

Implementation of Mobile Virtual Colored Overlay for People with Scotopic Sensitivity Syndrome

Jang Young Gun[†]

ABSTRACT

A film colored overlay has been used as an assistive device for dyslexics, Recently, several virtual colored overlays which can be used in computer were developed. But mobile virtual overlay has not been developed yet.

In this paper, I implemented a mobile overlay application which is based android operating system and displays a colored overlay of screen all the time while user can freely interact with rest of apps in normal manner by using root window and service. A method is presented to determine the source color of a virtual overlays by estimating alpha value of alpha blending algorithm through measurement of the chromaticity and transmissivity of film overlays and I implemented all colors which are presented by using Intuitive Overlays. Test results of the developed virtual overlay show that all colors of the overlays are almost identical to the colors of Intuitive Overlay by using the chroma meter CS-200A.

Keywords : Scotopic Sensitivity Syndrome, Virtual Colored Overlay, Mobile Environments, Alpha Value Estimation, Control An Overlapped App

광과민성 증후군자를 위한 태블릿 PC와 스마트폰 용 가상 색 오버레이 구현

장 영 건[†]

요 약

색 오버레이는 광과민성 증후군의 증세를 완화시키는 보조도구로 사용되어 왔다. 최근에 컴퓨터에서 사용할 수 있는 몇 종의 가상 색 오버레이가 개발되었으나, 모바일 환경에서 사용할 수 있는 것은 발표된 바 없다.

본 논문에서는 안드로이드의 최상위 윈도우를 활용하여 가상 색 오버레이를 이동시키지 않고 겹쳐진 앱이나 화면을 제어할 수 있는 모바일 용 가상 색 오버레이를 구현하였다. 분광측색계를 이용하여 필름 오버레이의 색도 정보와 투과율을 측정하여 가상 색 오버레이에 적용할 색상 정보를 추정하는 방법을 제안하였고, Intuitive Overlays에서 표현하는 모든 색상을 구현하였다. 시험 결과 기존의 필름 오버레이를 사용한 것과 동일한 효과를 얻었다.

키워드 : 광과민성 증후군, 가상 색 오버레이, 모바일 환경, 색상 정보 추정, 겹쳐진 앱 제어

1. 서 론

2010년 12월 방송통신위원회에서 한국형 웹 접근성 지침 2.0[1]을 표준으로 제정하였고, 2011년 9월에는 행정안전부에서 모바일 애플리케이션 접근성 지침[2]을 고시로 발표하였다. 이 지침들에는 공통적으로 광과민성 발작 장애에 대한 지침이 추가되었고, 이 증상을 갖는 사용자들이 쉽게 접근할 수 있는 웹 콘텐츠를 구축하는데 필요한 방법들을 소개

하고, 이를 의무화하고 있다. 그러나 검사항목에는 초당 3-50 Hz 주기로 깜박이거나 번쩍이는 콘텐츠를 제공하지 않는 것으로 한정하고 있어, 시각적 스트레스, 시각적 편두통자와 같은 비교적 경증의 광과민성 증후군자에 대한 고려는 하지 않고 있다. 광과민성 증후군의 증상은 Fig. 1과 같이 선들의 번짐, 선들이 떠다니는 현상, 선들이 지그재그로 엇갈리는 현상과 같은 시각적 왜곡과 어지럼증과 메스꺼움과 같은 시각적 불편으로 분류할 수 있으며, 읽기장애를 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 모바일기기

[†] 정 회 원 : 청주대학교 컴퓨터정보공학과 교수

논문접수 : 2012년 10월 30일

수정일 : 1차 2012년 12월 20일

심사완료 : 2013년 1월 14일

* Corresponding Author : Jang Young Gun(ygjang@cju.ac.kr)

보정한 다음, 오버레이 필름을 장치의 수광부 입구에 위치시키고, 좀 더 우툴두툴한 면(시각 면)으로 광을 투과시켜 오버레이의 색(CIE-L*u'v')과 투과율을 측정하였다.

측정된 색의 값을 CIE-L*u'v'→XYZ→RGB로의 변환[11] 과정을 거쳐 RGB 색상 값으로 변환하였다. 단, 밝기 정보는 실제 구현되는 장치에 따라 변하므로, Y 값이 1일 때를 기준으로 변환하였다. XYZ좌표계에서 RGB좌표계로 변환할 때, RGB좌표 중 255를 넘는 값이 일부 색상에서 발생하였다. 이 경우 RGB값의 최대치로 전체 RGB 색상을 스케일링하는 방법과 255값을 초과하는 만큼 전체 RGB값을 줄여주는 방법[11]이 있다. 두 방법으로 산출된 RGB값을 역변환하여 Lu'v' 값을 산출한 결과, 최대값 스케일링 방법이 측정된 Lu'v' 값에 더 근사한 값을 얻을 수 있었다. 본 논문에서는 최대값 스케일링 방법을 사용하였다. RGB 색상은 Wilkins의 Intuitive Overlays의 RGB 색상으로 가상 색 오버레이에 알파 블렌딩을 적용하여 오버레이 효과를 구현하였을 때 나타날 색상 정보이다. 실제 필요한 RGB 정보는 알파 블렌딩을 적용하기 전의 원(Source) 색상 정보가 필요하며, 이는 알파 블렌딩 알고리즘을 역변환하여 구하였다.

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

식 (1)은 알파 블렌딩 알고리즘으로써, S는 전경이 되는 원(source)색, B는 배경(background)색, a는 투명도(transparency)를 나타내며, 투명도는 0.0 ~ 1.0사이의 숫자로 표현된다. 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.

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

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

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

원 색상 정보 S를 구하기 위해 B의 값은 백색 배경을 나타내는 0xFF를 적용하였다. a 값은 0에 가까울수록 투명함을 나타내므로 분광측색계를 이용하여 측정된 투과율 t와는 역관계를 갖는다. 각 색상에 적용할 a 값은 식 (4)를 이용하여 추정하였다.

$$a = (100 - t) / 100 \tag{4}$$

원 색상 S_r, S_g, S_b 중에 하나의 계산 결과가 음수(-)인 경우는 색을 표현할 수 없으므로 0x00으로 대체하고, 나머지 색 요소에 음수 값의 절대 값의 반을 더하였다. 이 방법은 시각에 의존하여 해당 색의 필름 오버레이를 컴퓨터 백색배경 화

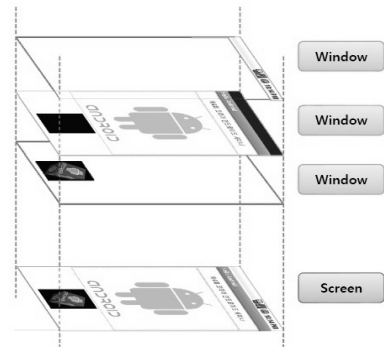


Fig. 3. Example of Android screen composed by multiple windows

면에 겹쳐 놓았을 때와 유사한 색을 고르는 과정에서 실험적으로 선택한 방법이다. 예를 들어, S_r 값이 -74일 경우 S_g 와 S_b 값을 구할 때 74의 절대 값을 2로 나누어 각각에 더하여 결과 값을 산출하였다. 색을 표현하는데 있어, RGB좌표계가 선형적이지는 않다. 그럼에도 불구하고, S_r 값이 -74라는 것은 R 성분이 74만큼 적어야 한다는 것을 의미하는데, R 성분의 최소 표현 값은 0이므로 74만큼 적음을 표현할 수 없다. 따라서 다른 성분, 즉 G, B 성분인 S_g, S_b 값을 74/2 만큼 증가시킴으로써 비슷한 효과가 나타나도록 하였다.

구현된 가상 색 오버레이는 기존의 가상 색 오버레이에 비하여 광학적 특성이 보다 필름 색 오버레이와 유사하게 되었다. Table 1과 같이 10가지의 단일 색과 단일 색의 중첩에 의한 10가지 색상과 인접 색의 중첩을 통한 9가지의 색상을 사용하여 단일 색만을 사용하는 기존 가상 오버레이보다 오버레이 색상의 선택에 있어 좀 더 세밀한 선택이 가능하며, Wilkins의 Intuitive Overlays가 제공하는 모든 색을 만족한다.

Table 1. Implemented Colors of the Virtual Overlays

Single color	Single color overlapped	Neighbor color overlapped
Yellow	Double strength yellow	Yellow-orange overlapped
Orange	Double strength orange	Orange-rose overlapped
Rose	Double strength rose	Rose-pink overlapped
Pink	Double strength pink	Pink-purple overlapped
Purple	Double strength purple	Purple-blue overlapped
Blue	Double strength blue	Blue-aqua overlapped
Aqua	Double strength aqua	Aqua-mint overlapped
Mint	Double strength mint	Mint-lime overlapped
Lime	Double strength lime	Lime-yellow overlapped
Grey	Double strength grey	

3. 설계 및 구현

안드로이드 운영체제에서 가상 색 오버레이의 운용 요구 사항은 첫째, 초기에 선택된 오버레이의 색상은 항상 어떤 화면에서도 공통적으로 작동하여야 하며, 둘째 가상 색 오버레이는 시각적 효과를 제외하고는 적용 대상 스마트폰이나 태블릿 PC에서 동작하는 모든 화면과 앱의 사용자 인터페이스에 영향을 주어서는 안되며, 셋째 상황에 따라 선택된 색상을 변경할 수 있어야 한다.

윈도우즈 운영체제와 달리 안드로이드 운영체제에는 포그라운드(foreground) 애플리케이션이 하나이며, 해당 애플리케이션의 화면 상태는 상태줄을 제외한 전체 스크린을 차지한다. 사용자가 애플리케이션을 실행시키면 포그라운드에서 실행되며, 사용자는 다른 애플리케이션을 호출하거나, 같은 애플리케이션 내의 다른 화면을 호출할 수 있다[12]. 이 모든 프로그램과 화면은 시스템의 액티비티 매니저에 의하여 애플리케이션 스택에 저장된다. 가상 색 오버레이는 어떤 화면이나 애플리케이션의 실행중에서도 지속적으로 화면에 나타나야 하므로 포그라운드 작업을 필수적으로 사용하는 액티비티로 구현할 수 없다. 서비스는 사용자와의 직접적인 상호작용 없이 배경에서 실행되는 작업이다. 따라서 가상 색 오버레이를 서비스로 구현하면 화면이나 애플리케이션의 사용자 인터페이스에 영향을 주지 않고 작동시킬 수 있다.

본 연구에서는 항상 작동하면서 현재 작동되는 애플리케이션의 상호작용에 영향을 주지 않기 위하여 서비스를 이용하였고, 스크린에 사용되는 최상위 윈도우에 가상 색 오버레이를 구현하였다. 가상 색 오버레이 서비스를 실행하거나 중지시키는 기능은 액티비티로 구현하였다. 최초로 이 애플리케이션을 사용할 때는 자신에게 적합한 색 선택을 한 후에 그 색이 구현된 오버레이 서비스를 사용하여 작동시켜야 한다. 안드로이드는 다중의 윈도우를 허용한다. 안드로이드에서 스크린에 나타나는 윈도우가 어떻게 표현되는지를 Fig. 3에 표시하였다.

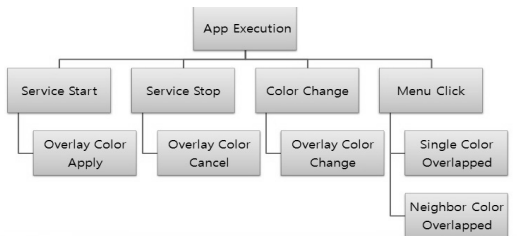


Fig. 4. Functional configuration of virtual overlays App

그림에 나타난 것처럼 백그라운드 서비스를 통하여 최상위 윈도우에 오버레이를 작동시키면, 사용되는 화면이나 앱에 관계없이 항상 오버레이가 스크린에 나타난다. 생성된 오버레이를 최상위 윈도우에 넣으면서, 사용자의 터치를 오버레이를 통해 보이는 화면에 전달하며, 오버레이를 투명하게 유지하기 위하여 Source 1과 같이 윈도우매니저의 레이아웃 매개변수를 설정해 주고, addview메소드를 통하여 오버레이 뷰를 윈도우에 등록시켜야 한다. addview메소드는 후에 manifest와 서비스에서 허가(permission)를 거쳐야 한다. 백그라운드 서비스를 사용할 경우 적용되는 스마트폰이나 태블릿 PC의 메모리의 용량이 구동되는 애플리케이션의 요구에 비하여 충분하지 못할 때, 운용체제에서 서비스를 강제 종료시킬 수 있다. 이를 방지하기 위해서는 포그라운드 서비스를 사용하여야 한다. 포그라운드 서비스에서 현재 작동중임을 Notification(안드로이드 화면 상단의 상태바)을 통해 표시해 주면, 사용자가 해당 Service가 현재 작동중임을 확인할 수 있고, 필요한 경우 운용체제에서 명시적으

로 종료 할 수 있도록 보장한다. 포그라운드 서비스를 시작하는 방법은, Service 클래스의 내부 메소드인 startForeground, stopForeground를 사용한다.

```

Source 1
WindowManager.LayoutParams params = new WindowManager
    .LayoutParams(
        WindowManager.LayoutParams.TYPE_SYSTEM_OVERLAY,
        WindowManager.LayoutParams.FLAG_WATCH_OUTSIDE_TOUCH,
        PixelFormat.TRANSLUCENT);
WindowManager wm = (WindowManager) getSystemService(WINDOW
    _SERVICE);
wm.addView(overlay, params);
    
```

본 논문에서 구현한 가상 색 오버레이 앱의 기능적 구성도는 Fig. 4와 같다. 기본 색의 선택을 위해서는 color change에서 색상을 변경하며, 색의 중첩이 필요한 경우 메뉴를 클릭하여 단일 색 중첩이나, 인근 색 중첩을 이용할 수 있다. 색의 선택이 끝나면 서비스 시작(service start)를 눌러 해당 색 오버레이를 백그라운드 애플리케이션에 할당한다.

4. 시험 및 결과

구현된 가상 색 오버레이 색도의 타당성 검증을 위하여 디스플레이장치의 백색 배경 화면에 가상 색 오버레이를 적용한 것에 대한 색도 측정 결과 값과 분광측색계를 사용하여 필름 색 오버레이에 광을 투과시켜 얻은 색상 값을 비교하였다. 색도 측정은 Konica Minolta사의 CS-200란 휴대용 색도계(Chroma meter)를 사용하였고, 투과광 측정은 Konica Minolta사의 CM-3600d를 사용하였다. 사용된 스마트폰은 소니사의 엑스페리아 아크이며, 태블릿 PC는 삼성전자의 갤럭시 탭 10.1이다. CS-200은 밝기와 색도를 측정할 수 있으며, 온도 23℃±2℃, 상대습도 최대 65%에서 150cd/m²일 때, 밝기 정밀도는 ±2%±1 digit이며, 색도 정밀도는 L_{xy}좌표로 ±0.002이다. CS 200의 초점거리는 296mm~무한대이기 때문에 화면의 색도를 측정할 때 LCD화면과의 거리는 60cm로 한정하였다. 실제 측정에서는 주변 조명을 모두 끄고, 모든 빛을 차단한 후에 실시하였다.

분광측색계를 사용하여 투과된 필름 오버레이의 Lu'v'좌표를 Fig. 5에, 엑스페리아 아크 스마트폰과 갤럭시탭 10.1에 대하여 색도계를 사용하여 측정된 가상 색오버레이의 Lu'v'좌표를 Fig. 6과 Fig. 7에 각각 표시하였다. 그림에 나타난 번호는 각 오버레이 샘플의 번호이며, 1-10은 단일색, 11-20은 단일 중첩색, 21-29는 인접 중첩색 번호이다. 갤럭시 탭 10.1은 백색 배경이 약한 연보라 색을 띠며, 화면밝기는 백색 배경에서 394 cd/m²으로, 엑스페리아 아크의 359 cd/m²보다 밝았다. 전체적으로 갤럭시탭의 경우가 회색을 중심으로 엑스페리아 아크보다 측정좌표들의 값들이 더 넓게 퍼진 것을 확인할 수 있었고, v'값들이 더 작게 측정되었다.

색도의 차이는 밝기 값을 제외한 CIE Lu'v' 좌표값의 차이인 Δu', Δv'이며, 이 값을 식 (5)에 대입하여 차이 값의 전체 크기(ΔEu'v')를 산출하였다. 각 기기별로 29개 오버레이 샘플에 대하여 산출된 ΔEu'v'값을 Fig. 8과 Fig. 9에 표시하였다. 엑스페리아 아크의 경우 대부분의 오버레이에서

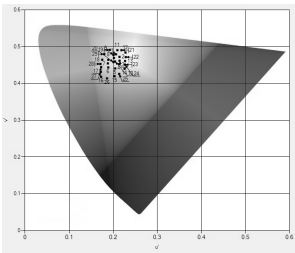


Fig. 5. Measurement results of u'v' chromaticity of Intuitive Overlays

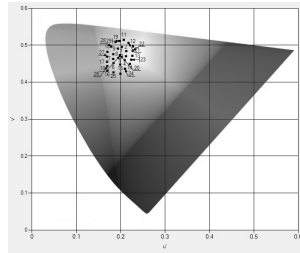


Fig. 6. Measurement results of u'v' chromaticity of Virtual Overlays with white background in Xperia Arc

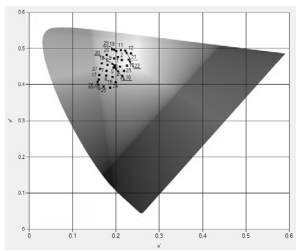


Fig. 7. Measurement results of u'v' chromaticity of Virtual Overlays with white background in Galaxy Tab 10.1

0.015이하의 차이가 나고, 인근 중첩색에서만 주로 큰 차이가 발생한 반면 컬러시뮬의 경우는 핑크와 보라색, 그 색들이 섞인 오버레이들에서 주로 큰 차이를 보였다. 컬러시뮬의 디스플레이는 OLED를 사용하여 백색 배경이 연보라색을 띠는 것과 깊은 관련이 있는 것으로 추정된다. 실제 필름 오버레이와 가상 색 오버레이와의 색 차이($\Delta E_{u'v'}$)의 평균과 표준오차는 소니사의 엑스페리아 아크의 경우 각각 0.02188, 0.006265이며, 컬러시뮬의 경우에는 각각 0.022575와 0.006654로 색상의 차이를 시각적으로 분명히 구별할 만큼 오차가 크지 않았다. 실제 CM3600d의 색채치 재현성은 표준편차가 ΔE^*ab 기준으로 0.02이며, 색도계 CS-200의 색도정밀도는 L_{vxy} 좌표로 ± 0.002 이다. 따라서 측정된 차이는 무시할만한 수준이다.

$$\Delta E_{u'v'} = \sqrt{\Delta u'^2 + \Delta v'^2} \quad (5)$$

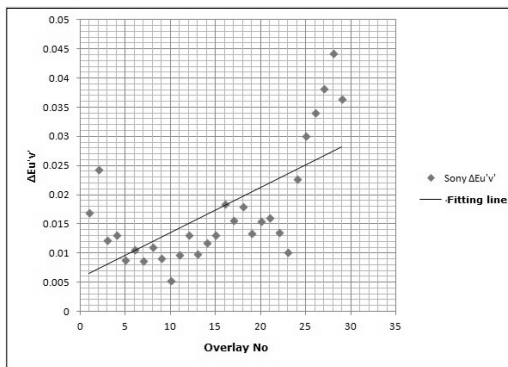


Fig. 8. Difference of chromaticity between Virtual Overlays and Intuitive Overlays in Xperia Arc

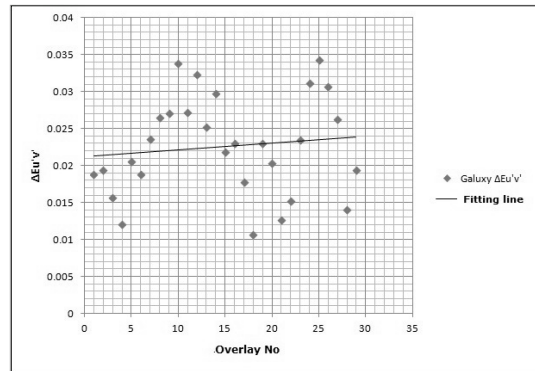


Fig. 9. Difference of chromaticity between Virtual Overlays and Intuitive Overlays in Galaxy Tab 10.1



- (a) : web browser sample without Virtual Overlays
- (b) : web browser sample
- (c) : text message sample
- (d) : graphic game sample

Fig. 10. Application samples of Virtual Overlays

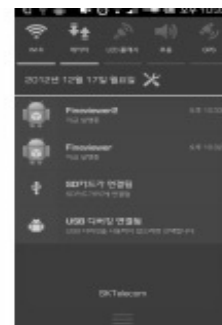


Fig. 11. Status screen of Fineviewer App. using foreground service (yellow) and Fineviewer2 App. using foreground service(orange)

구현된 가상 색 오버레이 앱을 스마트폰에 적용한 예를 Fig. 10에 표시하였다. 오버레이가 백그라운드로 작동하여, 현재 작동시키는 앱에 전혀 영향을 미치지 않고 작동하였다. 다른 앱이 스마트폰이나 태블릿 PC에서 사용될 때, 가상 색 오버레이와의 서비스 충돌이나 서비스의 종료를 방지하기 위하여 가상 색 오버레이를 포그라운드 서비스로 구현하여 시험하였다. 가상 색 오버레이 애플리케이션을 두 개로 만들어 구동시키고, 하나의 앱에서는 오렌지색 오버레이를, 다른 앱에서는 노란색 오버레이를 선택하게 하였다. 두 애플리케이션은 각각 다른 앱에서 실행되는 것을 확인하였다.

플리케이션은 모두 Fig. 11의 Fineviewer와 Fineviewer2와 같이 중지 없이 동작하였다. 그러나 스크린의 최상위 윈도우를 두 앱이 모두 사용하므로 화면에서는 노란색과 옐로우 색이 중첩되어 나타났다. 따라서 다른 앱에서 스크린의 최상위 윈도우를 사용하는 경우, 가상 색 오버레이와 중첩된 스크린을 보게 될 것이다.

5. 결 론

본 연구에서는 안드로이드 운영체계를 사용하는 스마트폰이나 태블릿 PC에서 사용할 수 있는 가상 색 오버레이 앱을 구현하였다. 이 앱은 한국형 웹 접근성 지침 2.0과 모바일 애플리케이션 접근성 지침에서 규정한 광과민성 발작과 같은 광과민성 증후군의 증세를 완화시키거나 제거하는데 효과가 있다. 자세한 색 표현을 위하여 기존의 필름 오버레이에서 사용되는 단일 색, 단일 색 중첩, 인접 색 중첩을 모두 구현하였다. 가상 오버레이의 정확한 원 색도와 알파 값을 결정하기 위하여 분광측색계를 사용하여 기존의 필름 오버레이인 Intuitive Overlays의 색 정보와 투과율을 측정하고, 투과율과 알파 값의 관계 설정을 통하여 가상 색 오버레이에 적용할 알파 값을 추정하고, 색 변환과 비선형 색 지정을 통하여 오버레이의 원 색도를 결정하여 가상 색 오버레이를 구현하였다. 색도계를 사용하여 스마트폰과 태블릿 PC의 디스플레이에서 가상 오버레이의 색도를 측정할 결과 필름 오버레이를 사용한 경우와 거의 일치하였다. 구현한 가상 색 오버레이를 문자메시지 작성창, 웹 브라우저, 그래픽 객체를 포함한 게임 등에 적용하여 잘 동작함을 확인하였다. 다만 동영상의 경우에는 작동되지 않았다.

구현된 오버레이는 컴퓨터 게임과 같이 그래픽 객체를 마우스로 조작하는 응용프로그램에 사용될 수 있으며, 전자상거래와 같은 텍스트 입력, 리스트 박스 선택과 버튼 제어가 복잡하게 결합된 웹 브라우저 응용 환경에서 사용하기가 편리하며, WRRT의 시험 결과로 선택된 색을 직접적으로 사용할 수 있다.

참 고 문 헌

[1] Korean Web Content Accessibility Guidelines 2.0, Korean Telecommunication Technology Association, 2009.

[2] Mobile Application Accessibility Guidelines, MOPAS proclamation No.2011-38, Korean Ministry of Public Administration and Security, 2011.
 [3] Eric Emerson Schmidt, Chairman of Google “Speed, study Korea”, Korea Joonang Daily 2012, 2, 21.
 [4] Mears, O. 1980. “Figure/ground, brightness, contrast & reading disabilities”. Visible Language, 14, 13-29.
 [5] Irlen, H. 1983. “Successful treatment of Learning Disabilities”, 1st Annual Convention of the American Psychological Association, Anaheim California.
 [6] Young Mi Kim, Hyung Bae Park, Ki Choong Mah, “Survey of the Attention Deficit, Hyperactivity Disorder and Visual Perception in Students who Live in Daejeon city”, Korean Journal of Vision Science, 8(1): pp.85-99, 2006.
 [7] Virtual Reading Ruler, <http://www.crossboweducation.com/>
 [8] Seung Hwan Park, Hoon Il Choi, Young Gun Jang, “An Implementation of Virtual Colored Overlay to Reduce Visual Information Processing Deficit”, Journal of Rehabilitation Research, Vol.12, No.1, pp.138-159, 2008. 4.
 [9] Arnold Wilkins, ‘Reading Through Colour’, John Wiley & Sons Ltd., 2003.
 [10] Intuitive overlays dispensing packs, <http://www.ioosales.co.uk/html/practice/eye05E.html>, 2012.
 [11] Color conversion math and formulas, <http://www.easyrgb.com/index.php?X=MATH>
 [12] Ed Burnette, ‘Hello, Android: Introducing Google’s Mobile Development Platform’, 1st Edition, Pragmatic Bookshelf, 2009.



장 영 건

e-mail : ygjang@cju.ac.kr

1980년 인하대학교 전자공학과(학사)

1991년 인하대학교 전자공학과(석사)

1995년 인하대학교 전자공학과(박사)

1980년~1982년 국방과학연구소 연구원

1983년~1994년 대우중공업 중앙연구소

책임연구원

1995년 고등기술연구원 책임연구원

1996년~현 재 청주대학교 컴퓨터정보공학과 교수

관심분야: 지능형 웹 시스템, 보조공학, 지능형 로봇