

필름 색 오버레이의 광학적 특성과 사용자 선택을 반영한 컴퓨터 구현성 분석

장영건* · 박찬곤

An Analysis of Computerized Implementation of Film Colored Overlays Based on Optical Characteristics and User Preference

Young-gun Jang* · Chan-khon Park

Department of Computer & Information Engineering, Chongju University, Chongju 360-764, Korea

요 약

광과민성 증후군자를 위한 가상 색 오버레이의 구현성을 검토하고 요구사항을 도출하였다. 대표적 필름 오버레이 2 종류의 광학적 특성을 측정하고, 그 특성을 구현하여 컴퓨터 및 모바일 IT기기에 구현할 α 값과 원 색도를 도출하였다. 주변조명을 암실환경과 명실환경으로 구분하여 주변조명이 가상 색 오버레이 색도에 미치는 영향을 분석하였다. 하나의 원 색도(CIE Luv)를 만족하는 α 와 RGB값의 조합이 다수 존재하는 것을 발견하였고, 사용자는 눈의 편안함과 선명도를 기준으로 한 조합을 선택할 수 있다. 주변조명은 100 lx차이에서 디스플레이 장치의 색도변화는 거의 없으나, 밝기 차이가 평균 37.8395 cd/m²(표준편차 2.0059) 발생하였다.

ABSTRACT

The feasibility of a virtual colored overlay is based on constraints of computer and user preference and it is evaluated for people with Scotopic Sensitivity Syndrome. We draw α and chromaticities of virtual colored overlay which will be implemented on IT devices by measuring optical characteristics of 2 representative film overlays and simulating them. We analyzed the influence of two illuminating conditions on the virtual colored overlay. We find that it is possible to get the multiple combinations of alpha and source RGB values to match a chromaticity which is presented in CIE-Luv color space under ideal white condition of display, a user can select one among them with respect to clarity and comfort. Under 100 lx difference of illumination conditions, the changes of chromaticities are negligible, but luminances are increased 37.8 cd/m² average(std 2.006) at high illumination condition.

키워드 : 필름 오버레이, 광과민성 증후군, 컴퓨터화된 색 오버레이, 주변조명, 포화도

Key word : Film overlay, Scotopic sensitivity syndrome, Computerized colored overlay, Background illumination, Saturation

접수일자 : 2013. 10. 02 심사완료일자 : 2013. 11. 13 게재확정일자 : 2013. 11. 27

* **Corresponding Author** Young-Gun Jang(E-mail: ygjang@cju.ac.kr, Tel: +82-43-229-8494)

Department of Computer & Information Engineering, Chongju University, Chongju 360-764, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkice.2014.18.1.223>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©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.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

미국에서는 1980년대 초에 미 의회에서 국립보건 연구소(National institute of health)에 학습장애의 원인과 현상에 대한 연구를 의뢰하였다. NIH에서는 1994년에 난독증이 알려진 학습장애의 가장 공통적이고 만연된 증세이며, 미국의 어린이중 5명중에 1명이 이 증상의 영향을 받고 있다고 발표하였다[1]. 학습장애는 정상인과 구별할 수 없는 지능을 가졌음에도 불구하고, 뇌의 정보처리의 이상으로 인한 장애로 학습 속도가 매우 느리며, 읽기, 쓰기 장애를 갖는 특징이 있다.

난독증의 한 현상인 광과민성 증후군은 시각적 정보 처리를 담당하는 신경기능의 이상으로 인해 책 읽기가 싫어지고, 집중력이 떨어지는 등 학습능력과 작업능률 저하의 원인이 되며, 눈으로 보며 수행하는 스포츠, 운전, 컴퓨터 사용 등 여러 가지 생활에 악영향을 주는 현상을 지칭한다. 미국의 경우 전 인구의 10~12%가 광과민성 증후군으로 고통을 겪고 있다는 Irlen 연구소의 연구결과가 있으며, 난독증을 겪는 사람의 46%가 이 증상을 갖는 것으로 추정된다[2]. 영국에서는 난독증자의 약 75%가 불안정한 안구 운동 등 시각적 결함을 동반하고 있다고 보고되고 있다[3]. 광과민성 증후군의 증상은 선들의 번짐, 선들이 떠다니는 현상, 선들이 지그재그로 엇갈리는 현상과 같은 시각적 왜곡과 어지럼증과 메스꺼움과 같은 시각적 불편으로 분류할 수 있으며, 읽기 장애를 일으켜, 학습장애로 발전하게 되는 문제를 갖고 있다.

광과민성 발작과 같은 광과민성 증후군의 증상들은 디스플레이 장치가 작을 때 더 심하게 나타나며, 따라서 스마트폰이나 태블릿 PC와 같이 작은 디스플레이 장치를 갖는 모바일기기에서 광과민성 증후군자에 대한 접근성 문제가 더욱 심각하게 나타날 수 있다. 광과민성 증후군의 증상을 완화시키는 보조도구는 광학적 도구가 주로 사용되며, 색 오버레이, 색안경, 색 렌즈가 사용되고 있다. 그러나 IT기기에서 전자문서를 볼 때 사용될 수 있는 광학적 도구를 대체할 수 있는 보조도구는 극히 드물며, 특히 요즘 크게 증가하고 있는 태블릿 PC나 스마트폰과 같은 모바일 기기에서 사용할 수 있는 보조도구는 아직까지 발표된 것이 없다[4]. 2011년 arrdwearing-software.com사에서는 aaLuminate란 광과민성 증후군자를 위한 아이폰과 아이패드용 앱을 발표하였고, 현재도 시판되고 있다[5]. 이 앱은 IT기기에 부착된 카메라를 통하여 본 영상에 가상 색 오버레이를 적용하므로, IT기기를 본래의 용도가 아닌 필름 색 오버레이나, 색렌즈와 같은 별도의 광학적 기기처럼 사용한다. 따라서 이 앱이 적용된 스마트폰이나, 태블릿 PC에서 제공되는 문자 메시지, E-book, 전화번호부와 웹콘텐츠 같은 전자적 화면을 볼 수 없는 단점이 있다. 또한 기본적으로 제공되는 색 대신 사용자가 R,G,B를 직접 조절하여 색 화면을 만들기 때문에 임상적으로 빈도가 높은 유효 색을 찾기가 힘들고, 자기 자신에게 맞는 최적의 색을 스스로 선택하고, 조정해야 하는 부담이 있으며, 많은 임상적 오류를 범할 가능성이 크다.

본 논문에서는 실험적으로 얻어진 대표적 필름 색 오버레이의 광학적 특성 데이터를 바탕으로 컴퓨터의 화면정보에 대한 가상 색 오버레이를 구현하는 방법을 선택하였다. 이 방법은 색 선택을 수십년간 임상적으로 검증된 제품에서 제공되는 색에 한정하여, 자기 자신에게 유효한 색을 쉽게 찾을 수 있는 장점이 있다. 본 논문에서는 컴퓨터 구현에서 나타날 수 있는 문제점을 시뮬레이션과 실험을 통하여 분석하고, 요구사항을 검토하고자 한다. 또한 Wilkins Rate of Reading Test[6-8]나 Irlen Screening Test와 같이 필름 색 오버레이를 사용하는 검사를 통하여 선택된 색이 컴퓨터에서 가상화된 색 오버레이에서도 유효할지 검토하였다.

컴퓨터 구현에서 색 오버레이와 유사한 효과를 낼 수 있는 유일한 방법은 알파블렌딩 알고리즘을 사용하는 것이고, 색을 표현하는 방법은 sRGB좌표로써 색도를 결정하는 것이다. 정확한 색도를 컴퓨터의 디스플레이에 표현하는데 있어 일반적으로 문제가 되는 것은 모든 디스플레이 장치가 기기마다 다른 색 왜곡을 갖고 있고, 시간이 지남에 따라 그 특성이 변화한다는 점이다. 이 문제는 컴퓨팅 장치를 기반으로 한 모든 IT기기의 디스플레이에서 공통적으로 발생하는 현상으로, 아직까지 컴퓨터 자체적으로 이 문제를 해결할 수 있는 방법은 나타나고 있지 않다. 현실적으로 이 문제를 최소화하는 방법은 색 관리 S/W와 센서장치를 사용하여 주기적으로 보정하는 것이 유일한 해법이라고 볼 수 있다. 따라서 본 논문에서는 이 문제를 다루지 않을 것이다. 첫 번째 문제는 필름 색 오버레이에서 측정된 색도를 이론적으로 정확히 재현해 낼 수 있는 sRGB색이 존재하며, 그 색이 가상 색 오버레이의 기능을 구현하는데 문제가 없

나는 것이다. 두 번째 문제는 주변조명이 디스플레이 장치에 나타나는 색도에 얼마나 큰 영향을 미치는 지를 실험적으로 규명하는 것이다. 세 번째 문제는 필름 색 오버레이를 백색이나, 미색 종이에 적용할 때의 CIE-Luv 색 좌표상의 밝기(L좌표)와 컴퓨터 디스플레이 장치의 밝기가 너무 큰 차이를 보여 이 문제가 사용자의 시각적 색도에 커다란 영향을 미친다는 점이다. 본 논문에서는 전술한 문제점에 대하여 시뮬레이션과 실험을 통하여 분석하고, 그 해법을 고찰하였다.

II. 본 론

광과민성증후군자를 위한 보조도구로써 활용되고 있는 필름 색 오버레이 중 Intuitive Overlays와 Irlen Overlays의 백색 종이에 대한 광학적 특성을 반영한 컴퓨터 구현의 타당성을 분석하였다. 반영할 광학적 특성은 투과모드에서의 투과율과 반사모드에서의 색도이다. 윈도우즈 운영체계를 사용하는 개인용 컴퓨터와 안드로이드 운영체계를 사용하는 모바일 IT기기에서 색 오버레이를 구현하는 방법은 알파 블렌딩 기법을 사용하는 방법밖에 없다. CIE-Luv좌표계로 측정된 색도를 컴퓨터와 같은 IT기기에 구현하는데 필수적 색좌표계인 sRGB의 R,G,B색으로 변환한 다음, 이상적인 백색 배경, 스마트 폰인 Sony사의 엑스페리아(Xperia), 태블릿 PC인 삼성의 갤럭시 탭 10.1의 백색 배경의 색도를 측정하고, 이 특성을 반영하여 알파블렌딩 기법을 적용하였다.

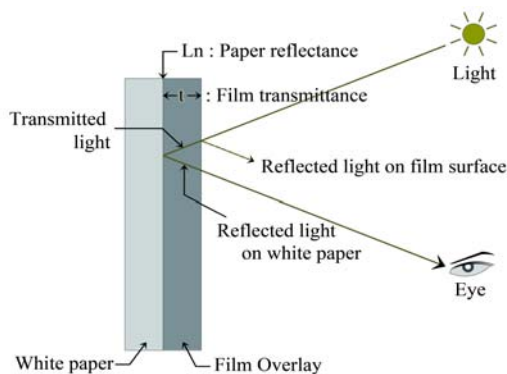


그림 1. 백색종이 배경의 필름 오버레이의 광학적 모델
Fig. 1 A film overlay optic model on white paper

종래에는 알파블렌딩 기법에서 α 값을 결정하는 요소로서 필름 오버레이의 투과율만이 고려되었었다[9]. 그러나 실제로 필름 오버레이를 적용할 때는 백색이나 미색 종이 위에 필름 오버레이를 올려놓고 보기 때문에 필름의 투과율뿐만 아니라, 배경이 되는 종子和 필름 자체의 반사율을 함께 고려하여야 한다(그림 1 참조). 배경이 되는 백색 종이의 반사율을 백색종이 위에 필름 오버레이를 놓고 측정된 색의 밝기 L의 표준화된 값이라고 추정하면, 실제로 눈으로 인식하는 것은 빛이 해당 필름을 두 번 통과하므로, 필름 투과율의 상승에 백색 종이의 반사율을 곱한 값으로 근사화 될 수 있다.

만일 PC나 스마트폰의 디스플레이 장치에 필름 오버레이를 적용하는 경우에는 주된 빛이 디스플레이 장치로부터 필름을 투과하여 나오기 때문에 투과율은 적용한 필름 자체의 투과율과 일치할 것이다. 본 논문에서는 백색 종이에 적용한 필름 오버레이의 밝기, 색도와 투과모드에서 측정된 필름의 투과율을 가상 색 오버레이의 기준으로 정하였다.

IT기기에 출력되는 RGB 색상은 측정된 필름 오버레이의 sRGB 색상으로 가상 색 오버레이에 알파 블렌딩을 적용하여 오버레이 효과를 구현하였을 때 나타날 색상 정보이다. 가상 색 오버레이를 구현하는데 필요한 RGB 정보는 알파 블렌딩을 적용하기 전의 원(Source) 색상 정보이며, 이는 알파 블렌딩 알고리즘을 역변환하여 구하였다.

$$O = \alpha * S + (1 - \alpha) * B \tag{1}$$

식 (1)은 알파 블렌딩 알고리즘으로써, S는 전경이 되는 원(source)색, B는 배경(background)색, α 는 투명도(transparency)를 나타내며, 투명도는 0.0 ~ 1.0사이의 숫자로 표현된다[10]. 0은 투명, 1은 불투명을 나타내며, 0에 가까울수록 점점 투명하며, 1에 가까울수록 점점 불투명하게 된다. O는 결과색(Output)을 나타낸다.

식 (2)는 원 색상 정보 S를 구하기 위한 것으로 식 (1)에서 유도된다.

$$S = (O - (1 - \alpha) * B) / \alpha \tag{2}$$

식 (2)를 이용하여 R G B 각각의 원 색상 S_r, S_g, S_b 를 식 (3)과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} S_r &= (O_r - (1 - \alpha) * B_r) / \alpha \\ S_g &= (O_g - (1 - \alpha) * B_g) / \alpha \\ S_b &= (O_b - (1 - \alpha) * B_b) / \alpha \end{aligned} \quad (3)$$

원 색상 정보 S 를 구하기 위해 B 의 값은 이상적 백색 배경과 구현할 장치의 백색 배경을 측정하여 각각 적용하였다. 필름 오버레이의 투과율을 t , 1로 표준화된 백색 종이 배경 반사율을 L_n 이라고 표시한다. α 값은 0에 가까울수록 투명함을 나타내므로 근사화된 투과율 L_n^2 와는 역관계를 갖는다. 각 색상에 적용할 α 값은 식 (4)를 이용하여 추정하였다.

$$\alpha = 1 - L_n^2 \quad (4)$$

컴퓨터 구현에서 주변조명이 미치는 영향을 실험을 통하여 검토하였다. 실험 방법은 암실과 명실에서 태블릿 PC인 마이크로소프트사의 태블릿 PC인 서피스(Surface)에 구현된 Irlen 가상 색 오버레이를 작동시킨 다음, 각 오버레이의 색을 색도계로 측정하여 색도를 비교하는 것이다. 명실과 암실의 디스플레이 장치와 근접한 위치에서 Konica Minolta사의 분광 조도계 CL-500A를 이용하여 조도를 측정한다. 암실에서 3.9 lx, 명실에서 104 lx가 측정되어 약 100 lx의 조도 차이를 보였다. KS조도기준은 일반 사용유형에 따라 조도를 11가지로 분류하고, 시설별로 조도 기준을 제시하고 있다. 본 실험에서 사용한 명실 조도는 104 Lux로 KS조도 기준으로는 시작업이 빈번하지 않은 작업장(조도분류 E)의 조도범위인 최소, 평균, 최대 60,100,150 lx에 해당한다. 암실에서의 조도는 3.9 Lx로 어두운 분위기 중의 시식별 작업장(조도분류 A)의 조도범위(3,4,6 lx)에 해당한다[11].

조도를 정확히 제어할 수 있는 설비와 시설이 없어, 연구실 환경에서 암실 환경은 조명을 모두 끄고, 외부에서 들어오는 빛을 최대한 차단한 채 측정하였고, 명실 조명은 내부 조명을 모두 켜진 상태에서 측정하였다. CL-500A의 측정범위는 0.1-100,000 lx이며, 정밀도는 $\pm 2\% \pm 1$ digit이다.

III. 결과 및 고찰

2 종류의 색 오버레이에 대하여 DM-3600d를 사용하여 투과모드로 측정된 각 오버레이의 투과율을 그림 2에 표시하였다. 투과모드로 측정된 것은 순수한 오버레이 특성만을 추출하기 위하여 선택한 측정모드이다.

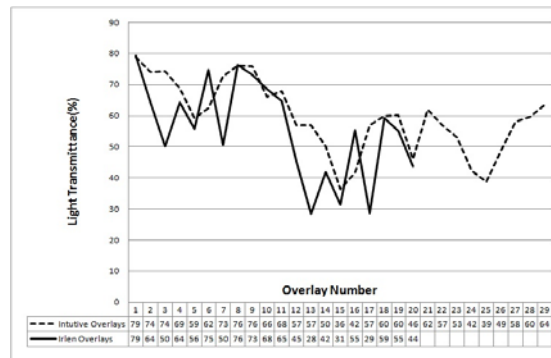


그림 2. 2 종류 오버레이의 광투과율 측정 결과
Fig. 2. Measurement results of light transmittance of 2 type overlays

백색 종이를 배경으로 Intuitive Overlays와 Irlen Overlays를 적용하여 측정된 색도를 CIE Luv좌표로 각각 그림 3과 그림 4에 표시하였다. 백색 종이의 색도는 Intuitive Overlays를 적용한 종이는 CIE-Lxy좌표로 83.80, 0.2941, 0.3044이고, Irlen Overlays를 적용한 종이는 92.41, 0.2973, 0.3083으로 서로 달랐다. 즉 백색 종이도 제조회사 별로 색도가 다르다. Irlen Overlays에 대한 실험에 사용한 백색 종이는 한솔제지의 A4 75g/m²을 사용하였다. Intuitive Overlays와 Irlen Overlays에 대한 측정은 DM2600d를 사용하였다. 실험 방법은 백색 종이를 10장 겹쳐 놓고, 오버레이를 올려놓은 다음, 분광측색계를 사용하여 측정하였다. 그림에서 나타난 번호는 사용된 색 오버레이의 번호이며, 표 1, 표 2에 각각 오버레이 색 이름을 표시하였다. 색의 이름으로는 Intuitive Overlays와 Irlen Overlays는 매우 유사한 색들로 구성되어 있는 것 같지만 색도는 같은 것이 거의 없으며, 색의 영역 패턴도 Intuitive Overlays의 경우 원형에 가까운 모습을 하고 있으며, Irlen Overlays는 직선 근처에 분포한다. 패턴이 이러한 모습을 보이는 것은 Irlen Overlays의 1980년대 초기에는 몇 가지 색만 공급

하였으나, 임상적으로 다른 색에서 광과민성의 증상을 완화시키는 효과를 보이는 대상자들이 많아짐에 따라 지속적으로 해당 색들이 늘어났고, Intuitive Overlays는 광범위한 색의 렌즈를 사용하는 Intuitive colorimeter란 장치를 모사해서 처음부터 가능한 한 광범위한 색을 공급하고자 설계 시에 CIE-Luv좌표계를 참조하여 개발되었기 때문에 추정된다.

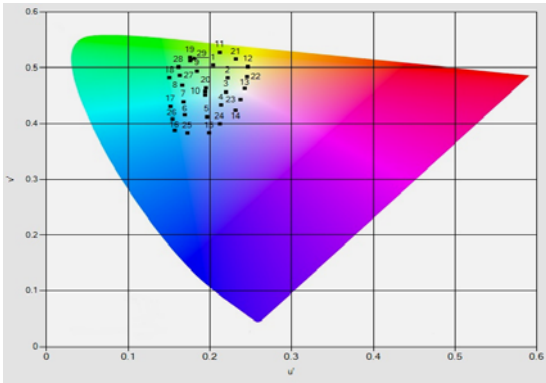


그림 3. 백색종이 배경 Intuitive Overlays의 u'v' 색도측정결과
Fig. 3 Measurement results of u'v' chromaticity of Intuitive Overlays with white paper background

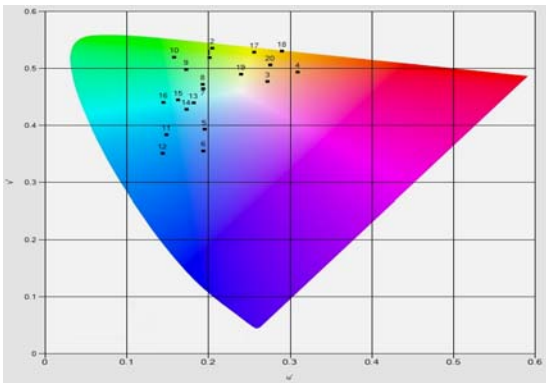


그림 4. 백색종이 배경 Irlen Overlays의 u'v' 색도측정결과
Fig. 4 Measurement results of u'v' chromaticity of Irlen Overlays with white paper background

그림 3과 그림 4에 나타난 Intuitive Overlays와 Irlen Overlays 적용 색도에 대하여 가상 색 오버레이를 구현하기 위하여 내장할 R,G,B 값들을 디스플레이 장치의 이상적인 백색 배경, 갤럭시 탭 10.1과 엑스페리아 아크

의 측정된 백색 배경을 대상으로, 식 (4)에 의하여 추정된 α 값을 식 (3)에 대입하여 계산하였다. 측정된 갤럭시 탭 10.1과 엑스페리아 아크의 백색 배경화면의 RGB 값은 각각 219, 224, 255와 255, 246, 246으로 이상적인 백색 화면의 255, 255, 255와 많은 차이가 있다. 계산 결과 모바일 장치에 대해서는 RGB색으로 구현할 수 없는 값들이 많이 도출되었다.

표 1. Intuitive Overlays의 오버레이 번호와 색 이름
Table. 1 Overlay number and color name of Intuitive Overlays

Overlay No	Single Color	Overlay No	Overlapped Single Color	Overlay No	Overlapped Neighbor Color
1	Yellow	11	Yellow	21	Yellow+ Orange
2	Orange	12	Orange	22	Orange+ Rose
3	Rose	13	Rose	23	Rose+ Pink
4	pink	14	pink	24	Pink+ Purple
5	Purple	15	Purple	25	Purple+ Blue
6	Blue	16	Blue	26	Blue+ Aqua
7	Aqua	17	Aqua	27	Aqua+ Mint
8	Mint Green	18	Mint Green	28	Mint+ Lime
9	Lime Green	19	Lime Green	29	Lime+ Yellow
10	Grey	20	Grey		

표 2. Irlen Overlays의 오버레이 번호와 색 이름
Table. 2 Overlay number and color name of Irlen Overlays

Overlay No	Color Name	Overlay No	Color Name
1	Yellow	11	Aqua
2	Yellow Double	12	Aqua Double
3	Rose	13	Blue Grey
4	Rose Double	14	Blue Grey Double
5	Purple	15	Turquoise
6	Purple Double	16	Turquoise Double
7	Grey	17	Golden Rod
8	Grey Double	18	Golden Rod Double
9	Green	19	Peach
10	Green Double	20	Peach Double

즉 계산 결과가 0보다 작거나, 255보다 큰 값들은 RGB 색으로 구현할 수 없다. 이 경우에는 구현 가능한 색도가 나올 때까지 α 값을 0.01씩 증가시켰다. 필름 색 오버레이를 적용하였을 때, 광과민성 증상을 완화시키는 역할을 색도가 좌우하기 때문에 투과율보다 색도가 중요하기 때문이다. 또한 필름 색 오버레이의 광학적 특성에 의한 α 값 추정이 완벽하다 할지라도, 그 선택은 주어진 필름 오버레이에 대한 최적의 선택일 뿐, 가상 색 오버레이에서 제공할 수 있는 모든 색과 α 값의 조합에 대한 최적은 아니다. 따라서 필름 색 오버레이에 광학적 특성을 반영한 α 값 추정은 임상적 색 선택을 위한 가상 색 오버레이의 초기 값을 제공하는데 더 의미가 있다.

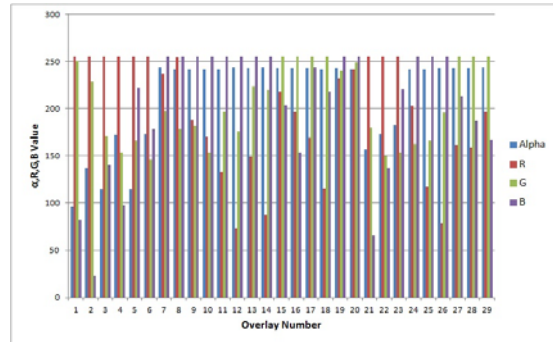


그림 7. 백색 배경 엑스페리아 아크의 Intuitive Overlays에 대한 가상 색 오버레이의 α 와 원 R,G,B
 Fig. 7 Alpha and Source R,G,B of Virtual colored overlays for Intuitive Overlays with Xperia Arc white background

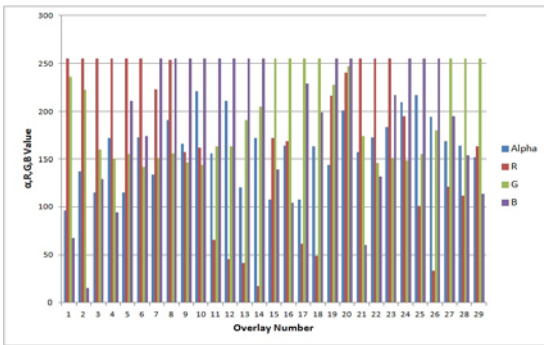


그림 5. 이상적 백색 배경의 Intuitive Overlays에 대한 가상 색 오버레이의 α 와 원 R,G,B
 Fig. 5 Alpha and Source R,G,B of Virtual colored overlays for Intuitive Overlays with ideal white background

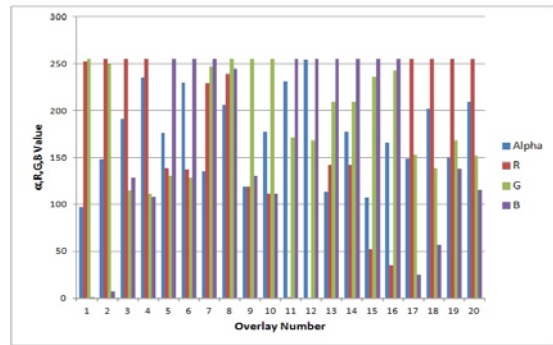


그림 8. 이상적 백색 배경의 Irlen Overlays에 대한 가상 색 오버레이의 α 와 원 R,G,B
 Fig. 8 Alpha and Source R,G,B of Virtual colored overlays for Irlen Overlays with ideal white background

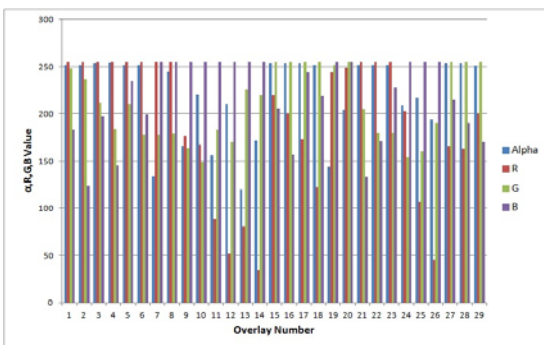


그림 6. 백색 배경 갤럭시 탭 10.1의 Intuitive Overlays에 대한 가상 색 오버레이의 α 와 원 R,G,B
 Fig. 6 Alpha and Source R,G,B of Virtual colored overlays for Intuitive Overlays with Galaxy Tab 10.1 white background

이상적인 백색 화면, 갤럭시 탭 10.1과 엑스페리아 아크의 백색 배경화면을 대상으로 Intuitive Overlays의 가상 색 오버레이를 구현하는데 필요한 α 값과 RGB 값을 그림 5, 그림 6, 그림 7에 각각 표시하였다. 이 그림들에 나타난 α 값들은 다른 값들과의 크기 차이 때문에 그래프에서 확인할 수가 없어, 255를 곱하여 표시하였다. 이상적인 백색 화면에 대해서는 추정된 α 값을 만족하는 RGB 원색이 모든 색 오버레이에 대하여 존재하였다. 그러나 그림 7과 그림 8에서 보듯이 갤럭시 탭 10.1과 엑스페리아 아크의 경우, 구현은 가능하지만, 색도를 만족시키는 α 값이 1에 가까워 오버레이를 통하여 볼 수 있는 내용이 뚜렷이 보이지 않는 비실용적인 오버레이가 각각 전체 오버레이 색의 58.6%, 69%를 점유

하였다. 따라서 이 두 기기에 대해서는 백색 종이에 적용된 필름과 동일한 색도를 갖는 실용적인 Intuitive Overlays의 가상 색 오버레이를 구현할 수 없다. 이 문제는 해당 장치의 백색 화면의 왜곡 때문에 발생한 것으로, 디스플레이 장치에 대한 색 보정을 수행한다면 해결될 수 있다.

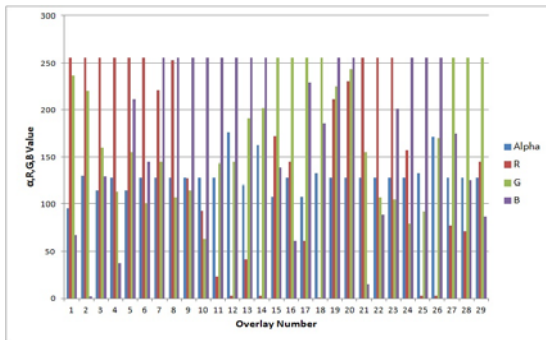


그림 9. 이상적 백색배경을 갖는 Intuitive Overlays에 대한 가상 색 오버레이의 기준 α 와 R,G,B 값

Fig. 9. Reference Alpha and Source R,G,B of Virtual colored overlays for Intuitive Overlays with ideal white background

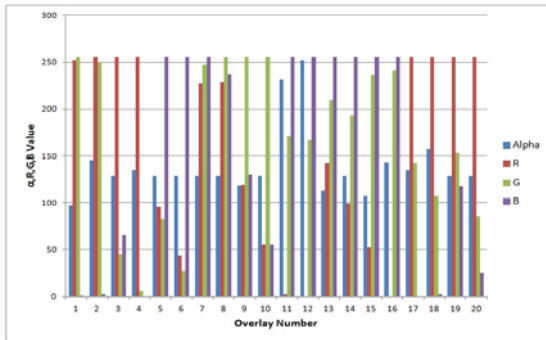


그림 10. 이상적 백색배경을 갖는 Irlen Overlays에 대한 가상 색 오버레이의 기준 α 와 R,G,B 값

Fig. 10 Reference Alpha and Source R,G,B of Virtual colored overlays for Irlen Overlays with ideal white background

동일한 과정으로 Irlen Overlays의 이상적인 백색 배경에 가상 색 오버레이를 구현하는데 필요한 α 값과 RGB값을 그림 8에 표시하였다. 이상적인 백색 배경에서도 Irlen 오버레이의 경우 Aqua 색을 중첩시킨 경우 α 값이 0.99로 계산되어 오버레이의 기능이 없어져 버렸

다. 단일한 Aqua 색의 경우 주어진 α 값 0.745보다 큰 0.910의 α 값을 만족하는 RGB색이 존재하였고, 이 경우 오버레이로서 기능은 가능하지만, 실용적이진 않다. 두 색 이외의 색에서도 비교적 큰 α 값들이 존재하여 배경의 선명도를 떨어뜨리는 오버레이들이 존재하였다.

갤럭시 탭 10.1과 엑스페리아 아크의 경우, Intuitive Overlays용과 마찬가지로 α 값이 0.9를 훨씬 넘는 오버레이가 각각 65%씩 발생하였다. 실제로 IT기기의 디스플레이 장치는 백색 원점의 차이뿐만 아니라, 모든 색도에서 왜곡이 존재하며, 실제 구현하였을 때 이상적인 색도와 구현된 색도의 차이를 정량적으로 예측할 수는 없다.

α 값은 가능한 한 오버레이를 통하여 보는 내용이 명확하게 보이도록 지정되어야 한다. 정상적인 시각과 광과민성 증상이 없는 20대 3인이 시각적 관능검사를 하여 필름 색 오버레이와 가상 색 오버레이의 색과 선명도를 비교하였다. 컴퓨터화면에 필름 오버레이와 가상 색 오버레이를 적용하여 보면 시각적으로 필름오버레이의 선명도가 가상 색 오버레이보다 우수하였다. 시각적 관능검사에서 가상 색 오버레이의 선명도를 높이면서 백색 화면의 영향력을 줄이는 데는 α 값을 0.5 정도로 설정하는 것이 적절하였다. α 값을 너무 낮추면 디스플레이 장치의 백색 화면 왜곡의 영향이 커지고, 너무 높이면 오버레이를 통하여 보는 배경의 선명도가 떨어지는 문제점이 발생한다. 적절한 α 값 선택을 위하여 식 (4)에 의하여 계산된 α 값이 0.3보다 큰 경우에는 α 값을 0.3부터 시작하여 식 (3)을 만족하면서 구현 가능한 R, G, B 값과 α 값을 산출하도록 시뮬레이션을 수행하였다. 이들 R,G,B 값과 α 값의 조합은 사용자가 선명도와 시각적 편안함을 기준으로 임상적으로 선택하도록 하는 것이 타당하다. 일반적으로 포화도를 조절하면 기준이 현재의 포화도가 되므로, 당연히 R,G,B 값이 변화하고, CIE-Luv값도 변화한다. 본 논문에서는 필름 오버레이에서 측정된 색도(CIE-Luv 값)를 유지하면서 포화도가 변화된 R,G,B 값과 α 값의 조합을 찾아서 제시하였다. Wilkins의 Intuitive Colorimeter를 사용한 최적 색 조정 프로시저에서도 선명도와 편안함을 위해서는 최소의 포화도(saturation)를 얻는 것이 중요하다는 것을 강조하고 있다[12-13]. 포화도는 단색광에 가까울수록 증가하며, 이론적으로 백색 화면을 적게 혼합할수록, 즉 α 값을 작게 할수록 증가할 것이다.

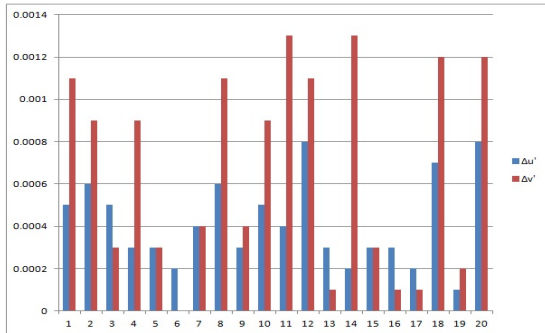


그림 11. Irlen Overlays에 대한 가상 오버레이의 밝고 어두운 환경에서의 u'와 v'의 차이

Fig. 11 Difference of u' and v' between gloomy(3.9 lx) and light(104 lx) condition in virtual overlays for Irlen Overlays

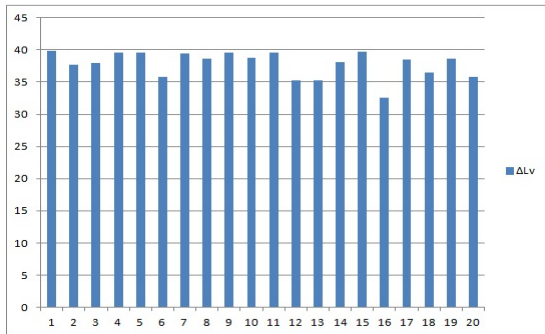


그림 12. Irlen Overlays에 대한 가상 오버레이의 밝고 어두운 환경에서의 L차이

Fig. 12 Difference of L between gloomy (3.9 lx) and light (104 lx) condition in virtual overlays for Irlen Overlays

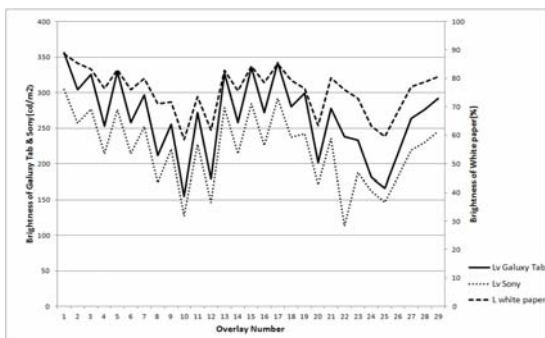


그림 13. 백색종이 배경과 모바일기기의 백색 배경에서의 Intuitive Overlays에서 측정된 밝기

Fig. 13 Measured Brightness of Intuitive Overlays with white paper background and white screen of Mobile devices.

Intuitive Overlays와 Irlen Overlays에 대하여 이상적 백색 배경을 갖는 가상 색 오버레이의 기준 α 값과 원색 R, G, B 값을 각각 그림 9와 그림 10에 표시하였다. 대부분의 오버레이에서 추정된 α 값이 0.5 근처에서 결정되어, 오버레이의 색도와 선명도를 만족하였으나, Irlen Overlays의 Aqua 색과 이중 중첩 Aqua 색의 α 값은 각각 0.91, 0.99만이 산출되었다. 따라서 색도를 필름 색과 근사적으로 지정하지 않는 한 실용적인 가상 색 오버레이를 구현할 수 없다.

주변조명이 가상 색 오버레이의 색도에 미치는 영향을 실험을 통하여 검토하였다. 암실과 명실에서 태블릿 PC인 마이크로소프트사의 서피스(Surface)에 구현된 시험적 Irlen 가상 색 오버레이를 작동하고, 각 오버레이의 색을 색도계로 측정하였고, CIE-Luv좌표계의 u', v'값과 L값의 차이를 각각 그림 11과 그림 12에 표시하였다. 실제 조명의 차이가 약 100 lx차이로, 암실에서 명실에 비하여 CIE-Luv좌표의 u'와 v'가 평균 0.00041, 0.00064 만큼 증가하지만, 색도의 차이를 인식할만한 변화는 아니다. 그림 12에서 보듯이 명실에서 측정된 데이터의 밝기가 암실에 비하여 평균 37.8395(표준편차 2.0059)만큼 증가하여 주변조명 밝기가 디스플레이 장치의 색도 밝기에 주로 영향을 미친다고 볼 수 있다. Wilkins는 Colorimeter를 사용한 실험에서 최적 색에서 CIE-Luv좌표로 색차이가 100 이상 차이가 나는 색은 읽기속도 증가에 거의 도움이 되지 않는다고 하였다 [14]. 실험결과로 보아 주변조명의 밝기가 200 lx이상의 차이가 아닌 경우에는 가상 색 오버레이의 효과는 유지된다고 추정된다.

필름 색 오버레이를 독서에 사용할 때 백색 종이를 배경으로 사용하는 경우가 많아, 이의 특성을 가상 색 오버레이에 구현하려 하였다. 오버레이의 IT기기의 백색 배경에서의 밝기와 백색 종이 배경에서의 밝기를 광원 D65환경에서 측정된 결과를 그림 13에 표시하였다. IT기기에서의 백색 배경의 밝기는 색도계로 측정된 밝기로, IT기기에서 나오는 빛을 주변조명을 가능한 차단한 암실환경에서 측정된 한 것이며, 밝기의 단위는 cd/m^2 이다. 그러나 백색 종이 배경의 필름 오버레이의 밝기는 분광측색계를 사용하여 측정된 것으로 계측기의 D65광원에서 나온 빛이 반사된 것을 측정된 것으로, 광원의 밝기를 100으로 하였을 때, 반사된 빛의 비율을 %로 나타낸 것이다. 따라서 두 값을 절대적으로 비교할

수는 없다. 갤럭시 탭이 엑스페리아 아크보다 밝으며, IT기기에서의 색이 백색 종이 배경의 필름 색에 비하여 시각적으로도 다른 색으로 느낄 정도로 밝아, 백색 종이 배경의 필름 색이 짙게 느껴진다. 그 차이는 IT기기의 디스플레이 장치의 밝기가 D65 광원의 밝기보다 크고, 광원의 스펙트럼이 D65광원과 다르기 때문에 발생하는 것으로 추정된다. 따라서 색도를 정확히 구현한다 해도 구현된 색도는 종이 배경의 필름 오버레이에 비하여 매우 얇게 표현되어, α 값(투명도)이 잘못 추정된 것처럼 느끼게 된다.

밝기가 증가하면 색의 포화도가 증가하는 Hunt effect[15]가 발생하며, 시각적으로는 Chroma 적응[16]이 발생할 것이다. 필름 오버레이를 투과모드에서 측정 한 색도 역시 주변조명을 차단하고, 광원을 D65로 하여 측정하여, 밝기가 반사모드에서 백색 종이 배경에서 측정한 것과 유사하였다. 따라서 컴퓨터나 IT기기 화면에 필름 색 오버레이를 부착하여 적용하거나, 처방받은 색 렌즈를 착용하고, IT기기를 사용할 경우, 일반 책자에서와 동일한 효과를 볼 수 없을 수 있다. Wilkins가 지적한 최적 색도와의 차이가 CIE-Luv 좌표로 100이 넘을 수 있기 때문이다.

IV. 결 론

본 논문에서는 실제 필름 오버레이에서 측정된 투과율과 색도를 사용하여 sRGB값을 계산하였다. sRGB값과 투과율을 사용하여 이상적 백색 화면에 대한 가상 색 오버레이의 투명도(α 값)를 추정하고 색도를 지정하였다. 실제 필름 오버레이를 가상 색 오버레이의 모델로 사용하는 것은 수십년간 임상적으로 검증된 색들의 조합에 대하여 사용자의 선택이 이루어지도록 하여 선택의 종류를 제한시켜 빠른 시간 내에 자신의 증상을 완화시키는 색을 선택하도록 할 수 있고, 이미 필름 오버레이나, 색 렌즈를 처방받아 사용하는 사용자의 편의성을 향상시키는 장점이 있다.

컴퓨터의 알파 블렌딩 알고리즘을 사용하여 가상 색 오버레이의 원 색도를 CIE-Luv좌표계로 계산한 결과 데스크탑 컴퓨터의 LCD 디스플레이 장치, 갤럭시 탭 10.1, 엑스페리아 아크 모두에서 구현이 가능하였고, 색도를 만족하는 다수의 α 값과 RGB값의 조합이 발생하

였다. 이 조합에서 배경의 선명도와 눈의 시각적 편안함을 기준으로 사용자가 적합한 하나의 조합을 임상적으로 선택할 수 있다. 즉 색도를 유지한 채 색 포화도를 선택할 수 있다. 추정된 α 값은 가상 색 오버레이의 초기 값을 설정하는데 의의가 있으며, 그 값이 너무 커 배경의 선명도를 떨어뜨리는 경우에는 0.5 근처에서 색도를 만족시키는 α 값을 초기 값으로 설정하는 것이 실용적일 것으로 판단된다. 실제적 백색 배경을 적용한 갤럭시 탭 10.1, 엑스페리아 아크에서는 색도를 만족시키는 α 값이 0.9를 넘어 오버레이를 통하여 보는 배경 내용이 뚜렷이 보이지 않는 비실용적인 오버레이가 각각 58.6%, 69%이었다. 이보다 낮은 α 값에 대해서는 음수나 255를 넘는 구현 불가능한 RGB 값이 산출되었다. 따라서 이 두 기기에 대해서는 백색 화면을 보정하지 않고는 백색 종이에 적용된 필름과 동일한 색도를 갖는 실용적 가상 색 오버레이를 구현할 수 없다.

주변조명이 가상 색 오버레이에 미치는 영향을 가상 색 오버레이의 주변조명을 제어하며, 색도를 측정하는 방법으로 조사하였다. 주변조명은 형광등을 사용하였다. 3.9 lx의 암실에서 측정한 색도는 CIE Luv 좌표로 104 lx의 명실에 비하여 u'와 v'가 평균 0.00041, 0.00064 만큼 증가하지만, 색도의 차이를 눈으로 인식할만한 변화는 아니다. 명실에서 측정한 데이터의 밝기가 암실에 비하여 평균 37.8395(표준편차 2.0059)만큼 증가하여 주변조명 밝기가 디스플레이 장치의 색도 밝기에 주로 영향을 미친다고 볼 수 있다. 주변 조명의 영향을 좀 더 명확히 하기 위해서는 주변조명의 밝기를 더 큰 범위에서 변화시키는 추가적 실험이 필요하다.

백색 종이에 대한 필름 오버레이와 가상 색 오버레이의 차이점은 구현 환경의 차이이며, 동일한 색도를 유지하여도 색의 밝기차이가 시각적으로 구별할 수 있을 만큼 크다. 이러한 현상은 색 렌즈나 필름 오버레이를 컴퓨터 화면에 적용하여도 유사한 결과를 얻는다. 그럼에도 불구하고 백색 종이에 필름오버레이를 사용한 검사방법에서 얻어진 최적 색이 IT기기에서도 동일한 효과를 갖는 것인지에 대한 임상적 검증이 필요하다.

REFERENCES

[1] Collier's Encyclopedia, Macmillan Educational Company, pp119,462,1991.

[2] The Irlen Institute, Where the Science of Color Transforms Lives, [internet]. Available : <http://irlen.com/published-research/>

[3] Steffert Beverley, "Quantitative EEGs of visual dyslexics with coloured glasses under various lighting conditions", *6th British Dyslexia Association. Int. Conf.*, 2004.

[4] Y. G. Jang, "Optical analysis of film Colored Overlay for people with Scotopic Sensitivity Syndrome", *J. Korean Oph. Opt. Society*, vol. 17, no. 4, pp. 425-433, 2012.

[5] aardwearing, aaLuminate [Internet]. Available: <http://www.aardwearing-software.com/aaLuminate/Welcome.html>

[6] A.J. Wilkins, R.J. Jeanes, P.D. Pumfrey and M. Laskier, "Rate of reading test: its reliability, and its validity in the assessment of the effects of coloured overlays", *Ophthalmic and Physiological Optics*, vol. 16, pp. 491-497, 1996.

[7] J.W. Evans Bruce and R. Joseph, "The effect of coloured filters on the rate of reading in adult student population", *Ophthalmic & physiological Optics*, vol. 22, pp. 535-545, 2002.

[8] S. H. Park and Y. G. Jang, "The Assessment using Colored Overlay for Dyslexic Learning Disorder having Visual Information Processing Deficit", *The Journal of Special Education: Theory and Practice*, vol. 8, no. 4, pp. 313~336, 2007.

[9] I. J. Kenneth. (2014, January). Alpha Blending for Visualization Applications. [internet] available: <http://graphics.cs.ucdavis.edu/~joy/ecs277/other-notes/Alpha-Blending.pdf>

[10] Y. G. Jang, H. I. Choi and C. Y. Yeon, "A Study of Virtual Colored Overlay for Dyslexics" *The KIPS Transactions: Part B*, Vol. 16-B, No.3, pp215-224, Jun. 2009.

[11] G. S. Yi, "A Study on the Saving of Electric Power Consumption for the Illumination Offices and Classrooms", Master Thesis, Seoul National University of Technology, Seoul, 2008.

[12] A. Wilkins, *Reading Through Colour*, 1st Ed. New York: John Wiley & Sons Ltd., pp. 97-99, 2003.

[13] A. Wilkins, M. I. Nimmo-Smith and J. Jansons, "A colorimeter for the intuitive manipulation of hue and saturation and its application in the study of perceptual distortion", *Ophthalmic and Physiological Optics*, vol. 12, pp. 381-385, 1992.

[14] A. Wilkins, J. Huang and Y. Cao, "Visual stress and its application to reading and reading tests", *Journal of Research in Reading*, vol. 27, no. 2, pp. 152-162, 2004.

[15] N. Matsushiro and N. Ohta, "Consideration on Hunt Effect based on maximum color separation model", *2nd European conference on colour graphics, imaging and vision*, pp.83-85, 2004.

[16] N. Moroney, M.D. Fairchild, R.W.G. Hunt and C. Li, "The CIECAM02 color appearance model", *IS&T/SID 10th color imaging conference*, pp. 23-27, 2002.



장영건(Young-Gun Jang)

청주대학교 컴퓨터정보공학과 교수
 ※ 관심분야 : 보조공학, 생체정보처리, 지능제어, 웹정보시스템



박찬곤(Chan-Khon Park)

청주대학교 컴퓨터정보공학과 교수
 ※ 관심분야 : 인공지능, 자연어처리, 멀티미디어