를 살펴 보자. Shieh 와 Lin 은 피험자의 시각 탐색 작업을 통하여 12 개의 색조합을 비교하였는데 이 연구에서 휘도대비가 높을수록 더 좋은 수행도가 나타난다는 결과를 보여 주었다.

최근 대비가 증가하면 가독성이 증가한다는 견해를 가진 연구는 글자색과 바탕색의 상관관계를 좀 더 시스템적으로 연구하고 있다(28)(29). Gordon E. Legge(1990)는 정상 시력을 가진 피험자를 대상으로 한 실험결과로 높은 휘도대비에서 가독속도가 빨라지고 이러한 현상은 칼라대비와 휘도대비 모두에서 유사하게 나타난다고 하였다.

VDT 환경에서의 가독성과 관련한 가이드 라인에 있어서도 대비가 증가하면 가독성이 증가한다는 연구를 바탕으로 제안된 사용자 가이드는 다음과 같다. Nielsen, J.(2000)은 “ Designing web usability” 에서 가독성을 높이려면 글자색과 바탕색간의 대비를 높여야 한다고 했으며 최적의 읽힘성(Optimal legibility)를 위해서는 글자색을 검은색으로 바탕색을 흰색으로 하기를 권고하고 있다. 이외에도 Rivlen, et al. (1990) 역시 "Guidelines For Screen Design."에서 “ 글자색과 바탕색의 색조합에 있어 높은 대비를 유지할 것” 을 제안하였다. Human Factors 분야에서의 칼라 권장사항을 살펴보면 색의 사용에 있어 가능한 색을 적게 쓰고 칼라 스펙트럼의 극단치에 있는 색

이나 보색의 사용을 피하고 글자의 색사용에 있어 “ 글자색과 바탕색의 대비를 최대로 할 것” 을 권하고 있다(31).

이상의 연구와 사용자 가이드 라인을 통해서 글자색과 바탕색의 휘도대비가 증가할수록 가독성이 증가하며 대비의 최대와 가독성의 최대가 일치하고 있음을 볼 수 있다.

2-2. 대비가 증가해도 가독성이 증가하지 않는다.

그러나 최근 VDT 의 가독성에 있어 기존의 연구와는 전혀 다른 연구를 볼 수 있다. 새로운 견해의 연구에서는 대비가 증가하여도 가독성이 증가하지 않는다 즉 대비가 최대일 때 가독성이 최대가 아닐 수 있다는 것이다. 이러한 가능성을 제기한 연구는 아직까지 시스템화 되진 않은 상태이나 곳곳에서 제기되고 있다. 컴퓨터 환경에서의 다양한 배경색과 글자색의 조합을 통해 가독성을 연구한 Hill, A.L. and Scharff, L.V.(1997)의 연구를 살펴 보자. 그들은 실험에서 42 명의 피험자를 상대로 6 가지 색조합과 3 가지 폰트 타입과 2 가지 글자타입(이탤릭, 보통체)으로 변화를 주었다. 그리고 피험자들은 웹사이트에서 타겟 글자를 탐색했으며 반응시간을 가독성으로 측정하였다. 이때 본 실험을 위한 별도의 보조 실험에서 재미있는 결과를 볼 수 있었다. 글자색을 검정색으로 고정한 뒤 바탕색을 네 가지로(white, lights gray, medium gray, dark gray) 각기 다르게 제시하였다. 이때 실험의 결과로는 중간 회색, 짙은 회색으로 된 배경색이 흰색의 배경색보다 더 높은 가독성을 보였다. 즉 대비가 최대일 때 가독성이 최대가 아닐 수 있다는 것이다. 이와 유사한 견해를 가진 연구로는 Hall and Hanna(2004)의 실험을 들 수 있다. 그들은 웹 페이지의 글자색과 배경색간의 칼라 조합을 통해 가독성, 미 등과의 상관관계를 알아보려고 하였다. 136 명의 피험자를 대상으로 콘텐츠의 종류는 2 종류(교육적, 상업적)로 칼라 조합은 4 가지(black/white, white/black, light blue/dark blue, and cyan/black.)로 달리하여 실험하였다. 실험의 결과로는 검은색 바탕의 흰 글자색 조합과 짙은 청색(dark blue)의 바탕색에 밝은 청색(light blue)의 글자색 조합이 가독성

에 있어 거의 유사한 결과를 보였고 특히 교육적인 콘텐츠를 다룬 웹페이지에서는 짙은 청색(dark blue)의 바탕색에 밝은 청색(light blue)의 글자색 조합이 검은 바탕의 흰색 글자 조합보다 더 높은 순위를 보였다. 이상의 연구에서 글자색과 바탕색의 대비가 최대일 때 즉 흰색 바탕에 검정색 글씨의 칼라 조합이 가독성에 있어 최대가 아닐 수 있음을 볼 수 있었다. 그러나, 위에서 살펴본 연구들은 본 실험의 보조 실험으로 실시되어 좀더 연구가 시스템적으로 진행되지 못하였거나(23) 혹은 실험의 결과가 제한적이고 부분적인 면에 치중되었으므로 활용에 있어 많은 문제점을 안고 있다(20).

한편 위의 실험연구에서 대비가 증가해도 가독성이 증가하지 않는다는 사실 외에도 이 결과와 유사한 권장사항을 갖는 사용자 가이드 라인을 볼 수 있다. Powell, James E.(1990)는 “designing User Interface.”에서 글자색과 배경색 간의 강한 대비(sharp contrast)를 가급적 피할 것을 권하면서 흰색 바탕의 검은색 글자는 제한된 경우에 한하여 사용해야 된다고 하였다.

2-3. Research question

본 연구에서는 휘도대비가 최대일 때 가독성이 최대가 아니라는 가설을 확증적으로 검증하고 실험 결과의 만족점이 어느 지점으로 나타날 것인지 그리고 이 만족점이 가독량과 화면의 크기에 따라 어떻게 변화할지를 탐색적으로 알아보고자 한다. 따라서 본 연구는 확증적인 연구인 동시에 탐색적인 연구로 볼 수 있겠다.

2-4. 연구 모형

본 실험의 결과에서 높은 휘도대비에서 오히려 가독성이 떨어지는 형태의 quadratic 곡선에 대한 원인을 다음의 이론들을 통해 설명하고자 한다.

“information overload” “The contrast effect” 모델

“정보 과부하(information overload)” 이론은 정보를 운용하고 저장하는 사람의 수용능력(human capacity)과 관련된 것으로 사람들에게 너무 많은 정보가 유입되었을 때 그 모든 정보를 다 수용하지 못한다는 이론이다(19)(24). 이 이론의 특징은

크게 두 가지로 나누어 볼 수 있는데 첫째는 정보가 효과적으로 흡수되고 조직화되는 단계이고 나머지 단계는 정보처리과정에서 정보 공급의 과잉과 처리능력의 한계로 인해 정보의 부하가 생기는 과정이다. 본 실험에서는 어느 정도의 정보량이 유입되었을 때 휘도대비가 증가할수록 가독성이 높아지다가 특정한 수준에 이르러서는 휘도대비의 시각적 피로 외에 인지적 피로까지 가중될 수 있다는 것이다. 가독성이란 “텍스트와 관련된 인간 공학적 판단 기준의 하나로 단어, 문장, 문서처럼 의미있는 문자, 숫자군으로 나타낸 재료의 정보 내용을 인식할 수 있는 질을 의미한다(37).” 즉, “읽기”라는 행위에 있어 시각적인 요인 뿐 아니라, 의미의 파악과 같은 인지의 과정이 중요한 요인이 될 수 있음을 알 수 있다.

한편 시각적 정보의 부하가 생기는 과정에서 나타나는 심리학적 현상으로 “대비 효과(The contrast effect)”를 들 수 있다. Hall and Hanna(2004)의 연구에서는 contrast 가 최대일 때 가독성이 최대로 나타나지 않는 이유를 “대비 효과(contrast effect)” 현상으로 설명하고 있다(15). 이러한 현상은 근접한 곳에 위치한 상반된 색들에서나 높은 대비에서는 ‘떨림(vibration)’이 나타나는 현상을 말하는데 그들의 연구에서는 이러한 대비 효과로 인해 흰 바탕의 검은 글씨가 좋은 색조합이 아닐 수 있다고 주장하였다.

2-5. 가설

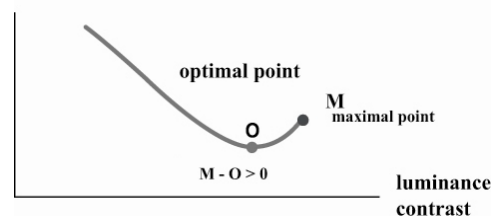


그림 1. 연구의 가설

H1 : 가독시간과 피로도에 있어 휘도대비에 따른 가독성의 곡선은 이차 방정식(quadratic) 곡선을 나타낸다.

휘도대비의 최대치와 가독성의 적정치가 같지 않다. 따라서 글자와 바탕색의 휘도대비가 적정치(optimal point)를 벗어나게 되면 가독시간과 피로도가 증가하게 된다.

3. 연구방법

3-1. 실험 참가자

피험자 - 교정시력은 0.8 이상의 정상시력으로 통제하였다. 정상 시력 normal vision 의 20 대의 남녀

3-2. 자극

실험 자극의 제작에 있어 글꼴과 같은 경우를 제외하고는 국제 규격을 참고로 하였다.

3-2-1. 글의 난이도

고등학교 1 학년 수준의 수필의 내용 중에서 선정하여 자극을 제작하였다(1).

3-2-2. 글자크기

20min (2)(14)

3-2-3. 자극과 피험자와의 거리

50cm (6)(25)

3-2-4. 글자꼴

굴림(9).

3-2-5. 자간

10% (3)(4)(37)

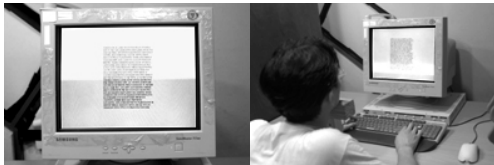


그림 1. 큰 화면에서의 실험자극과 측정

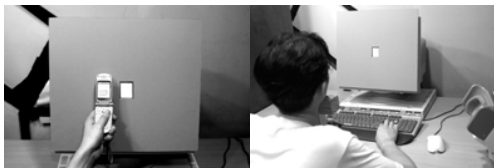


그림 3. 작은 화면에서의 실험 자극과 측정단락의 글자 색

3-2-6. 행간- 110% (8)

3-2-7. 화면의 크기와 글줄길이 -

일반적인 PC 화면 크기(17 인치 모니터 기준)

- 가로 X 세로 32X24.5cm

- 글줄길이 120mm

작은 화면크기 (실제 모바일 폰 크기를 기준 - 모델명 LGLP-ADWS 의 액정)

- 가로세로 각각 3X4cm

- 글줄길이 2.7mm

작은 화면에서의 가독성을 살펴보기 위해 그림 3 과 같이 큰 판에 3X4cm 크기의 창을 낸 프레임

을 제작하여 모니터에 부착하였다.

grayscale	RGB	(cd/m ²)	Luminance contrast	color
0	256	81.95	0	
10	230	66.88	0.102	
20	205	45.61	0.284	
30	181	36.62	0.382	
40	154	25.34	0.527	
50	129	15.27	0.685	
60	102	8.68	0.808	
70	75	3.63	0.915	
80	48	2.02	0.951	
90	19	1.72	0.958	
100	0	1.70	0.959	

표 2. 휘도대비 단계

3-3. 글자의 휘도대비 단계

글자 밝기의 단계는 먼셀 색상환의 명도축 11 단계를 기준으로 하여 10 단계로 제작되었다. 그리고 연구결과의 활용성을 고려하여 제작 실무과정에서 자주 사용되는 gray scale 의 백분율로 검정색을 10%씩 각각 달리 하였다. 표 2 는 자극의 밝기를 256color, C 값으로 변환하고 이를 다시 물리적인 값으로 수치화하기 위해 색채 색차계로 측정한 값이다. 또한 C 값의 경우는 아래의 미켈슨 정의를 사용하였다(29).

$$C = (L_{max} - L_{min}) / (L_{max} + L_{min})$$

C 는 contrast, L_{max} 는 배경색의 휘도 (Luminance), L_{min} 는 글자색의 휘도 (Luminance)이다. 본 실험에서의 글자색과 바탕색의 휘도대비 단계는 Pretest 1 의 결과를 바탕으로 결정하였다.

3-3-1. pretest 1

3-3-1-1. 실험 방법

20 대의 남녀 5 명으로 구성된 실험 참가자들은 실험에 대한 간략한 설명을 들은 후 모니터에 앉아 턱받이에 머리를 고정하였다. 자극을 제시하기 전 피로도 측정기로 피험자의 눈의 피로상태를 3 번 측정 하였다. 측정 후 컴퓨터를 통해 10 단계의 글자의 밝기대비를 달리한 자극물 중 한가지를 실험 참가자에게 무선적으로 제시하였다. 자극 제시 직후 피로도를 3 번 측정하고 난 뒤, 설문을 실시하여 각 밝기 대비에 대한 피로한 정도를 물은 뒤 휴식시간(20 분)을 갖도록 하였다. 연습시행

을 실시한 후, 본 시행을 실시하였다. 모든 실험이 끝난 뒤, 쿠키값을 이용하여 각 참가자의 실험 결과인 수행시간을 알 수 있도록 하였다. 자극은 C++를 이용하여 제작하였다. 모든 실험 참가자는 실험의 객관성을 검증하기 위해 2 번씩 다른 텍스트를 가지고 동일한 실험을 실행하여 2 번의 시행결과가 유사한 결과인지를 비교하고 평균 값을 사용하였다.

3-3-1-2. 결과

C 값이 낮은 0.102, 0.284, 0.382, 0.527의 경우 글자색과 바탕색의 휘도대비와 가독성 및 피로도간에 정비례한 관계를 볼 수 있었다. 그러나 이 구간에서는 피험자들이 불편을 호소하거나 실험 자체를 거부하는 등의 실험에 많은 어려움이 있었다. Pretest 1의 결과를 바탕으로 본 실험에서는 글자색과 바탕색의 휘도대비와 가독성, 피로도간의 정비례 관계가 있는 C 값 0.102, 0.284, 0.382, 0.527를 제외한 0.685, 0.808, 0.915, 0.951, 0.958, 0.959 단계에서의 휘도대비만을 살펴 보기로 하였다.

3-4. 가독량

Pretest 2의 결과를 바탕으로 본 실험에서의 가독량을 결정하였다.

3-4-1. pretest 2

3-4-1-1. 실험 방법

20 대의 남녀 3 명으로 구성된 실험 참가자들은 실험에 대한 간략한 설명을 들은 후 C 값 0.959의 휘도대비로 제작된 자극물을 실험 참가자에게 제시하였다. 피험자에게 ‘ 평소때와 마찬가지로 읽으라’ 한 뒤 그 뜻을 글을 빨리 읽되 그 뜻을 알면서 읽으라고 하였다. 그리고 10 분 경과후 읽었던 위치를 말하게 하였다.

3-4-1-1. 결과

10 분동안 가독하는 평균 문자의 수는 공백을 포함하여 6866 자 였다. Pretest 2의 결과를 바탕으로 본 실험에서는 10 분동안 가독하는 분량을 7000 자로 가독량을 설정하여 자극을 제작하였다.

3-5. 휴식시간

휴식시간 15 분(5)

3-6. 주관적 시각피로 평가

주관적 피로도는 기존의 선행 논문을 바탕으로 피로도를 측정하는 설문문항 채택하였다(22)(7).

3-7. 객관적 피로도

VDT가 갖는 특성을 고려하여 객관적인 피로도 피로도 측정기(flicker value)를 사용하였다(26). VDT의 특성 중의 하나로, 화면에 표시된 글자나 도형이 빠른 속도로 켜졌다 꺼졌다하는 점멸성은 작업자가 느끼지 못한다고 하더라도 이러한 상태가 작업자의 시각피로에 영향을 미칠 가능성은 충분하다(38)(18).

3-8. 실험 장치

컴퓨터는 1024X768의 해상도와 32 비트 트루칼라를 지원하는 LG 프래트론 740FT 17 인치에서 제시하고 컴퓨터는 인텔 펜티엄 4를 장착한 IBM 컴퓨터로 다른 변인의 영향을 고려하여 실험은 1대의 컴퓨터만을 사용하였다. 그리고 실험실의 조명은 375lux로 통제하였다. 글자의 휘도 정도를 물리적인 값으로 알아보기 위하여 색채 색차계 CS-100A로 측정하였다. 그리고 실험 참가자의 눈과 모니터와의 거리를 일정하게 유지하기 위해 턴받이로 머리를 고정하였다. 실험자극의 바탕을 흰색으로 고정하고 글자색의 휘도 단계를 달리하여 제시하였다.

3-9. 과정

사전 실험 1, 2의 결과를 바탕으로 0.685, 0.808, 0.915, 0.951, 0.958, 0.959의 글자색의 휘도대비만을 본 실험에서 무선적으로 제시하였다. 또한 가독량은 평균 10 분 동안의 가독량을 글자 7000 자로 하여 총 42000 자를 60 분 분량으로 제작하였다. 이때 자극의 제시 방법은 그림 4와 같았다. 최초 7000 자를 가독한 후 15 분의 휴식시간을 갖게 하였고 나머지 35000 자 분량은 쉬지않고 가독하였다. 7000 자를 가독하기 전후 피로도 측정기로 측정하고 설문을 실시하였다. 그리고 35000 자를 가독하면서는 10 분량마다 즉, 14000 자, 21000 자, 28000 자, 35000 자, 42000 자마다 화면 설문을 실시 하였다. 그러나 객관적 피로도인 피로도 측정기의 경우 측정시 시야의 순응을 우려하여 시작전과 마지막 42000 자 가독후에만 측정하였다. 모든 실험을 마치고 난 후에는 피험자에게 실험자극에 사용된 지문을 읽었

던 적이 있었는지 확인하였다.

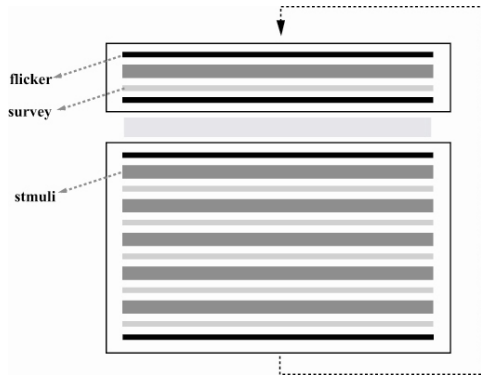


그림 4. 실험 절차

3-10. 실험 디자인

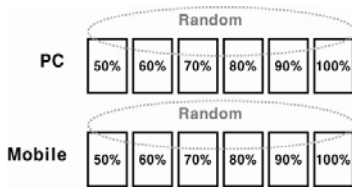


그림 5. 실험 설계

실험은 6*2*6 의 피험자내 요인 분석을 실시하였으며 각 요인의 수준은 다음과 같다.

3-10-1. 독립변인

휘도대비 단계

{ 0.685, 0.808, 0.915, 0.951, 0.958, 0.959 }

가독량

{ 7000, 14000, 21000, 28000, 35000, 42000 }

화면 크기

{ 32X24.5cm(pc 크기-큰화면), 3X4 cm(mobile 크기-작은 화면) }

본 실험에서 큰 화면에서의 가독성을 측정하기 위해 사용된 자극의 개수는 휘도대비 한 수준마다 7000 자를 8 페이지 분량으로 읽게 되어 8×6×6=40 개였다. 그리고 작은 화면(mobile)에서의 가독성의 변화를 알아보기 위하여 사용된 자극의 개수는 휘도대비 한 수준마다 1000 자를 평균 140 페이지 분량으로 읽게 되어 140×6×6=6000 개였다.

따라서 한 피험자가 모두 가독한 자극의 개수는 6040 개였다.

3-10-2. 종속변인

가독시간(reading time)

- 전통적인 가독성의 척도

피로도(fatigue)

- 주관적 피로도 subjective fatigue (survey), 객

관적 피로도 objective fatigue (flicker) }

4. 결론

한 피험자당 총 가독시간의 평균은 휴식시간 포함 7 시간이었다. 그리고 trend analysis 로 데이터를 분석한 결과는 다음과 같았다.

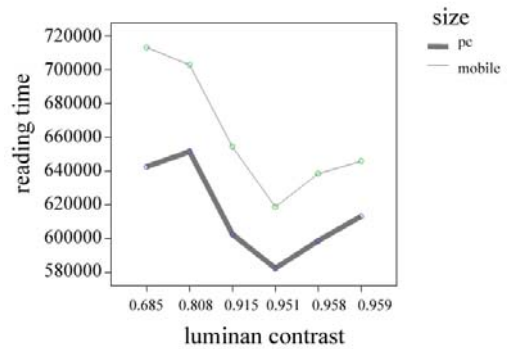
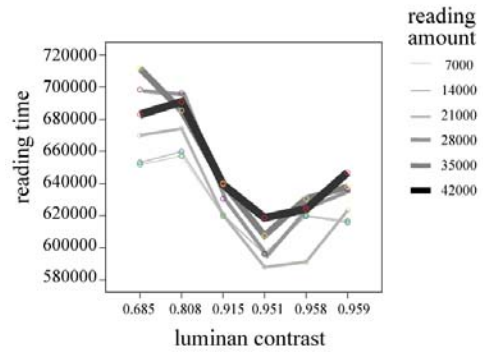


그림 6. 글자색과 바탕색의 휘도대비에 따른 가독시간의 변화

4-1. 가독시간(reading time)

글자색과 바탕색의 휘도대비가 증가함에 따라 가독성은 다항식 추세(quadratic trend)가 있는 것으로 나타났다. $F(1,16) = 10.588, p < .05$ 그리고 C 값이 0.951 일 때 가독성이 가장 높게 나타났다. 이는 휘도대비가 최대일 때 가독성이 최대가 아니며 C 값 0.951 이 적정치임을 의미한다. 가독량은 선형추세(linear trend)를 보였다. $F(1,16) = 21.333, p < .05$ 이는 가독량이 많을수록 즉 오래 읽으면 가독시간이 오래 걸려 가독성이 떨어진다는 것을 의미한다. 화면 크기는 선형 추세(linear trend)를 보였고 작은 화면보다 큰 화면에서 가독시간이 적게 걸려 가독성이 높게 나왔다. $F(1,16) = 12.115, p < .05$

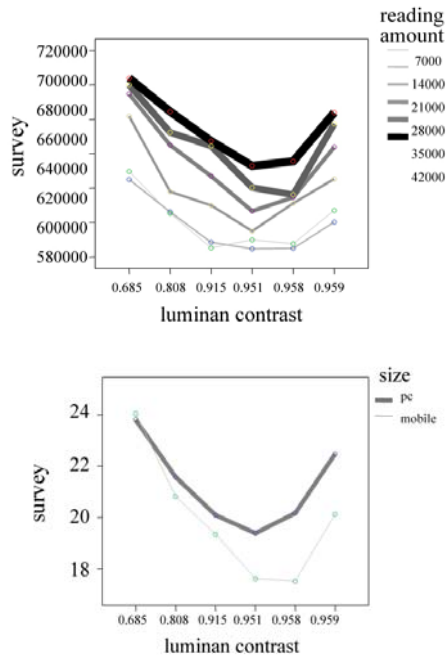


그림 7. 글자색과 바탕색의 휘도대비에 따른 주관적 피로도의 변화

4-2. 주관적 피로도(survey)

글자색과 바탕색의 휘도대비와 주관적 피로도 간의 관계에 있어 휘도대비가 증가하면 주관적 피로도가 다항식 추세(quadratic trend)를 보였다. $F(5,80) = 7.487, p < .05$ 또한 가독성 곡선과 마찬가지로 C 값이 0.951 일 때 주관적 피로도가 가장 적게 나타났다. 이는 휘도대비가 최대일 때 피로도가 최소가 아니며 C 값 0.951 가 적정치임을 의미한다. 가독량은 선형 추세(linear trend)를 보였다. $F(1,16) = 29.683, p < .05$ 이는 가독량이 많을수록 즉 주관적 피로도가 높아진다는 의미한다. 화면 크기에 있어서는 유의미한 결과가 나타나지 않았다. $F(1,16)=1.110, p < .05$

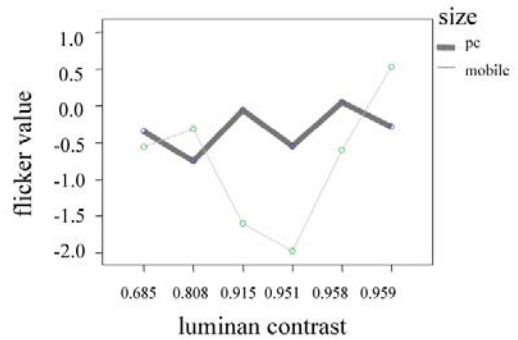
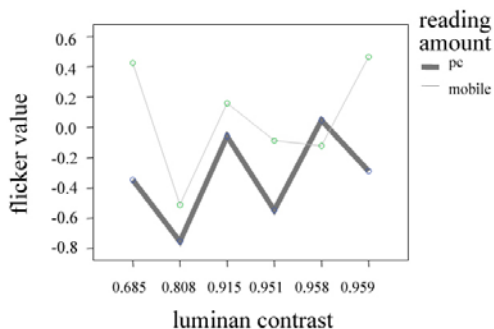


그림 8. 글자색과 바탕색의 휘도대비에 따른 객관적 피로도의 변화

4-2. 객관적 피로도(flicker value)

글자색과 바탕색의 휘도대비와 피로도간의 관계에 있어 휘도대비가 높아짐에 따라 객관적 피로도는 다항식의(quadratic) 관계가 있는 것으로 나타났다. $F(1, 16) = 5.099, p < .05$ 그리고 가독성과 주관적 피로도와 같이 C 값이 0.951 일 때 가독성이 가장 높게 나타났다. 가독량은 선형 추세(linear trend)를 보였다. $F(1, 16) = 21.333, p < .05$ 이는 가독량이 많을수록 즉 오래 읽으면 객관적 피로도가 높아진다는 것을 의미한다. 화면 크기는 근소하게 선형 추세(linear trend)를 보였고 작은 화면보다 큰 화면에서 객관적 피로도가 더 높게 나왔다. $F(1, 16) = 3.319, p < .05$ 가독량이 7000 자인 경우, PC 에서는 휘도대비에 따른 다항식 추세(quadratic trend)가 없으나 작은 화면에서는 휘도대비에 있어 다항식 추세(quadratic trend)가 있었다.

본 실험의 결과, 현재 휘도대비와 가독성과의 관계는 정비례하다는 기존의 통념을 깨고 quadratic trend 를 갖는다는 결과와 함께 이를 실증적으로 입증하였다.

글자로 되어있는 디지털 콘텐츠

디자인의 가이드 라인

- 글자로 되어 있는 콘텐츠를 VDT 로 보여 줄 때는 본문의 무채색의 글자색은 화면의 크기와 가독량에 상관없이 C 값 0.951 을 지켜라.

5. 연구의 의의와 제한점

본 연구는 다음과 같은 의의를 가지고 있다. 첫째, 대비가 증가하여도 가독성이 증가하지 않는다는 견해에 대하여 이를 시스템적으로 검증하였다. 둘

째, 디자인 제작과정에서 제작자의 직관에 의한 제작관행을 벗어나 실증적 과정을 거친 구체적 수치를 적용할 수 있도록 하였다. 셋째, 가독성 연구에 있어 한정된 연구영역을 벗어나 작업시간 강도와 같은 다양한 측면을 고려하였다.

본 실험은 다음과 같은 한계점을 가지고 있다. 첫째, 이 실험의 자극은 휘도대비에 있어 바탕색의 C 값을 81.95 cd/m²로 고정하여 무채색을 중심으로 휘도대비, 가독성 그리고 피로도와의 관계를 살펴 보았으나 추후에는 다양한 배경 휘도와 유채색에서의 연구가 진행되어야 할 것이다. 둘째, 실험 자극은 모두 CRT 모니터를 중심으로 만들어졌으므로 LCD 모니터에 대한 연구가 별도로 필요할 것이다. 셋째, 이 실험에서 시각의 미묘한 반응을 측정하는 데에는 Flicker 보다 더욱 정밀한 객관적 피로도 측정장비를 사용하는 것이 바람직하다고 생각된다. 넷째, 통제된 환경의 실험실에서 실시된 한계점을 지니고 있으므로 실제의 모바일 환경에서 다시 실험해 볼 필요가 있다.

참고 문헌

1. 김철중 외(1991). VDT workstation 의 인간공학적 설계 및 평가기술에 관한 연구 (1 차년도), 과학기술처, KSRI-91-069-IR.
2. 김철중 외(1992). VDT workstation 의 인간공학적 설계 및 평가기술에 관한 연구 (2 차년도), 과학기술처, KSRI-92-070-IR.
3. 김대영, 박범(2001). Web 상에서의 한글의 글꼴, 자간에 따른 수행도에 관한 연구.
4. 김창희(1994). 한글 인식과정에서의 안구운동 특성 비교, 석사학위 청구논문, 동아대학교.
5. 이동후(1991). 시각피로를 기준으로한 VDT 작업 시간의 결정. 석사학위 청구논문, 동아대학교.
6. 이수정(1993). 한글의 글자꼴과 글줄길이가 가독성에 미치는 효과. 석사학위 청구논문, 연세대학교.
7. 이수진(2003). 화면크기와 밝기대비에 따른 가독성의 변화. 제 13 회 한국 정보과학회 인간과 컴퓨터의 상호작용 학술대회.
8. 정재우(1997). 영상매체에 구현되는 한글의 가독성에 관한 연구. 석사학위 청구논문, 한성대학교.

교.

9. 황우상(1997). 한글 VDT 화면의 설계특성 및 가독성 요인의 인간공학적 연구. 박사학위 청구논문, 동아대학교.
10. Ali F. Farhoomand, Don H. Drury. (2002) Managerial information overload
Communications of the ACM.Vol. 45, No. 10, Pages 127-131.
11. American national standard for human factors engineering of visual display terminal workstation (ANSI/HFS 100-1988) (Human Factors Society, 1988) Studies in television.
12. Bouma, H. (1980). Visual reading processes and the quality of text displays. In Ergonomic aspects of visual display terminals, edited by Grandjean, E. and Vigliani, E. (London:Taylor & Francis), pp. 101-114.
13. Bruce, M. and Foster, J. J. (1982). The visibility of colored characters on colored backgrounds in view data displays. Visible Language, 16, 382-390.
14. Carol Bergfeld Mills, Linda J. W. (1987). Reading text from computer screens. ACM Computing Surveys (CSUR) archive. Volume 19 , Issue 4 (December 1987) table of contents 329 – 357.
15. Clarke, J. (2002). Building accessible web sites (Boston, MA: New Riders).
16. Gordon E. Legge, Gary S. Rubin and Andrew L. (1987). Psychophysics of reading. V.The Role of Contrast In Normal Vision. Vision Research, Vol.27, No.7,1165-1177.
17. Gordon E. Legge, David H. Parish, and Andrew Luebker and Lee H. W. (1990). Psycholphysics of reading: Comparing color contrast and luminance contrast. Journal of Optical Society of America A, Vol.7,No.10,2002-2010.
18. Grandjean E. (1979). "Fatigue in industry", British Journal of Industrial medicine, Vol.36, No.3, pp.175-186.
19. Hal Berghel. (1997). Cyberspace 2000: dealing with information overload, Communications of the ACM, v.40 n.2, p.19-24.
20. Hall and Hanna. (2004). The Impact of Web Page

Text-Background Color Combinations on Readability, Retention, Aesthetics, and Behavioral Intention. *Behaviour & Information Technology. Special Issue on HCI in MIS. Vol. 23, No. 3, May-June.*

21. HARA Naoya, NAMBA Lchiro, NOGUCHI arow. (2003). Equivalent Luminance Contrast for Evaluating Visibility of Chromatic Document ; the influence of the character color, background luminance and luminance contrast of documents on readability.

22. Heur, H., et al. (1981). The resting position of eyes and the effect on viewing distance and visual fatigue at VDT work, *Zeitschrift fur Experimentelle and Angewachte Psychologie*, 36, 538-566.

23. Hill, A.L. and Scharff, L.V. (1997). Legibility of computer displays with various foreground/background color combinations, font styles, and font types. *Proceedings of the Eleventh National Conference on Undergraduate Research*, 724-746.

24. Jinwon Ho, Rong Tang. (2001). Towards an optimal resolution to information overload: an infomediary approach, *Proceedings of the 2001 International ACM SIGGROUP Conference on Supporting Group Work*, Boulder, Colorado, USA.

25. Joan D. Comeau, Edward C. G. (1999). Computer use and vision. *Proceedings of the 27th annual ACM SIGUCCS conference on User services: Mile high expectations.*

26. Koler, P.A., Duchnicky, R.L. & Ferguson, D.C. (1981). "EYE movement measurement of Readability of CRT Display", *Human Factors*, 23, pp. 517-527.

27. Legge, G.E., and Foley, J.M. (1980). Contrast making in human vision. *J.Opt.Soc.Am.*, 70, 1458-1471.

28. Legge G.E., G.S. Rubin & A. Luebker. (1987). Psychophysics of reading. V. The role of contrast in normal vision. *Vision Research*, 27, 1165-1171.

29. Legge. G.E. & Parish D.H. (1990). Psychophysics of reading. IX. The stability of eye position in normal and low vision. *Unpublished Manuscript 8/89.*

30. Luckiesh M. and Moss F.K. (1938). Visibility and readability of print on white and tinted papers *Sight-*

Saving Rev.8,123-134.

31. Mark S. Sanders & Ernest J. McCormick. (1995.) *Huma Factors In Engineering And Design.*

32. Nielsen, J., (2000), *Designing web usability: The practice of simplicity* (Indianapolis, IN:New Riders Publishing).

33. Ohlsson, K., Nilsson, L., and Ronnberg, J. (1981) Speed and accuracy in scanning as a function of combinations of text and background colors. *Int.J.man-Mach.Stud.*14, 215-222.

34. Powell, James E. (1990). "designing User Interface." *Microtrend Books. San Marcos:*

35. Radl, G. W. (1980). Experimental investigations for optimal presentation-mode and colours of symbols on the crt-screen. In *Ergonomic aspects of visual display terminals*, edited by Grandjean, E. and Vigliani, E. (London: Taylor & Francis), pp. 127-136.

36. Rivlin, Christopher, Lewis Robert, & Rachel Davies-Cooper. (1990). "Guidelines For Screen Design." *Blackwell Scientific Publications. Oxford:*

37. Sanders & Mc Cormick. (1998) *The Human factors in engineering and design.*: McGraw-Hill, 4, 83-121.

38. Simonsen, E., Enzer, N. (1941). Measurements of flicker frequency of flicker as a test of fatigue of the central nervous system, *J.Induser. Hygine and Toxico.*, 23: 83-89.

39. Shieh, K. and Lin, C. (2000). Effects of screen type, ambient illumination, and color combination on vdt visual performance and subjective preference. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 26, 527-536.

40. Tinker, M. A. (1963a.) *Legibility of Print. The Iowa State University Press, Ames, Iowa.*

41. Tinker M.A. and Paterson D.G.(1931) *Studies of typographical factors influencing speed of reading. VII. Variations in color of print and background.**J.appl.Psychol.*15,471-479.

42. Wilson, H.R., and Gelb, D.J.(1984) *Modified line-element theory for spatial-frequency and width discrimination.* *J.Opt.Soc.Am.*, A, 1, 124-131