

난독증 학습장애인을 위한 가상 색 오버레이 연구

장 영 건* · 최 훈 일** · 연 제 용**

요 약

색 오버레이는 난독증을 완화시키는 보조도구로 사용되어 왔다. 최근에 컴퓨터에서 사용할 수 있는 몇 종의 가상 색 오버레이가 개발되었다. 기존의 가상 색 오버레이는 색상이 제한되어 최적의 색상 선택을 할 수 없고, 오버레이 창과 겹쳐지는 다른 창을 제어하기가 어려운 문제점이 있으며, 색상이 제품마다 조금씩 다르며, 그 값이 정확히 공개되지 않아 구현상에 어려운 점이 있다.

본 논문에서는 키보드 후킹과 트레이 아이콘을 통해 가상 색 오버레이를 이동시키지 않고 겹쳐진 창을 제어할 수 있는 가상 색 오버레이를 구현하였다. 분광측색계를 이용하여 필름 오버레이의 색도 정보와 투과율을 측정하여 가상 색 오버레이에 적용할 색상 정보를 추정하는 방법을 제안하였고, 오버레이 색상을 좀 더 세분하여 구현하였다. 시험 결과 기존의 가상 오버레이의 문제점이 모두 해결되었다. 따라서 WRRT의 진단 결과를 컴퓨터에서 그대로 이용할 수 있다.

키워드 : 난독증, 가상 색 오버레이, 알파 값 추정, 겹쳐진 창 제어

A Study of Virtual Colored Overlay for Dyslexics

Young-Gun Jang* · Hoon-Il Choi** · Che-Yong Yeon**

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 existing virtual overlays have some drawbacks which have limited colors and limited control capability over overlapped window by the overlays. Limited colors may prevent optimum color selection and limited control capability can obstruct to transfer keyboard and mouse operation to the overlapped window.

In this paper, we implemented an overlay function which controls an overlapped window under the overlay window by using keyboard hooking and tray icon. We propose a method 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 implemented all colors which we can produce colors by using Intuitive Overlays. Test results of the developed virtual overlay show that all mentioned drawbacks of existing virtual overlays were eliminated. Therefore we can employ a result of WRRT to use the developed overlays.

Keywords : Dyslexia, Virtual Colored Overlay, Alpha Value Estimation, Control an Overlapped Window

1. 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]. 영국의 고등교육통계원에서는 2003년 영국 고등교육기관의 1학년 학생의 31%가 난독증을 갖고 있다고

발표하였다. 국내에서는 국립특수교육원에서 2001년 5월부터 1년간 전국 180개 지역교육청별로 1개 초등학교를 선정하여 초등학교 만6-11세 아동 14만 4천명을 대상으로 10개 영역별 학습장애 아동수를 조사하여 전체 출현율을 1.17%로 추정하여 발표하였다. 2005년의 교육인적자원부의 특수교육 실태조사에 의하면 학습장애 아동은 전체 특수교육 대상자 중 14.5%로 정신지체에 이어 2번째로 많은 비중을 차지하고 있다. 학습장애는 정상인과 구별할 수 없는 지능을 가졌음에도 불구하고, 뇌의 정보처리의 이상으로 인한 장애로 학습 속도가 매우 느리며, 읽기, 쓰기 장애를 갖는 특징이 있다. 학습장애인은 정상인에 비하여 읽기, 쓰기에서 2-10배 정도의 시간이 소요되어, 학습 능력의 향상을 위해서는 보조공학도구의 도움이 더욱 절실한 상황이다. 그러나 국내에서는 이를 도와줄 수 있는 보조공학 도구는 콘텐츠 렌즈의

* 본 논문은 2008년도 정부재원(교육과학기술부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2007-521-D00444).

† 정 회 원 : 청주대학교 IT학부 교수

** 준 회 원 : 청주대학교 IT학부 박사과정
논문접수: 2009년 3월 18일
수정일: 1차 2009년 5월 18일
심사완료: 2009년 5월 18일

형태로 매우 제한된 병원이나 안경점에서만 진단되어 수입되고 있으나, 대부분의 특수학급교사조차 이러한 보조공학 도구의 존재를 모르고 있는 실정이다.

학습장애의 원인은 명확히 규명되지는 않았으나, 뇌의 구조적 정보처리 장애란 것이 최근에 밝혀지고 있다[2-4]. 난독증은 음운적 요인과 시각적 정보처리 요인으로 인한 장애로 대별되며, 학습장애인은 두 요인 중 하나만 갖고 있거나, 두 요인을 모두 갖고 있다. Bosse는 프랑스와 영국의 공동 연구를 통하여 난독증 학습장애인의 주요 장애 요인이 시각적 정보 처리요인이 음운적 요인보다 비중이 높은 것으로 보고하고 있다[5]. 난독증의 한 현상인 광과민성 증후군은 시각적 정보처리를 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 Irlen 증후군으로 고통을 겪고 있다는 Irlen 연구소의 연구결과가 있으며, 난독증을 겪는 사람의 46%가 이 증상을 갖는 것으로 추정된다[6]. 영국에서는 난독증자의 약 75%가 불안정한 안구 운동 등 시각적 결함을 동반하고 있다고 보고되고 있다[7].

광과민성 증후군의 증상을 완화시키는 보조도구는 광학적 도구가 주로 사용되며, 색 오버레이, 색안경, 색 렌즈가 사용되고 있다. 색 오버레이는 광과민성 증후군을 가진 사람들의 눈에 나타나는 섬광을 줄이는데 크게 기여하는 것으로 보고되고 있다[6-9]. 미국 캘리포니아 주에서는 각종 공적 시험에서 색 오버레이나 그에 준하는 보조공학 도구의 도움을 받을 수 있도록 규정하고 있다.

난독증 학습장애인이 컴퓨터와 같은 정보통신기기를 사용할 때 이용할 수 있는 가상 색 오버레이[10-12]들이 일부 개발되어 있지만, 몇 가지 문제점을 갖고 있다. 첫째 문제점은 오버레이 창과 겹쳐지는 다른 창을 제어하기 위해서는 오버레이 창을 이동시켜 겹쳐지지 않게 하여야만 다른 창을 제어할 수 있다는 점이다. 이는 사용자가 오버레이와 겹쳐진 창에 텍스트를 입력하거나, 그 창에 있는 버튼, 체크박스 등을 선택하거나 크기 등을 조절할 경우 가상 색 오버레이가 겹쳐지지 않게 하여야 하거나, 키보드의 이동키를 사용하여 제어 포커스를 이동시켜야 하지만, 마우스를 사용하여 두개의 창이 겹쳐지지 않게 하는 것은 이미 정보 인식을 전제로 할 때만 가능하여 색 오버레이 없이도 사용할 수 있는 경우이고, 게임과 같이 그래픽 객체를 마우스로 제어하는 경우에는 키보드 이동키를 사용할 수가 없고, 마우스로 오버레이를 사용하여 지정할 수도 없다. 둘째 문제점은 오버레이 색상 표현이 제한되어 있어 증상 완화에 효과가 있는 오버레이 색상을 선택하는데 있어 최적의 선택이 불가능한 경우가 발생하며, 이때 오버레이 적용의 효과가 반감되거나, 효과를 볼 수 없다. 오버레이 구현에서의 문제점은 기존의 가상 오버레이에는 알파 값이 공개되어 있지 않다는 점이다. 가상 색 오버레이를 구현할 때 투명 필름 효과를 나타내기 위해 알파브랜딩 기법[13, 14]을 사용하는데 이 경우 적용할 알파 값의 설정이 매우 중요하다.

본 논문에서는 창간 이동 문제를 해결하기 위하여 가상 색 오버레이 창과 겹쳐지는 창간의 포커스 제어를 위하여 키보드를 사용하는 방식 대신에 키보드 후킹과 트레이 아이콘을 통해 창간 이동을 하는 방식을 사용하였다. 구현상의 문제를 해결하기 위해 임상 효과가 검증된 실제 필름 색 오버레이 중 하나인 Intuitive overlays[15]를 분광측색계를 사용하여 단일 색, 단일 색 중첩, 인접 색 중첩의 색상 정보와 투과율을 측정하였고, 측정된 값을 가상 색 오버레이의 색과 알파 값[13, 14]을 추정하는데 사용하였다. 색의 제한성 문제를 해결하기 위하여 WRRT(Wilkins Rate of Reading Test)에 사용되는 모든 색상을 가상 색 오버레이에 구현하였다. 색 선택의 복잡성을 피하기 위하여 색 메뉴를 단일 색, 단일 색 중첩, 인접 색 중첩으로 분류하여, 가상 색 오버레이를 사용하여 컴퓨터에서 WRRT를 수행할 때도 시험의 각 단계에 부합할 수 있도록 하였다. 기존의 가상 오버레이는 인접 색을 구현한 경우가 없다. 구현된 오버레이를 한글 문서, e-Book, 웹 브라우저, 그래픽 객체를 포함한 게임, 동영상 콘텐츠에 적용하여 그 기능과 성능을 시험하였다.

이러한 가상 색 오버레이는 전자문서로 작성된 학습 콘텐츠를 읽는 것과, 전자문서에 쓰기를 하는데 도움을 줄 수 있어, e-learning의 효과를 크게 높일 수 있다.

2. 색 오버레이의 효과와 기존 가상 오버레이

2.1 광과민성 증후군과 색 오버레이의 효과

1958년 난독증 아이가 색 카드에 적힌 글자만을 읽을 수 있다는 것이 최초로 보고되었다. 뉴질랜드의 교사인 Olive Mears는 문서에 대한 아이들의 인식과 읽기 장애가 출판물의 특성에 영향을 받으며, 문서의 크기를 줄이고, 색 종이를 사용하고, 대조를 줄이면 장애를 줄일 수 있다고 보고하였다[16]. 이 증상을 완화시키는데 색 오버레이가 효과적이라는 것을 처음 보고한 사람은 미국의 임상심리학자인 H. Irlen이고, 광과민성 증후군이라는 용어를 처음으로 사용하였다[17]. 이후 이 증상을 두 사람의 이름을 따서 Mears-Irlen 증후군이라고 부르기도 한다.

미국에는 Irlen 렌즈를 처방할 수 있는 선별 자격증을 가진 사람의 수는 6000명이 넘고, 10 만명이 넘는 사람들이 Irlen 필터를 처방 받아 사용하고 있으며, 수백만명이 Irlen의 색 오버레이를 사용하고 있다[6]. Terrel은 일반학교에 다니는 46명을 대상으로 7종류의 색을 가진 색 오버레이를 적용한 결과 시각적 스트레스를 받는 읽기 속도가 느린 학생들이 읽기를 10분 이상 할 경우 읽기 능력이 향상되었다고 보고하였다. Wilkins는 자신이 만든 직관적 오버레이를 영국의 12개 학교 426명에게 적용한 결과 50%가 넘는 학생이 읽기에서 향상된 능력을 보였으며, 5%의 학생이 25% 이상의 읽기 속도 증가를 보였다고 보고하고 있다. 그의 읽기 시험은 단어인지 유창성 시험에 속하지만, 그가 주목하는 것은 유창성의 정도가 아니라 오버레이 사용 전후의 차이이다. 그의 연구는 난독증 학습장애자 뿐만 아니라 시각적 스

트레스를 받는 일반적인 학생에게도 색 오버레이가 유효함을 보여준다[9]. Ludlow는 19명의 자폐증이 있는 아이들과 정상아 19명에게 색 오버레이를 적용한 결과 자폐증이 있는 아이의 79%에 달하는 15명이 읽기 속도가 최소한 5% 향상되었으며, 이 비율은 정상아의 16%인 3명만이 5% 이상의 향상을 보인 것에 비하여 매우 크며, 따라서 색 오버레이가 자폐증을 갖는 아이들에게 유용할 수 있다고 보고하였다. Evans는 그의 저서에서 직관적 색도계 및 색 오버레이가 연구 도구로써 뿐만 아니라 임상적 도구로써 사용되고 있다는 것을 보고하고 있다[8]. 색 오버레이는 읽는 문서의 위에 덮어 놓는 얇은 투명한 플라스틱 필름이다. 그러나 이 오버레이를 사용한 선별은 직관적 색도계보다 시험할 수 있는 색의 범위가 제한되므로, 안전하고, 정확한 진단을 할 수는 없다. 그럼에도 불구하고, 잘 설계된 색 오버레이 시스템이 체계적으로 광범위한 색들의 견본을 갖추는 것은 가능하다. 광과민성 증후군의 증상을 완화하는 색은 개인적으로 각기 다르며, 특정 색에서만 증상을 완화시키는 능력이 가장 뛰어나며, 다른 색 오버레이는 효과가 없다.

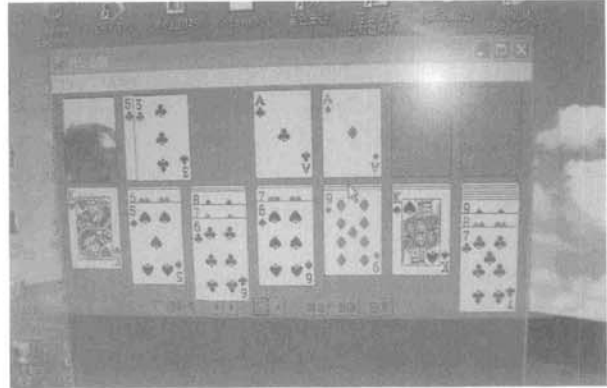
세계적으로 잘 알려진 3개의 시판되는 색 오버레이가 채용하고 있는 색의 종류를 <표 1>에 표시하였다. 필름 오버레이는 같은 색 중첩 및 인접 색을 중첩하여 사용할 수 있다.

<표 1> 대표적 오버레이와 사용 색

사용 색	Intuitive Overlays	Irlen overlay	Eye level Reading Ruler
라임(Lime)	○		
노란색(Yellow)	○	○	○
오렌지색(Orange)	○		
장미색(Rose)	○	○	
핑크색(Pink)	○		○
자두색(Purple)	○	○	
민트색(Mint)	○		
아쿠아(Aqua)	○	○	
푸른색(Blue)	○		○
회색(Grey)	○	○	
라일락색(Lilac)			○
녹색(Green)		○	○
청회색(Blue Grey)		○	
골든로드(Golden Rod)		○	
터키옥색(Turquoise)		○	
복숭아색(Peach)		○	

2.2 기존 가상 오버레이의 문제점

(그림 1)은 마이크로소프트에서 공급하는 카드놀이란 게임에 기존의 가상 오버레이를 적용한 모습이다. 이 그림에서 게임을 하려면 클로버 8이 있는 줄에 있는 임의의 카드를 마우스로 클릭하여 해당 카드들을 선택한 다음, 드래그를 하여 다이아몬드 9 줄로 이동하여야 한다. 그러나 현재 클로버 8이 있는 줄에 있는 카드를 마우스로 클릭하면 포커스가 오버레이에 있기 때문에, 해당 줄에 있는 카드가 선택되지

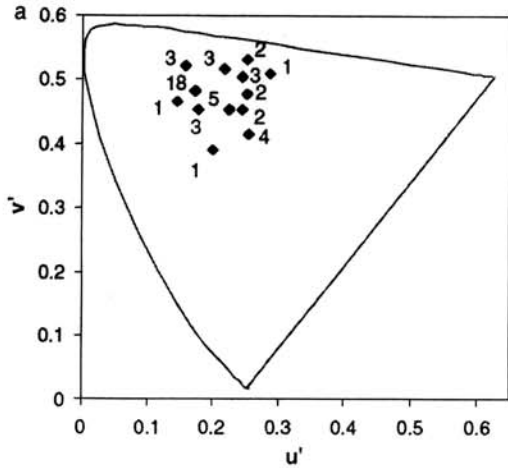


(그림 1) 그래픽 객체를 이용하는 응용프로그램과 기존 가상 오버레이의 적용

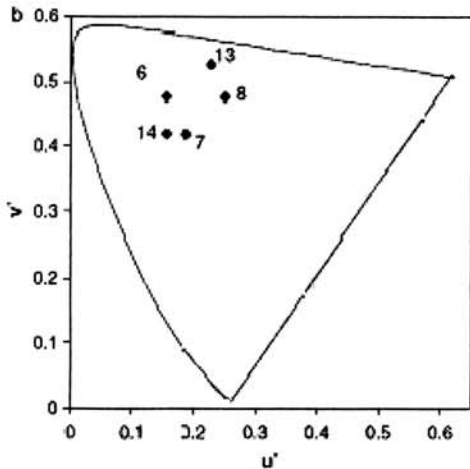
않고, 오버레이가 선택되어 오버레이 위에 마우스 포인터가 나타난다. 따라서 이 응용프로그램에는 오버레이를 적용할 수 없다. 일반적으로 활성화되어 있는 응용 프로그램간의 이동에는 키보드의 단축키를 이용할 수 있다. 그러나 위에 나타난 문제에는 키보드의 단축키를 이용하여 창간에 이동하는 방법을 쓸 수 없다. 왜냐하면 키보드 단축키에는 특정한 임의의 객체를 특정 위치로 이동시킬 수 있는 기능이 없기 때문이다. 마우스 전용의 응용프로그램이 아닌 경우에는 실행 중인 응용 프로그램간의 이동에는 Alt +Tab, 같은 프로그램에서 사용하는 다중 창간의 이동에는 Alt+F6, 같은 창에 있는 객체간의 이동에 사용할 수 있는 Tab키를 사용하여 포커스의 이동이 가능하지만, 여러 가지 단축키의 기능을 잘 숙지할 필요가 있고, 보고 있는 창의 특정 객체를 선택하기 위해서는 여러 번의 키보드 동작을 수행해야 하므로 매우 불편하다. 가상 오버레이라면 마우스나 키보드 동작이 오버레이 바로 밑에 위치한 창의 특정 위치로 전달되어야 한다.

Smith등은 시각적 스트레스 증상을 가진 각각 48명의 학생들을 대상으로 Intuitive Overlays와 Eye level Reading Rulers를 사용하여 색 선택 시험과 읽기 속도 시험을 수행하였다. 두 그룹의 시각적 스트레스 증상 수의 평균은 각각 1.00(SD 1.19)와 1.04(SD 1.49)로 거의 같았다. 시험 결과 (그림 2)와 (그림 3)과 같이 두 그룹에서 선택한 색이 차이가 있었다. 읽기 속도 시험 결과 Eye level Reading Rulers를 사용한 그룹은 분당 평균 74.7개의 단어를 정확하게 읽어, 오버레이를 사용하지 않았을 때의 75.7개 단어읽기 속도에 비하여 전혀 읽기 속도의 증가가 없었던 반면에 직관적 오버레이를 사용할 그룹은 80.5개의 단어를 읽어 평균 읽기 속도가 증가하였다. 그들은 이유로써 Eye level Reading Rulers의 색이 5색으로 제한되어 최적의 색 선택이 불가능하였고, 최적의 색 선택이 아닌 상태에서는 읽기 속도 증가 효과가 없기 때문이라고 주장하였다. (그림 2)와 (그림 3)에서 다이아몬드 기호는 색 좌표를 나타내며, 숫자는 그 색 좌표를 선택한 인원수를 표시한다[18]. 가상 색 오버레이는 색 선택이 너무 복잡하지 않게 하면서, 충분한 색을 제공하여야 한다.

Eye level Reading Rulers의 가상 색 오버레이인 Virtual Reading Ruler는 최초에는 5개의 색을 사용하다가 최근에 10



(그림 2) Intuitive Overlays사용 시험에서 선택한 색 좌표와 인원 수 (N=48)



(그림 3) Eye level Reading Rulers사용 시험에서 선택한 색 좌표와 인원 수(N=48)

개 색으로 사용 색이 증가하였으며, 해당 색의 중첩을 허용한다. Irlen Center에서 추천하는 가상 오버레이인 ComfortScreen

은 10개의 색을 제공하며, 오버레이의 밝기를 조절할 수 있다. 따라서 이들 가상 오버레이는 Smith등이 지적한 색의 제한으로 인한 최적 색 선택 문제가 일어날 가능성이 크다.

언급한 색 표현의 제한성 문제에서 보듯이 색의 제한뿐만 아니라 어떤 색을 표현하는 가는 매우 중요한 문제이다. 기존의 필름 오버레이나 가상 오버레이는 표현된 색 좌표를 정확히 공개하고 있지 않다. 따라서 가상 오버레이를 새로이 구현하고자 할 때 색 좌표 설정에 어려움이 있다.

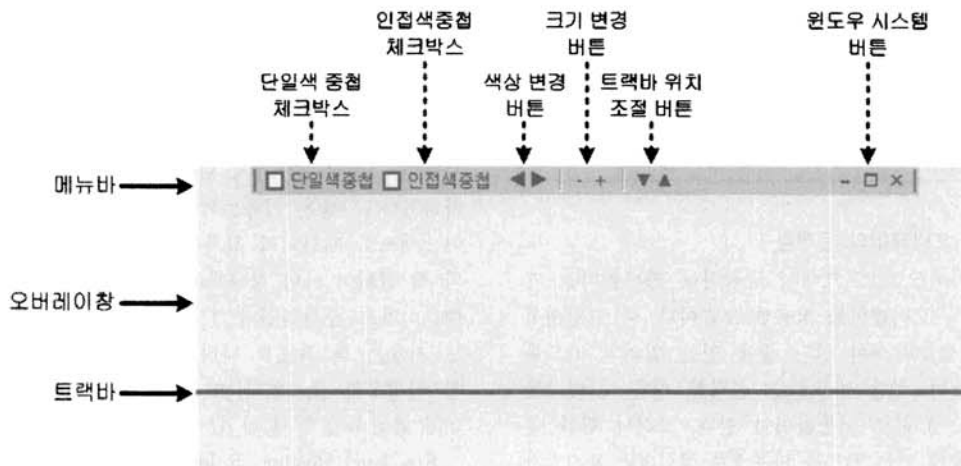
3. 설계 및 구현

3.1 가상 색 오버레이의 구성

본 논문에서 구현한 가상 색 오버레이는 다이얼로그 기반의 윈도우 프로그램으로, 오버레이 창, 메뉴 바, 트랙 바로 구성되었다. 오버레이 창은 타이틀 바, 윈도우 경계, 상태 바를 제거하여 플라스틱 필름과 유사한 모양이 되도록 구성하였다. 메뉴 바에는 가상 색 오버레이의 색상 및 크기 변경, 트랙 바 위치 조절 등의 오버레이 제어 및 상태변경을 위한 메뉴들을 배치하였다. 트랙 바는 사용자가 문서를 읽을 때 읽고 있는 줄의 위치를 잃어버려 혼란이 오는 것을 방지하기 위해 읽고 있는 줄의 위치를 쉽게 파악할 수 있도록 하기 위한 선으로, 눈의 초점을 지속적으로 유지시키는데 도움을 줄 수 있다. 트랙 바의 표시 및 위치 조절은 메뉴 바에 있는 트랙 바 위치 조절 버튼을 통해 이루어지도록 하였다.

가상 색 오버레이의 이동은 오버레이 창에 마우스를 놓고 클릭하고, 끌어서 이동할 수 있도록 하여 편리성을 제공하였으며, 메뉴 바는 가상 색 오버레이가 투명화 해제 상태일 때 마우스가 오버레이의 상단에 위치하였을 때만 나타나도록 하여 최대한 플라스틱 필름과 유사한 모양을 유지하도록 하여 사용하는데 거부감이 없도록 하였다.

메뉴 바에 있는 컨트롤들과 그 기능들은 <표 2>와 같으며, 가상 색 오버레이의 구성요소는 (그림 4)와 같다.



(그림 4) 가상 색 오버레이의 구성요소

〈표 2〉 컨트롤과 그 기능

컨트롤	기능
색상변경 버튼	사용자에게 적합한 오버레이 색상을 선택할 수 있도록 하는 버튼
단일색중첩 체크박스	단일색을 중첩한 효과를 나타내기 위한 체크박스
인접색중첩 체크박스	인접색을 중첩한 효과를 나타내기 위한 체크박스
크기변경 버튼	오버레이의 크기를 설정할 수 있도록 하는 버튼
트랙바 위치조절 버튼	문서 읽는 위치를 표시하기 위한 트랙바의 위치 조절 버튼
윈도우 시스템 버튼	오버레이의 아이콘화, 최대화, 숨김 기능을 하는 버튼

3.2 오버레이 색상 산출

본 논문의 가상 색 오버레이는 윈도우 운영체제에서 동작하는 다이얼로그 기반의 윈도우 응용 프로그램으로써, 알파 블렌딩 기법을 이용하여 투명한 오버레이 효과를 구현하였다. 알파 블렌딩을 이용하여 투명한 오버레이 효과를 나타내기 위해서는 적절한 RGB 색상 정보가 필요하며, 다음과 같은 과정을 통해 필요한 RGB 값을 구하였다.

분광측색계를 이용하여 Wilkins의 Intuitive Overlays의 단일 색, 단일 색 중첩, 인접 색 중첩의 색 정보와 투과율을 측정하였다. 분광측색계는 Konica Minolta사의 CM-3600d를 사용하였다. CM3600d의 측정파장 범위는 360-740nm로 가시광선 영역을 모두 측정할 수 있고, 측정파장 간격은 10nm이며, 재현성은 표준편차 0.1% 이내이다. 측정 방법은 장치를 보정한 다음, 오버레이 필름을 장치의 수광부 입구에 위치시키고, 좀 더 우물쭈물한 면(시각 면)으로 광을 투과시켜 오버레이의 색과 투과율을 측정하였다. 측정된 색 정보는 CIE-L*a*b 값으로 표시되며, 측정값은 <표 3>과 같다.

측정된 색의 값은 CIE-L*a*b→XYZ→RGB로의 변환[19] 과정을 거쳐 RGB 색상 값으로 변환하였으며, 그 값의 일부는 <표 4>에 표시하였다. 이 RGB 색상은 Wilkins의 Intuitive

〈표 3〉 분광측색계로 측정된 Wilkins의 Intuitive Overlays 색 정보

observer= 2°, illuminant = D65

색상	L*(D65)	a(D65)	b(D65)	투과율(D65)
노란색	91.2	-4.81	20.82	78.92
오렌지색	88.91	6.11	12.27	73.98
장미색	89.01	10.05	1.71	74.19
핑크색	86.4	11.3	-5.99	68.8
자주색	81.39	7.15	-14.15	59.18
푸른색	83.13	-5.1	-13.1	62.4
아쿠아색	88.31	-9.49	-6.19	72.72
라임 녹색	89.82	-10.1	15.86	75.91
민트 녹색	89.85	-13.64	3.3	75.99
회색	85.01	-0.48	1.36	66.03
...

〈표 4〉 Wilkins의 Intuitive Overlays의 RGB 색상

색상	R	G	B
노란색	0xED	0xE7	0xBE
오렌지색	0xF5	0xDB	0xC8
장미색	0xF4	0xD9	0xDD
핑크색	0xE9	0xD2	0xE4
자주색	0xCB	0xC7	0xE5
푸른색	0xB7	0xD3	0xE7
아쿠아색	0xC3	0xE4	0xE9
라임 녹색	0xDB	0xE7	0xC3
민트 녹색	0xC8	0xEA	0xDB
회색	0xD5	0xD4	0xD2
...

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.

$$O = a * S + (1 - a) * B \quad (\text{식 } 1)$$

(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.

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

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

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

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

$$a = (100 - t) / 100 \quad (\text{식 } 4)$$

원 색상의 계산 결과가 음수(-)인 경우는 색을 표현할 수

없으므로 0x00으로 대체하고, 나머지 색에 음수 값의 절대 값을 나누어 더하여야 한다. 예를 들어, S_r 값이 -74일 경우 S_g 와 S_b 값을 구할 때 74의 절대 값을 2로 나누어 각각에 더하여 결과 값을 산출한다. 그 이유는 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. 위에서 열거한 과정을 통해 산출된 원 RGB 값은 <표 5>와 같다.

<표 5> 알파 블렌딩 역변환을 통해 구현된 가상 오버레이의 원 RGB 색상

색상	R	G	B
노란색	0xC5	0xA8	0x00
오렌지색	0xD9	0x75	0x2C
장미색	0xD4	0x6C	0x7B
핑크색	0xB8	0x6F	0xA8
자주색	0x80	0x76	0xBF
푸른색	0x40	0x8A	0xBF
아쿠아색	0x23	0x9C	0xAE
라임 녹색	0x70	0x96	0x06
민트 녹색	0x1A	0xA8	0x69
회색	0x83	0x80	0x7B
...

구현된 가상 색 오버레이는 기존의 가상 색 오버레이에 비하여 광학적 특성이 보다 필름 색 오버레이와 유사하여졌으며, <표 6>과 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 가능하다. 또한, Wilkins의 Intuitive Overlays가 제공하는 모든 색을 만족한다.

<표 6> 구현한 오버레이 색상

단일색	단일색 중첩	인근색 중첩
노란색	이중 중첩 노란색	노란색-오렌지색 중첩
오렌지색	이중 중첩 오렌지색	오렌지색-장미색 중첩
장미색	이중 중첩 장미색	핑크색-장미색 중첩
핑크색	이중 중첩 핑크색	자주색-핑크색 중첩
자주색	이중 중첩 자주색	푸른색-자주색 중첩
푸른색	이중 중첩 푸른색	아쿠아색-푸른색 중첩
아쿠아색	이중 중첩 아쿠아색	민트 녹색-아쿠아색 중첩
라임 녹색	이중 중첩 라임 녹색	라임 녹색-민트 녹색 중첩
민트 녹색	이중 중첩 민트 녹색	노란색-라임 녹색 중첩
회색	이중 중첩 회색	

3.3 중첩된 창의 객체 제어

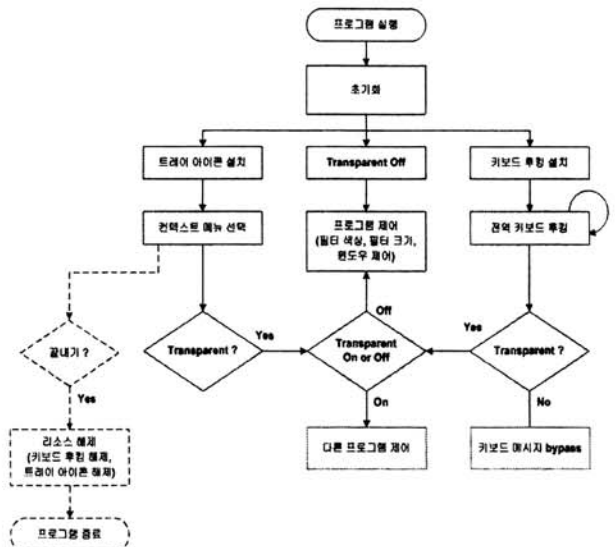
가상 색 오버레이는 밑에 있는 창의 상태를 항상 인지하고 감시하여야 하며, 마우스 조작 및 키보드 입력 등의 이

벤트가 가상 색 오버레이의 조작을 위한 것인지 오버레이와 중첩된 창의 조작을 위한 것인지를 구별하고, 중첩된 창의 조작을 위한 것이면, 들어온 이벤트를 겹쳐진 창으로 전달하는 기능이 구현되어야 한다. 그러나 가상 색 오버레이가 다른 창의 프로세스 상태를 항상 감시하고, 이벤트의 적용 대상을 구별하고, 이벤트를 전달하는 기능을 구현하는 것은 매우 어려우며, 색 오버레이의 본연의 기능 이외에 처리해야 할 프로세스의 증가로 가상 색 오버레이의 부하 및 코드 크기가 증가하게 되는 문제점이 있다.

이에 본 논문에서는 키보드 후킹을 통해 특정 키 값이 입력을 통해 가상 색 오버레이와 겹쳐진 창의 포커스 이동이 가능하도록 하여 위에서 설명한 복잡한 기능의 구현이 없이 마우스 조작 및 키보드 입력 등의 이벤트를 필요로 하는 창을 사용자가 선택하여 제어할 수 있도록 하였다. 특정키의 조합은 다른 프로그램의 키 사용과 충돌을 피하기 위해 Ctrl, Shift, [,] 키의 조합으로 구성하였다. 또한, 포커스 이동을 위한 특정키를 모르거나 잊어버렸을 경우를 대비하여 트레이 아이콘을 통해서도 포커스 이동을 제어할 수 있도록 구현하여 사용자 편의성을 제공하였다. (그림 5)은 키보드 후킹과 트레이 아이콘을 통한 창간 포커스 이동의 흐름을 나타낸다.

(그림 5)에서 투명화(Transparent)란 용어는 가상 색 오버레이 창과 겹쳐진 창의 선택 상태를 나타내는 용어로 사용되고 있으며, Transparent Off는 가상 색 오버레이 창이 제어 포커스를 가진 상태라써 이를 투명화 해제라고 하며, Transparent On 상태는 다른 창이 선택 포커스를 가진 상태로써 투명화 설정이라고 한다. 키보드 후킹을 통한 창간 포커스 이동을 위한 명령어로 투명화 설정(Transparent On)은 Ctrl+Shift+[키의 조합을 사용하며, 투명화 해제(Transparent Off)는 Ctrl+Shift+] 키의 조합을 사용하였다.

(그림 6)은 창간 이동을 위한 트레이 아이콘과 컨텍스트 메뉴를 나타낸다.



(그림 5) 창간 포커스 이동의 흐름도



(그림 6) 트레이 아이콘과 메뉴

트레이 아이콘을 이용한 창간 포커스 이동은 컨텍스트 메뉴에서 투명화 메뉴를 선택하면 되며, 투명화 설정과 해제 메뉴를 선택할 때마다 토글이 되도록 하였으며, 투명화 설정 상태이면 메뉴에 체크 표시가 나타나도록 하였다.

4. 시험 및 결과

구현된 가상 색 오버레이 색도의 타당성 검증은 위하여 LCD모니터의 백색 배경 화면에 가상 색 오버레이를 적용한 것과 필름 색 오버레이를 부착하여 적용한 것에 대한 색도 비교 측정시험을 수행하였다. 색도 측정은 Konica Minolta 사의 CS-100A란 휴대용 색도계(Chroma meter)를 사용하였고, 사용된 LCD 모니터는 삼성전자의 SyncMaster CX701N이다. CS-100A는 밝기와 색도를 측정할 수 있으며, 밝기 정밀도는 ±2%이며, 색도 정밀도는 ±0.004이다. CS 100A의 초점거리는 1014mm~무한대이기 때문에 화면의 색도를 측정할 때 LCD화면과의 거리는 120cm로 한정하였다. 색도 측정은 측정의 절대 값이 모니터의 감마값과 설정 상태에 따라 달라질 수 있어, 상대적 차이로 측정하였다. 측정 값은 CIE Yxy 좌표값의 차이인 ΔYxy로 표시되어, 이 값을 (식 5)에 대입하여 차이 값의 전체 크기(ΔE)를 산출하였다. 측정된 10개 기본색의 색도 차이의 평균은 0.013으로 추정이 비교적 정확하였다.

$$\Delta E = \sqrt{\Delta Y^2 + \Delta x^2 + \Delta y^2} \quad (\text{식 5})$$

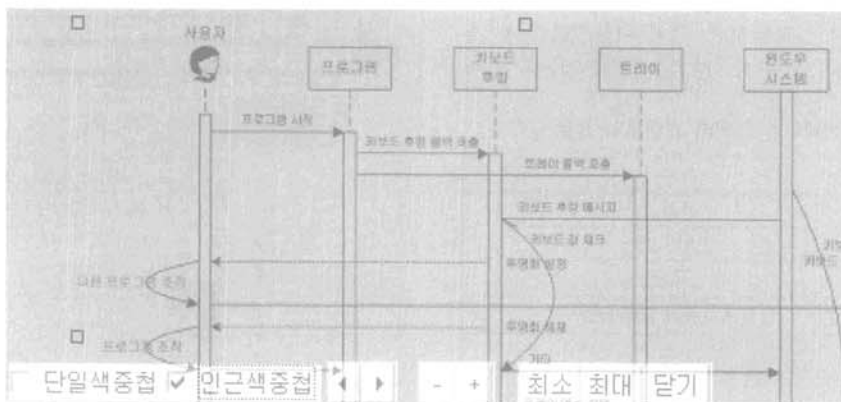
색도계를 사용한 가상 색 오버레이의 색 측정 장면을 (그림 7)에 표시하였다. 실제 측정에서는 주변 조명을 모두 끄고, 모든 빛을 차단한 후에 실시하였다.



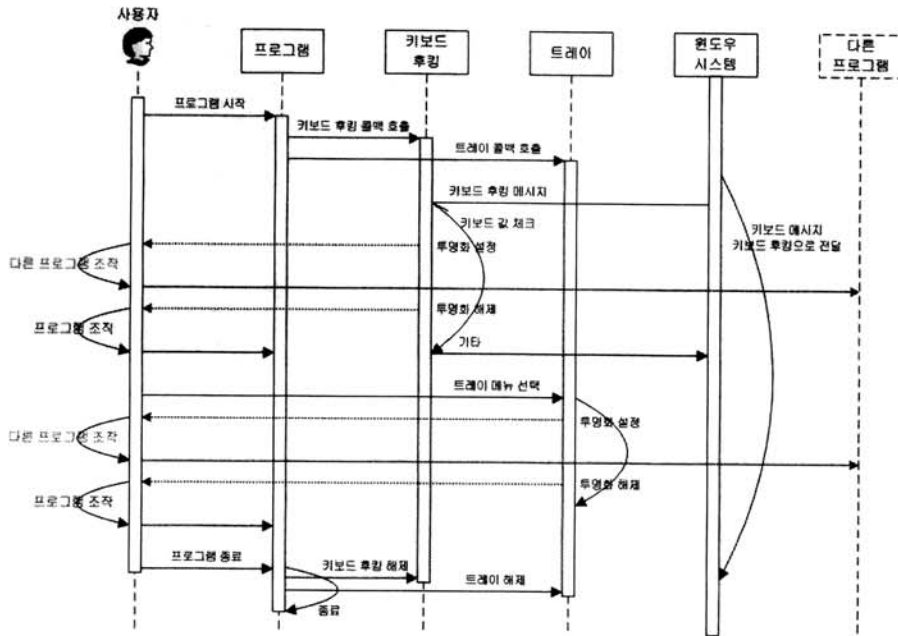
(그림 7) 가상 색 오버레이 색도 측정 시험

구현한 가상 색 오버레이의 색 선택 기능을 시험하였다. 가상 색 오버레이를 실행한 후 메뉴 바의 색상변경버튼을 눌러 색의 변화를 확인하고, 단일 중첩 색 체크박스와 (그림 8)에서와 같이 인접 색 중첩 체크박스를 각각 선택한 후에 색상변경버튼을 눌러 색의 변화를 확인하였다. 단일 색 중첩과 인접 색 중첩은 서로 옵션관계로써 하나를 선택하면, 나머지 체크박스는 선택할 수 없게 구현하였다. 일반 색은 <표 4>와 같이 회색을 포함하여 10가지 색이며, 단일 중첩 색도 일반 색을 2장 중첩시킨 10가지 색이다. 인접 색 중첩은 회색을 제외한 일반 색의 근접 일반 색과의 중첩을 의미하며 총 9개 색이다. 시험결과 총 39개의 색을 메뉴 바를 조작하여 선택할 수 있었다. 따라서 구현한 가상 오버레이는 기존의 가상 오버레이에 없던 인접 색 중첩의 9가지 색을 더 표현할 수 있으며, Intuitive Overlays를 사용한 WRRT의 결과로 얻어지는 색 선택을 컴퓨터에서 이 가상 오버레이에 그대로 적용할 수 있다.

본 논문에서 개발한 가상 색 오버레이를 실행하여 마우스로 오버레이와 겹쳐진 창의 객체를 제어하는 시험을 수행하였고, 오버레이와 겹쳐진 창과 오버레이간의 포커스 이동이 (그림 9)에서와 같은 동작 순서가 지켜지는 지를 검사하였다. 가상 오버레이는 키보드 후킹과 트레이 아이콘을 설치하기 위해 콜백을 호출하여 투명화를 위한 초기화 작업을 수행하며, 투명화는 해제 상태로 초기화 된다. 이 후 키보드 후킹과 트레이 아이콘의 메뉴 선택을 통해 오버레이 창과



(그림 8) 인접 색 중첩을 선택한 가상 오버레이 적용 예



(그림 9) 가상 색 오버레이 동작 시퀀스

겹쳐진 창의 제어를 위한 투명화 설정과 오버레이 창의 제어를 위한 투명화 해제 기능을 선택할 수 있다.

시험 대상은 <표 7>과 같은 한글문서, e-Book, 웹 브라우저, 그래픽 객체를 포함한 게임, 동영상 콘텐츠에 적용하여 그 기능과 성능을 시험하였다.

시험 결과, 웹 브라우저의 경우 기존의 가상 색 오버레이는 (그림 10)과 같이 오버레이 창 뒤에 있는 웹 브라우저의 주소창에 주소를 입력할 수 없으나, 개발된 오버레이는 Ctrl+Shift+[키의 조합으로 투명화 설정 명령을 수행하여 (그림 11)과 같이 주소창에 주소를 입력할 수 있다. (그림 11)의 굵게 표시한 사각형 안에 나타나듯이 오버레이가 투명화 설정상태가 되어, 키보드나 마우스의 조작이 오버레이와 겹쳐져 보이는 NAVER의 홈페이지 창으로 전달됨을 알 수 있다. 마우스를 사용하는 것은 겹쳐진 창의 특정 객체를 한 번의 클릭으로 선택할 수 있기 때문에 기존의 가상 오버레이를 사용할 때 키보드의 실행 프로그램 이동키와 객체 이동키를 사용하여 여러번 이동하여야 객체 지정을 하는 방식에 비하여 편리하며, 링크가 많은 웹 페이지에서 원하는 콘텐츠를 접근할 때 특히 유리하다. 객체 이동키를 사용할 경우 NAVER의 주소창은 선택할 수 없고, 검색 창으로 한번

이동하면 더 이상 Tab키를 사용하여 링크된 주소와 같은 다른 객체로 이동할 수 없는 등 사용상의 제한 점이 많아



(그림 10) 기존의 가상 오버레이 적용(주소창 입력 불가능)



(그림 11) 투명화 설정 상태(주소창 입력 가능)

<표 7> 가상 색 오버레이를 적용한 콘텐츠와 적용 도구

콘텐츠의 종류	적용 도구
한글문서	아래 한글
	MS 워드
e-Book	Epyrus
웹문서	Internet Explorer
게임	윈도우즈 카드놀이
동영상	곰 플레이어
	MS 미디어 플레이어

기존의 가상 오버레이의 사용은 제한적일 것으로 예상된다.

한글문서나 e-Book과 같은 정적인 전자문서들은 하나의 문서만 있을 경우에는 포커스 이동 없이 문서를 보는데 별 문제가 없다. 전자문서 창을 크기를 조절하거나 이동시키기 위해서는 투명화 설정을 하여 창간 포커스를 이동시킬 수 있다. 이 상태에서 다시 오버레이 색 변경, 크기 변경 등을 위하여 오버레이 창을 선택하려면 투명화 해제를 하여야 한다. (그림 12)는 한글 문서에 대하여 투명화 해제 상태에서 오버레이의 색상변경 버튼을 눌러 오버레이 색상을 변경한 화면을 나타낸다.

카드게임에서는 그래픽 객체인 카드를 마우스를 사용하여 드래그를 하여야만 게임을 진행할 수 있어, 카드게임으로의 포커스 이동이 필요하며, 투명화 설정을 통해 포커스를 이동하여 마우스 드래그가 가능하였다. 기존의 가상 오버레이는 마우스의 조작을 오버레이가 겹쳐진 상태에서 게임 프로그램에 전달할 수 없기 때문에 이런 종류의 게임에 적용할 수 없다. 가상 색 오버레이 사용 중 가상 색 오버레이의 크기와 색상을 변경하기 위해 오버레이로 포커스를 이동해야 할 경우 Ctrl+Shift+] 키의 조합을 통해 투명화 해제를 하여 크기와 색상의 변경이 가능하였다. 기존의 가상 색 오버레이는 동영상의 경우 동영상 플레이어의 영상 출력 방식 설정에 따라 (그림 13)과 같이 가상 색 오버레이와 중첩된 부분의 영상이 보이지 않는 경우가 발생하였다. 그 원인은 영상 출력 방식이 Overlay Mixer와 같이 그래픽카드의 오버레이 기능을 사용하여 영상을 출력하는 경우에 발생하는 것으로, 개발된 오버레이는 영상 출력 방식을 Direct3D의 기능을 이용하는 VMR(Video Mixing Renderer)을 이용할 경우 (그림 14)와 같이 해결할 수 있다.



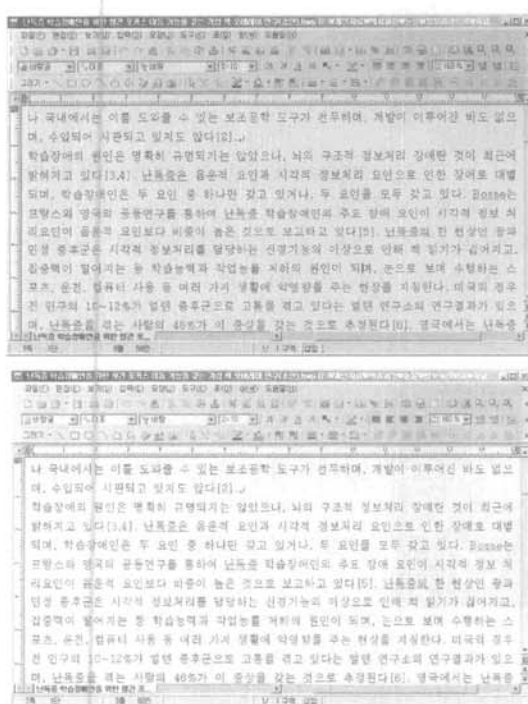
(그림 13) 영상 출력 방식 Overlay Mixer와 오버레이 적용



(그림 14) 영상 출력 방식 VMR9와 오버레이 적용

5. 결 론

본 연구에서는 기존의 가상 오버레이가 갖고 있는 문제점을 해결하기 위해 창간 이동이 용이하고 색 표현이 좀 더 자세한 가상 색 오버레이를 구현하였고, 시험을 통하여 그 기능과 성능을 검증하였다. 창간 이동의 용이성 확보를 위하여 키보드 후킹과 트레이 아이콘을 이용하였으며, 자세한 색 표현을 위하여 기존의 필름 오버레이를 사용한 단일 색, 단일 색 중첩, 인접 색 중첩을 모두 구현하였다. 가상 오버레이의 정확한 원 색도와 알파 값을 결정하기 위하여 분광 측정계를 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 LCD 모니터에서 가상 오버레이의 색도를 측정한 결과 필름 오버레이를 사용한 경우와 거의 일치하였다. 구현한 가상 색 오버레이를 한글문서, e-Book, 웹 브라우저, 그래픽 객체를 포함한 게임, 동영상 콘텐츠 등에 적용하여 잘 동작함을 확인하였다. 다만 동영상의 경우 동영상 플레이어의 영상 출력 방식이 Overlay Mixer와 같이 그래픽카드의 오버레이를 사용하는 방식으로 설정되어 있는 경우 영상이 표시되지 않는 문제가 발생하였는데, 이는 영상 출력 방식의 설정을 변경함으로써 해결할 수 있었다.



(그림 12) 투명화 해제 상태(오버레이 색상 변경)

구현된 오버레이는 기존의 가상 오버레이로 할 수 없는 컴퓨터 게임과 같이 그래픽 객체를 마우스로 조작하는 응용 프로그램에 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.

본 논문에서 개발한 가상 색 오버레이는 난독증을 가진 학생들의 시각적 정보처리 결함을 완화하는데 사용될 수 있으며, e-learning 환경에서 사용하기가 편리하다. 향후, 사용자의 편의성을 제공하기 위해 동영상 플레이어의 영상 출력 방식을 확인하여 가상 오버레이를 적용할 수 있는 출력 방식으로 자동 설정이 되도록 구현할 필요가 있다.

참 고 문 헌

[1] Collier's Encyclopedia, Macmillan Educational Company, 1991.
 [2] 장영건, "정보기술과 난독증 학습장애", 정보화정책, 12권 2호, pp.13-29, 2005.
 [3] Raid, R.C., Shapley, R. M., "Spatial structure of cone inputs to receptive fields in primate lateral geniculate nucleus", Nature, Vol.356, pp.716-717, 1992.
 [4] John Stein, "The magnocellular theory of developmental dyslexia", dyslexia, Vol.7, pp.12-36, 2001.
 [5] Marie Line Bosse, Sylviane Valdois and Marie Josephe Tainturier, "Phonological and visual attentional processing in developmental dyslexia: a French an English Group Study", 6th British Dyslexia Ass. Int. Conf., 2004.
 [6] Helen Irlen, The Irlen Method Colored Overlays and Colored Lenses, <http://www.irlen.com>, 2006.
 [7] Beverley Steffert, "Quantitative EEGs of visual dyslexics with coloured glasses under various lighting conditions", 6th British Dyslexia Ass. Int. Conf., 2004.
 [8] Bruce J.W. Evans, Dyslexia & Vision, P81, Whurr Publishers, 2003.
 [9] Arnold Wilkins, Reading Through Colour, John Wiley & Sons Ltd., 2003.
 [10] Virtual Reading Ruler, <http://www.crossboweducation.com/>
 [11] 장영건, 박승환, 최훈일, "시각적 정보처리 결함을 완화하는 가상 색 오버레이 구현", 재활복지, 12권 1호, pp.138-159, 2008.4.
 [12] 최훈일, 장영건, "난독증 학습장애인을 위한 가상 색 오버레이 구현과 평가", 제29회 한국정보처리학회 춘계학술발표대회 논문집, 제15권 제1호, pp.171-174, 2008.5.
 [13] J. F. Blinn, "Compositing, part 1: Theory", IEEE Computer Graphics & Applications, 14(5):83-87, 1994.
 [14] Bo Shen, Sethi, I.K., Bhaskaran, V., "DCT domain alpha blending", ICIP 1998, Vol.1, pp.857-861, Oct., 1998.
 [15] Wilkins AJ et al, Double-masked placebo-controlled trial of precision spectral filters in children who use coloured overlays, Ophthal. Physiol. Opt. 14:365-370, 1994.
 [16] Olive Mears, "Figure/ground, brightness, contrast & reading

disabilities", Visible Language, Vol.14, pp.13-29, 1980.

[17] Irlen, H., "Successful treatment of learning difficulties", The Annual Convention of the American Psychological Association, Anaheim, California, 1983.
 [18] Smith, L. and Wilkins, A., "How many colours are necessary to increase the reading speed of children with visual stress? A comparison of two systems", Journal of Research and Reading, 30(3):332-343, Aug., 2007.
 [19] Color conversion math and formulas, <http://www.easyrgb.com/index.php?X=MATH>



장 영 건

e-mail : ygjang@cju.ac.kr

1980년 인하대학교 전자공학과(공학사)

1979년~1983년 국방과학연구소 연구원

1983년~1994년 대우중공업 중앙연구소 책임연구원

1991년 인하대학교 전자공학과(공학석사)

1995년 인하대학교 전자공학과 (공학박사)

1995년~1996년 고등기술연구원 책임연구원

2003년~2004년 University of California, Davis visiting Professor

1996년~현 재 청주대학교 IT학부 교수

관심분야 : HCI, 지능 로봇, 보조기술, 재활공학, 생체정보시스템



최 훈 일

e-mail : choihi@stkorea.net

2000년 청주대학교 컴퓨터정보공학과(공학사)

2002년 청주대학교 전산정보공학과(공학석사)

2006년~2008년 청주대학교 컴퓨터정보공

학과 박사과정수료

관심분야 : 보조기술, 재활공학, 홈네트워크 보안, 웹서비스 보안, 웹 2.0, 시맨틱 웹, ID 관리



연 제 용

e-mail : cheyong@cju.ac.kr

2000년 청주대학교 컴퓨터정보공학과(공학사)

2002년 청주대학교 전산정보공학과(공학석사)

2003년~2006년 청주대학교 컴퓨터정보공

학과 박사과정 수료

관심분야 : 자연어처리, 정보검색, 웹서비스 보안, 홈네트워크 서비스, 웹 2.0, 시맨틱 웹, Data Warehouse, 온톨로지