

# Design of Blocking out Sunlight Using Transparent Display System Based on Eye Tracking

Youngjoon Kim<sup>1</sup>, Byoungwoo Kang<sup>2</sup>, Minseong Park<sup>2</sup>, Peom Park<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Industrial Engineering, Ajou University, 206 Worldcup-ro, Yongtong-gu, Suwon-si, 443-749

<sup>2</sup> Information and Computer Engineering, Ajou University, 206 Worldcup-ro, Yongtong-gu, Suwon-si, 443-749

## ABSTRACT

**Objective:** The aim of this study is to design of blocking out sunlight using transparent display system based on eye tracking service to prevent from the accident caused by the glare. When driving, drivers are affected by natural elements. Within them, sunlight is the most disturbing, so it causes traffic accidents sometimes. That's why drivers use Sun visor, tinting and wear sunglasses to get rid of harmful effects from sunlight. However, these kinds of devices do not fully protect people from sudden accidents because they have basic problems. So using transparent display system, which is being researched in various engineering fields, and eye tracking service, we propose a new system which can block out sunlight to keep drivers safe when driving. To make the system, first we found the problems of sun visors, tinting, sunglasses and patents. Next, we established service model related to blocking out sunlight using transparent display system based on eye tracking service. Also, we specified our system design. By our study, we expect that it will help people drive much safer when shining.

Keywords: Vehicle, Transparent display. Eye tracking, Sun visor, Glare

## 1. Introduction

운전자가 주행을 함에 있어서 가장 중요한 요소는 시야이며, 가장 중요한 요소인 만큼 방해받을 수 있는 영향이 커질수록 교통 사고가 발생할 확률이 커진다. 시야에 영향을 주는 요소로서는 차량 자체가 가지고 있는 내부적인 설계 요소와 햇빛 또는 자연 환경으로 반사되는 빛 등의 외부적인 요소가 있다.



Figure 1. Sunlight and Headlight

특히 ACE, Statistisches bundesamt에서 20년간 독일의 교통 사고 유형을 분석한 결과에 따르면, 주행에 빛이 주는 영향은 자연 환경 중에서 가장 큰 영향을 미치는 것으로 분석되었으며, 그에 따른 피해

역시 1차, 2차 피해를 포함하여 적다고 판단하기는 어렵다. 또한 운전자에게 햇빛이 비치는 각도와 세기에 따라 사고 발생률이 증가하기도 하며, [1] 빛으로 인하여 차량의 운행 속도가 감소하기도 하고, 교통 체증을 유발할 수 있는 원인으로 분석되기도 한다.[2] 추가적으로 야간에 주행을 할 때에는 마주 오는 차량의 전조등 불빛 특히 LED전조등은 운전자에게 더 큰 영향을 줄 수 있으므로 이에 대한 대비책 역시 필요하다.

이러한 빛의 시야 방해는 결국 주행 중 전방에 대한 시선을 방해하는 결과로 나타나게 되며, 방해의 정도에 따라서 대형 또는 소형의 교통 사고가 발생할 확률이 높으며, 우리나라 경부고속도로의 경우 제한속도가 110km/s 인 구간이 존재하는데 산술적으로 계산해보면 1초 동안 전방의 시야를 방해받게 될 경우 약 31m를 전진하는데 그 거리 동안 무방비가 된다는 것을 의미하기도 하며 더욱 빠른 속도일수록 사고 확률이 더욱 높아진다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 운전자는 다양한 방법을 동원하는데 첫째로 차량에 부착된 Sun visor(선 바이저)를 활용하거나 둘째로 차량의 tinting을 통하여 빛을 차

단하는 방법이 있으며, 마지막으로 선글라스를 착용하는 방법이 있다. 하지만 위의 3가지는 주간 주행에서 빛을 차단하는데 좋은 영향을 끼칠 수는 있으나 반대로 야간 주행에는 나쁜 영향을 끼치는 상황이 발생 할 수 있다.

본 연구는 우선 현재 사용되고 있는 햇빛 및 빛 차단을 위한 장비들과 현재 출원 또는 공개 된 특허들에 대한 장단점을 분석한 후에 각 단점들을 해소할 수 있는 방안을 모색한다. 그리고 각 결과들을 바탕으로 이러한 단점을 없앨 수 있는 새로운 빛 차단막 서비스 모델을 도출한다. 빛 차단막 서비스 모델에 필요한 장비에 대한 설명과 함께 시스템이 어떠한 방식으로 구현될 수 있는지를 알 수 있는 알고리즘을 설계하도록 한다.

## 2. Case Study

### 2.1 Analysis of current devices

앞서 말한 바와 같이 현재의 빛을 차단하는 장비들은 차량 자체에 내재되어 있는 선 바이저, 차량 tinting, 그리고 운전자가 착용하는 선글라스가 있다.



Figure 2. Sun visor and Tinting

현재 차량 내부에 내재되어 있는 선 바이저의 경우 불투명한 물질로 구성되어 있어서 위에서 내려오는 햇빛을 차단하는 방법으로는 효과적일 수 있으나, 운전자의 앉은키나 앉은 자세에 따라서 전방 시야에 영향을 미칠 수 있다. 또한 선 바이저가 위쪽으로 구성되어 있음에 따라 맞은편에서 오는 차량의 전조등 빛으로부터 피하기 어려운 경우가 발생한다. 또한 오르막 길이나 내리막길에 접어들 경우 빛으로부터 더욱 벗어나기 어렵다. 이에 따라 우리나라의 다수의 개인차량이 차량 창문에 tinting 처리를 하고 있는 상황이다. 우리나라 교통법에 따라 전방 Wind shield는 가시광선 투과율이 70% 이상이어 하며, 측방에 위치한 창은 40% 이상으로 규정되어 있다. 하지만 이러한 tinting 방법은 햇빛의 강도나 위치에 따라 운전자가 방해

받지 않을 정도로는 차단하지 못하며, 야간의 경우에는 짙은 tinting으로 인하여 후방 주차 시에 사이드 미러를 통하여 사람 또는 사물을 잘 인지하지 못하는 경우가 발생한다. 이 이외에 많은 사람들이 선글라스를 착용하여 운전하는 경우가 발생하는데 선글라스는 운전만을 위하여 제작된 것이 아닌 경우가 많아서 안전 운전에 위험이 되는 경우가 발생하며, 야간에는 선글라스를 착용하지 않기 때문에 전조등 불빛으로부터 시야의 방해를 받게 된다.

유사한 성격을 지닌 특허를 검색해본 결과 ‘자동차용 눈부심 방지 시스템’이 있다. 본 서비스는 조도감지 센서를 통하여 윈드실드 클래스에 칼라광을 제곱함으로써 태양빛과 전조등으로부터 눈부심을 차단하는 것인데 본 서비스는 사람마다 다른 눈높이로 인한 눈부심을 보호하기 힘들 것으로 예상되며, 또한 빛이 다양한 각도로 눈으로 들어오는데 이에 따라 좌측으로 들어오는 것은 방지할 수 있으나 우측으로부터 들어오는 빛의 차단이 쉽지 않다는 한계점이 있다. 마지막으로 ‘자동차의 투명 액정을 이용한 선바이저’ 특허로 운전자의 눈을 부시게 하는 투과 위치인 윈드실드 글라스와 도어 글라스 상부에 부착되어 빛을 선택적으로 투과시키고 광센서를 통하여 선바이저를 구동시키는 서비스가 있다. 이러한 서비스는 윈드실드 글라스와 도어 글라스의 상부에 부착되어 위쪽으로 비추는 빛으로부터는 효과적으로 차단할 수 있으나 전조등이나 반사되어 오는 빛은 차단하기 어려운 한계점이 있다.

위의 3가지 햇빛을 차단하는 장비와 2개의 특허에 대해서 분석 해본 결과 다음과 같은 문제점을 추출할 수 있었으며 그에 대한 해결 방안을 마련하였다.

Table 1. Problems and Solutions

문제 요인	방안
다양한 각도로 들어오는 빛으로 인한 전방시야 미확보 문제	시야 방향의 차단막 형성 위치 조절이 가능하도록 설계
전조등으로 인한 전방시야 미확보 문제	시야 방향의 차단막 형성 위치 조절이 가능하도록 설계
선 바이저 내부설계로 인한 시야 미확보 문제	차단막의 반투명화
Tinting 농도로 인한 측방시야 미확보 문제	시야 방향의 tinting 해제 (도어 글라스)

### 3. System Design

#### 3-1. Blocking out Sunlight Using Transparent Display System Based on Eye Tracking

본 연구의 목표는 일반 자동차의 전면 유리와 측면 유리를 투명스크린으로 설치하고 기존의 빛 차단 방법을 대체하기 위해 도로교통법에 근거한 투과율을 바탕으로 소프트웨어적으로 적당한 범위의 구현된 tinting을 카메라를 통해 운전자의 시선을 지속적으로 추적하여 투명스크린에 나타내는 시스템이다.

#### 3.2 System configuration

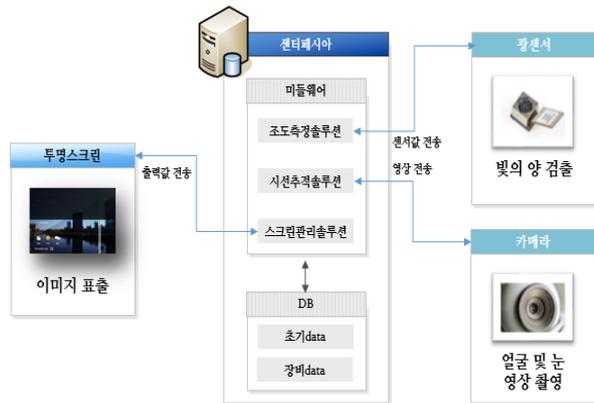


Figure 3. System Configuration

##### 3-2-1. Center fascia

센터펜시아는 시선 추적 기반 투명스크린 빛 차단막 시스템을 작동시키고, 수동모드와 자동모드 결정, 최소·최대 투과율 조정 등의 역할을 한다.

##### 3-2-2. Light sensor

광 센서를 통하여 빛의 세기를 측정한다. 측정한 빛의 세기는 DataBase로 보낸 후 투명스크린에 전달되어 투영될 화면의 투과 도를 조정한다.

##### 3-2-3. Camera

빛의 영향을 최소화 하기 위하여 차량에 설치된 적외선 카메라를 통하여 운전자의 얼굴을 촬영하여 [3] 운전자의 시선을 홍채 영역을 추출하고 분석한 후에 투명스크린에 운전자가 바라보고 있는 시선의 좌표 값을 파악하기 위하여 3차원 좌표값을 측정하여 전달한다. [4]

##### 3-2-4. Database

운전이 끝난 후 운전자에 의해 설정되어있는 tinting의

크기와 투과율과 관련된 값들을 저장해 두고 다음 운전시에 저장된 값을 load 할 수 있게 한다. Database의 List와 H/W Table은 다음과 같다..

Table 2. Database Table

테이블 리스트	설명
Tinting 규정	차량 Tinting의 안전 규정에 따른 투과율의 한계 값(초기데이터)
Tinting 위치	수동 모드 시 Tinting 초기 위치 값(초기데이터)
Tinting 크기	Tinting의 초기 크기(가로, 세로)(초기데이터)
Tinting 농도	수동 모드 시 Tinting 초기 농도 값(초기데이터)
빛의 세기에 따른 Tinting	조도에 의한 운전자의 빛 민감도에 따른 상대적 tinting 값
선바이저의 위치	수동 모드시 선바이저의 초기 위치값(초기데이터)
선바이저의 크기	선바이저의 초기 크기(가로, 세로)(초기데이터)
광센서	광센서 고유정보
카메라	카메라 고유정보
투명스크린	투명스크린 고유정보

##### 3-2-5. Transparent display

투명 스크린을 통하여 투과율을 조절한 화면 등을 투영함으로써 투영된 화면을 통해 선 바이저의 역할을 하도록 한다.

##### 3-2-6. Middle ware

이 시스템에 들어가는 장비들은 Middle ware를 통하여 서로 연결되고 관리 된다.

#### 3-3 User interface

User Interface는 아래와 같은 방식으로 구현하여 운전자가 빛 차단막이 필요할 때 사용할 수 있도록 기존 내비게이션에 tinting 메뉴를 추가할 것이다.

Tinting 메뉴를 터치하면 자동모드와 수동모드를 선택할 수 있고 자동모드는 광 센서를 통하여 빛의 양을 측정하여 자동적으로 전면 유리와 측면 유리에 tinting을 하는 방식이다. 수동모드를 터치하게 되면 전면 유리와 측면 유리를 선택하게 되고 그 이후에 각각 유리의 tinting의 범위와 투과율을 조절 할 수 있다.

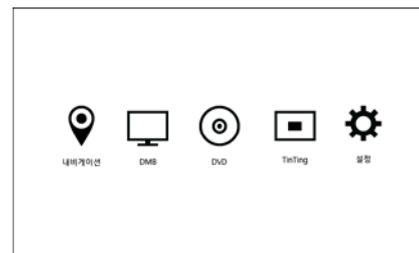


Figure 4. Navigation root menu



Figure 5. Tinting menu(Auto/Manual)

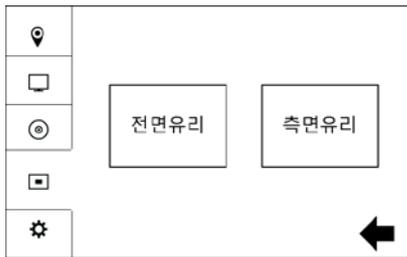


Figure 6. Select windshield or side window

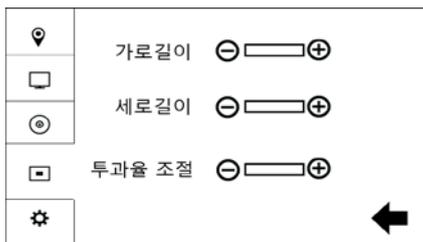


Figure 7. Size and strength of tinting

### 3-4 System Algorithm

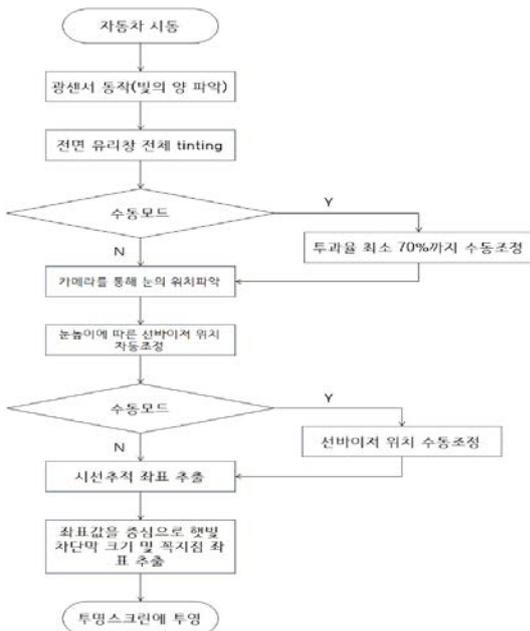


Figure 8. Windshield tinting algorithm

전면 유리창의 투명스크린의 동작을 시스템 흐름도로 나타내면 위의 Figure 8. 과 같다.

자동차에 시동이 켜지면, 전면에 있는 광 센서가 동작하여 빛의 양을 파악하여 자동으로 tinting을 해준다. tinting은 전면 유리창에 해당하는 투명스크린에 반투명 효과가 있는 화면을 투영함으로써 빛의 투과율을 조절한다. 이때, 빛의 양이 적으면 투과율이 높도록, 빛의 양이 많으면 투과율이 적도록 tinting을 해준다. 단, 이때에 투과율은 70%미만이 되지 않도록 한다. 광 센서가 빛의 양을 인식하여 차량의 tinting을 자동으로 조정해주는 것은 자동차의 시동이 꺼질 때까지 반복된다. tinting은 사람마다 기호에 맞도록 조정할 수 있어야 한다. 따라서 수동모드를 적용할 수 있다. 수동모드는 운전자가 임의대로 투과율을 조정할 수 있도록 한다. 운전자는 현재와 비교하여 투과율을 어느 정도로 높이거나 낮출지를 결정한다. 이때에도 마찬가지로 빛의 투과율은 70%미만이 되지 않도록 한다.

tinting이 끝나고 나면 차량에 설치된 눈과 얼굴을 인식하기 위한 카메라를 이용하여 운전자의 얼굴과 눈의 위치를 인식한다. 운전자의 눈의 위치와 눈높이를 파악한 뒤 차량은 자동으로 투명스크린을 이용하여 어두운 화면을 투영한다. 선 바이저는 전면 유리창에 해당하는 투명스크린 상단에 어두운 화면을 투영함으로써 선 바이저의 역할을 한다. 선 바이저는 운전자의 눈높이에 맞춰서 자동으로 조정되지만 운전자가 원할 경우 수동모드로 크기를 조정할 수 있다. 운전자들은 햇빛의 양이 강할 때는 선바이저를 내림으로써 빛을 차단하여 눈부심을 방지한다. 투명스크린의 어두운 화면은 선바이저와 같은 역할을 할 수 있다.

선바이저의 크기 조정이 끝나고 나면 카메라는 운전자의 시선을 추적한다. 카메라에서는 운전자의 시선을 추적하여 운전자의 초점의 좌표 값을 파악하고 이 좌표 값을 중심으로 투명스크린에서는 빛의 투과율을 조절해 줄 수 있는 빛 차단막을 반투명하게 투영한다. 이는 시야확보를 위해 선바이저로 막을 수 없는 햇빛이나 반사되는 들어오는 빛의 양을 조정하여 눈부심을 줄이기 위한 방법이다. 빛 차단막은 눈의 초점을 따라 다니며 이동하여 눈에 직접적으로 들어오는 빛의 양을 조정함으로써 눈부심을 줄인다.



Figure 9. Example of sunvisor on windshield

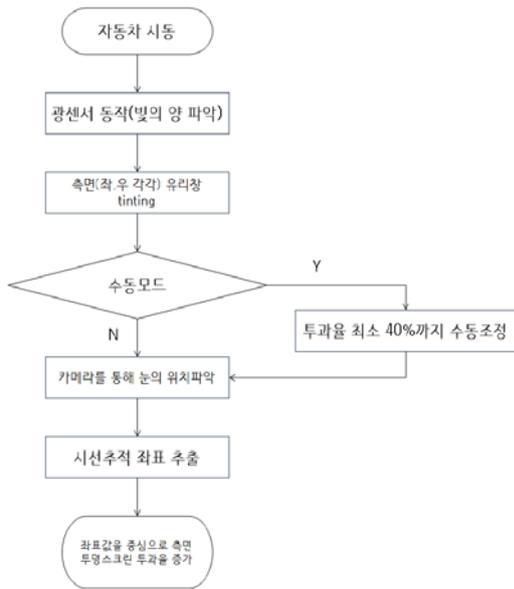


Figure 10. Side window tinting algorithm

측면 유리창의 투명스크린의 동작을 시스템 흐름도로 나타내면 위의 Figure 10.과 같다.

자동차에 시동이 켜지면, 측면 좌, 우에 각각 있는 광센서가 동작하여 빛의 양을 파악하여 자동으로 tinting을 해준다. tinting은 전면 유리창에 적용한 방식처럼 반투명 효과가 있는 화면을 측면 유리창의 투명스크린에 투명함으로써 빛의 투과율을 조절한다. 전면 유리창과는 달리 측면 유리창의 투과율은 40%미만이 되지 않도록 한다.

tinting이 끝나고 나면 차량에 설치된 눈과 얼굴을 인식하기 위한 카메라를 이용하여 운전자의 얼굴의 각도를 바탕으로 눈의 위치를 인식하고, 운전자의 시선을 추적한다.[5] 시선을 추적하여 운전자가 측면 유리창을 바라보게 되면 측면 유리창에서는 투과율을 높여준다. 이는 운전자가 tinting 되어서 잘 보이지 않는 사이드 미러를 잘 보기 위해서이다.



Figure 11. Example of Sunvisor on Side window



Figure 12. Example of side window tinting for side mirror

## 4. Conclusion

### 4-1 Discussion

본 연구는 현재 연구 진행중인 투명스크린을 활용한 제안으로 현재는 투명스크린 자체가 투명성을 지님에 따라 스크린의 종류에 따라 명암비의 조절에 제한이 따르고 있는 상황으로 바로 적용되기에는 아직 한계가 있다고 생각한다. [6] 또한 본 연구는 시선 추적 기반 투명스크린 빛 차단막 시스템의 제안임에 따라 향후에 프로토타입 제작을 통한 사용성 검증이 필요하며, 또한 그에 따라 발생할 수 있는 문제점의 보완이 필요하다. 프로토타입 제작을 통한 검증 과정에서 전방 시선 확보를 위하여 필요한 최소한의 빛 차단막의 크기와 영향에 대한 연구 역시 필요하다.

### 4-2 Conclusion

제안한 시선 추적 기반 투명스크린 빛 차단막 시스템은 낮 주행 중에 직사광선을 차단할 수 있을 뿐만 아니라 유리로 구성된 건물이나 조형물 등에서 반사되는 빛 역시 차단할 수 있을 것으로 예상된다. 또한 야간 운전 시에도 고속도로나 2차선 도로의 경우 자주 접할 수 있는 전조등 불빛으로 인한 시야의 방해로부터 안전 주행을 확보 할 수 있을 것이다. 시야를 방해하는 빛으로부터 시야의 안전한 확보는 빛으로부터 발생하는 교통 사고의 감소로 이어질 것이며, 적정 속도의 유지를 통해서 교통 해소에도 일부 기여할 것으로 예상된다.

또한 앞으로 다가올 미래 자동차 시장에서 투명스크린과 시선 추적 시스템을 활용한 빛 차단막을 제안하였다. 비록 기술적 한계로 인하여 현재에 본 시스템이 바로 적용되기에는 무리가 있으나, 이러한 제안이 앞으로 차량이나 서비스 설계 시에 여러 가지 고려 사항을 제공할 것이며, 사람들에게는 보다 효율적이고 효과적인 결과물을 제공할 수 있을 것으로 예상된다. 또

한 광 센서, 투명디스플레이와 시선추적 등 다양한 서비스의 융합은 단순히 자동차에 머물지 않고, 사회적 또는 문화적인 측면에서 다양한 시스템을 창출해 낼 것으로 기대한다.

## References

- [1] Kenji HAGITA, Kenji MORI, "The Effect of Sun Glare on Traffic Accidents in Chiba Prefecture, Japan, *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol.9, the 10th EASTS Conference, 2013
- [2] AUFRAY Benjamin, IMPACT OF AN ADVERSE WEATHER ON AN AMERICAN HIGHWAY, *Portland State University*, Portland, Oregon, USA, 2007
- [3] Kim J.H., Implementation of eye-controlled mouse by real-time tracking of the three dimensional eye-gazing point, *the Korea Institute of Maritime Information & Communication Sciences*, vol.10 no.1 , pp.209-212, 2006
- [4] Lee E.C., Park K.R., 3D View Controlling by Using Eye Gaze Tracking in First Person Shooting Game, *Journal of Korea Multimedia Society*; 8(10), pp.1293-1305, 2005
- [5] Jeon Y.J., An S.Y., Preliminary Study on Visibility Evaluation of Vehicle by Eye's Characteristics of Information Receptive Properties, *Spring Conference and Workshop Ergonomics Society of Korea*, pp.207-211, 2011
- [6] Park S.H., "Transparent Display", *Journal of OPTICAL SCIENCE AND TECHNOLOGY*, 15(4), pp.22-28, 1226-4520, 2011

## Author listings

**Youngjoon Kim:** yjk4004@ajou.ac.kr

**Highest degree:** Ajou University Industrial Engineering Graduated Bachelor

**Position title:** Master Course

**Areas of interest:** Ergonomics, UX, HCI

**Peom Park:** ppark@ajou.ac.kr

**Highest degree:** IOWA State Univ. HCI

**Position title:** Professor

**Areas of interest:** Ergonomics, HCI

**Byoungwoo Kang:** suika06@ajou.ac.kr

**Highest degree:** Ajou University Information and Computer Engineering Graduated Bachelor

**Position title:** Master Course

**Areas of interest:** Computer Programming, Computer Network Security

**Minseong Park:** skypspms@ajou.ac.kr

**Highest degree:** Ajou University Information and Computer Engineering Graduated Bachelor

**Position title:** Master Course

**Areas of interest:** Computer Programming, Autosar, modelling