자동차 운전자를 위한 단일 RGB 카메라와 스마트 필름 기반 눈부심 측정 및 완화 기법

김진우*, 배상준**, 김동호***
*숭실대학교 정보통신소재융합학과
**숭실대학교 미디어경영학과
***숭실대학교
e-mail:kjw1008@gsclab.kr

An Anti-Glare Technique for Drivers Based on Monocular RGB Camera and Smart Film

Jinu Kim*, Dongho Kim**
*Dept of ICMC Convergence technology, Soongsil University
**Soongsil University

요 약

운전 중 운전자의 눈부심은 도로 상황 인식에 대해 악영향을 미치고, 운전자가 운전 중 필요로 하는 도로의 요소들을 적절히 고려할 수 있는 시간의 부재로 이어져 결국 교통사고로까지 이어질 수 있다. 본 논문에서는 자동차 운전자를 위한 단일 RGB 카메라와 스마트 필름 기반 눈부심 측정 및 완화 기법으로, RGB 카메라를 이용한 눈부심 검출 및 스마트 필름과의 연동으로 눈부심을 완화할 수 있는 기법에 대해 제안한다. 추후 본 기법으로 운전 중 다양한 원인으로 인해 발생할 수 있는 눈부심과 그에 따른 교통사고의 위험을 경감시키기 위한 도구로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

1. 서론

운전 중 운전자의 눈부심은 도로 상황 인식에 대해 악영향을 미치고, 운전자가 운전 중 필요로 하는 도로의 요소들을 적절히 고려할 수 있는 시간의 부재로 이어져 결국 교통사고로까지 이어질 수 있다.

이러 운전 시의 장해 요인을 제거하기 위해 선바이저(sun visor)를 이용하고 자동차 유리, 램프 등에 편광 필름을 붙이거나 운전자가 선글라스 등의 편광 안경을 착용하는 방식[1]들이 지금까지 일반적으로 사용되고 있다.

하지만 위의 방식들은 눈부심이 일어난 후 수동으로 작동 시키거나 다양한 요인으로 발생되는 눈부심을 방지할 수 없으며, 주간에 효과적일 수 있으나 야간 운전 시 오히려 운전자의 가시거리를 짧게 만들어 사고 위험을 높일 수 있다.

본 논문에서는 앞서 언급한 기존 방식들의 단점을 해결하기 위해 효과적으로 운전자의 눈부심을 예방 및 완화할 수 있도록 단일 RGB 카메라를 이용한 눈부심 측정 및 빛의 투과율을 조절할 수 있는 스마트 필름을 이용해 빛을 차단하는 자동차 운전자를 위한 단일 RGB 카메라와 스마트 필름 기반 눈부심 측정 및 완화 기법을 제안한다.

내용으로 눈부심 측정을 위한 얼굴과 빛 검출 및 눈부심 완화를 위한 스마트 필름 동작에 대해 기술했다.

1.1 기존 선행 연구

컴퓨터 비전 기술을 활용한 운전자 눈부심 완화를 위한 기존 연구로는 초고속 카메라와 스마트 필름을 이용한 연구[2][3]와 스테레오 카메라와 스마트 필름을 이용한 연구[4]가 있다.

초고속 카메라를 이용한 연구는 차량 내부에 초고속 카메라를 부착하여 차량의 천장 영역과 운전자의 영역의 대비가, 차량 내부로 빛이 들어오는 정도에 따라 차이가 있는 것을 이용하여 운전자의 눈부심을 판단하여 스마트 필름이 동작하는 기법을 제안했다.

하지만 얼굴 영역을 직접 검출하는 것이 아닌 운전자가 운전 중 거의 움직이지 않는 다는 조건으로 특정 영역 내에서 강한 빛을 검출하기 때문에 운전 중 운전자의 움직임으로 인해 발생할 수 있는 눈부심을 완화 시킬 수 없고 여러 운전자의 체형 특징을 반영할 수 없다는 단점이 있다.

스테레오 카메라를 이용한 연구는 스테레오 카메라를 운전자 앞에 전방으로 배치해 세기가 강한 빛

의 광원 위치를 파악해 스마트 필름이 동작하여 빛을 차단하는 기법을 제안했다.

이 기법은 스테레오 카메라와 운전자 위치에서는 RGB 카메라를 이용해 스테레오 카메라로부터 측정된 광원의 위치를 운전자로부터 광원의 위치로 맵핑한다. 하지만 이 기법은 운전자의 움직임과 운전자들의 다양한 체형 특성이 고려되기 위해서는 운전자 시점의 카메라를 운전자 머리 등에 부착하여야 한다는 한계점이 있다.

기존에 제안된 방식들은 위에 언급한 단점 외에 사용되는 센서가 너무 고가이거나 이용되는 센서의 개수가 많다는 것 또한 단점이 될 수 있다.

본 논문에서 제안하는 기법은 단일 RGB카메라 하나를 사용하여 보다 경제적이고, 결과적으로 눈과 빛의 위치로 눈부심을 판단하기 때문에 운전자의 체형 특성 및 운전자의 움직임 또한 고려할 필요가 없다는 장점이 있다.

2. 본론

본 논문의 제안 기법은 크게 눈부심 측정 부분과 눈부심 완화 부분으로 구분할 수 있으며 자세한 내용은 다음과 같다.

- 눈부심 측정
  - 얼굴 검출 및 눈 검출
  - 빛 검출 및 움직임 예측
- 눈부심 완화
  - 스마트 필름 동작

2.1 얼굴 검출 및 눈 검출

눈부심 측정은 운전 중 운전자 눈부심을 방지하기 위해 단일 RGB 카메라를 이용해 눈부심을 검출하기 위해 얼굴을 검출하는 것으로 시작된다. 운전자의 눈부심은 다양한 요인으로 입사하는 빛의 움직임 또는 운전자의 움직임으로 인해 발생할 수 있기 때문에 눈부심을 예방하기 위해서는 실시간 수준으로 운전자의 얼굴을 검출 할 수 있어야한다. 본 기능을 구현하기 위해 얼굴과 같은 복잡하지 않으면서 고유의 독특한 윤곽선 정보를 가지고 있는 특징을 효과적으로 빠르게 검출할 수 있는 HOG(histogram of oriented gradient) 매칭을 적용한다.

얼굴이 검출된 후 얼굴 영역 내에서 눈 부위 찾기 위해 특정 랜드마크(land marks)를 검출한다. 얼굴 영역의 랜드마크라고 하면 대표적으로 눈썹, 눈, 콧대, 코, 입, 턱선 등이 있다. 얼굴의 랜드마크를 검출하기 위해 딥러닝(deep learning) 기반 방식[5][6]과 랜덤 회귀 포레스트(random regression forest)[7][8] 방식이 널리 사용되고 있다. 딥러닝 기반의 방식은 강건한 랜드마크 검출 성능을 보여주지만 검출 속도가 느리다. 반면, 랜덤 회귀 포레스트 방식은 딥러닝 기반의 방식보다는 검출 성능이 떨어지지만 검출속도가 빠르기 때문에 랜덤 회귀 포레스트 방식을 본 시스템에서 얼굴 랜드마크 검출을 위해 적용하는 것이 더 적합하다. 적용된 방식을 통해 얼굴 랜드마크 중 눈 부위를 검출 할 수 있다.

2.2 빛 검출 및 움직임 예측

빛을 검출하고 추적하기 위해 검출된 얼굴 영역의 이미지를 HSV모델로 변환한다. HSV모델은 색조(hue), 채도(saturation), 명도(value)의 3가지 성분으로 색을 표현한다. 이 중 명도는 이미지 내의 어둡고 밝은 정도를 특정 범위의 값으로 나타내기 때문에 검출된 얼굴 영역 내의 강한 빛을 감지하기 위해 명도를 사용한다. 미리 특정한 임계값을 이용해 강한 빛이 있는 부분을 검출할 수 있다.

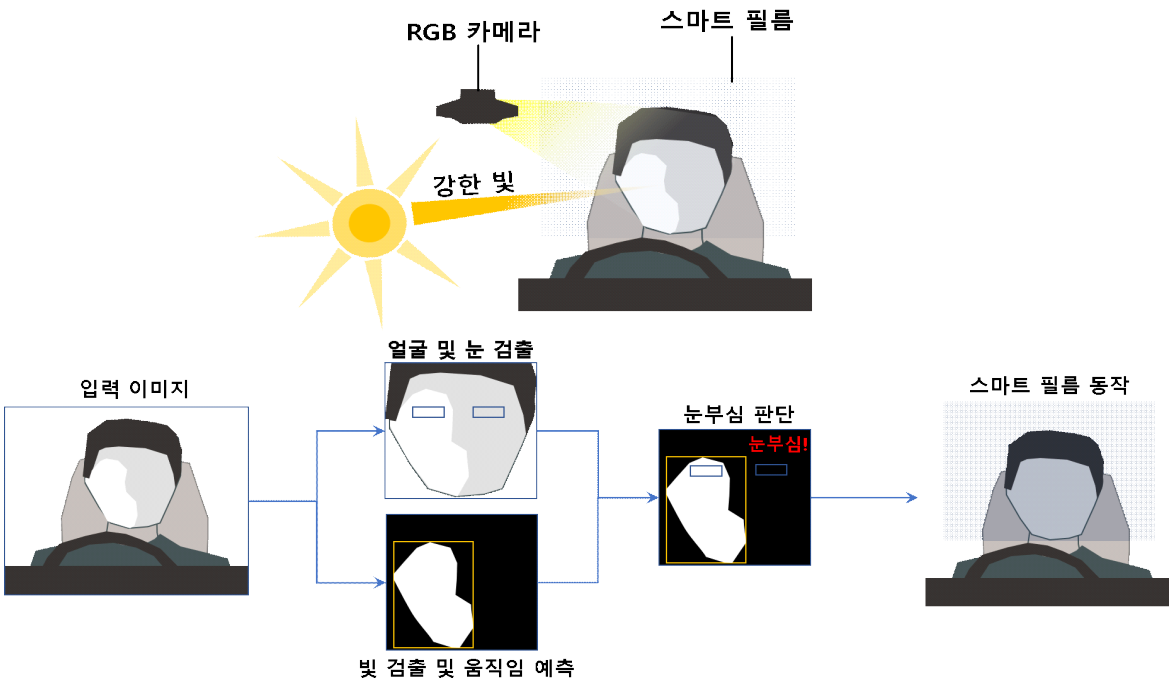
눈부심은 갑작스럽게 강한 빛이 눈으로 입사하면서 발생할 수도 있지만 운전자의 주변에 입사한 빛이 운전자와 자동차의 움직임, 반사체의 움직임, 광원의 움직임 등으로 인해 운전자의 눈 주변으로 서서히 이동하면서 발생할 수도 있다. 그렇기 때문에 운전자의 눈 주변으로 빛이 이동하는 것을 예측해 사전에 눈부심을 차단하는 것도 중요하다.

빛의 움직임을 예측하기 위해 칼만 필터(Kalman filter) 이용한다. 칼만 필터는 이전에 추정한 상태값과 현재의 실제 관측 값의 그 오차를 줄여 현재 상태 값을 갱신하는 방식으로 갱신된 값을 다음 상태를 예측하는데 다시 이용하며, 2D 이미지 내의 검출된 빛의 상태는 검출된 영역의 중심 좌표와 방향으로 정의된다.

검출된 강한 빛이 운전자의 눈으로 입사되었거나 다른 영역에 있던 빛이 운전자의 눈 주변으로 이동하고 있는 경우 눈부심이 발생했다고 판단하고 눈부심 완화를 위해 스마트 필름이 동작한다.

2.3 스마트 필름 동작

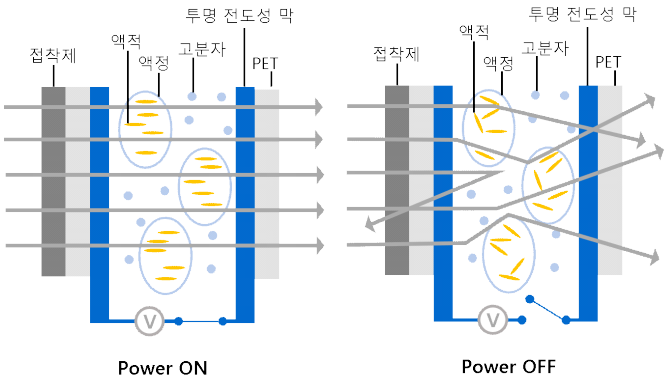
운전자의 눈부심을 완화시키기 위해 고분자 분산 액정이라고 불리는 PDLC(polymer dispersed liquid



(그림 1) 제안 기법 흐름도

crystal)필름[9][10]을 차량 앞 유리에 붙여 사용한다. PDLC는 고분자 매트릭스 내에 미세 마이크로 크기의 수많은 액정의 액적(droplet)들이 마구잡이로 분산되어 있는 복합체이다.

PDLC는 (그림 2)과 같이 전기가 흐르지 않는 상태에선 액정의 액적들과 고분자 매트릭스 사이의 굴절률이 일치하지 않아 빛이 강하게 산란되기 때문에 불투명한 상태로 존재한다. 반면, 전기가 켜진 상태에서는 액정들이 전기장 방향으로 배열을 일으켜 액적들과 고분자 매트릭스 사이의 굴절률이 일치하게 되므로 PDLC가 투명한 상태로 전환된다.



(그림 2) PDLC 필름 구조 및 동작 원리

운전자의 눈부심이 발생하기 전 PDLC는 정격전압 인가 하에 투명한 상태를 유지하다 운전자의 눈부심이 측정되면 전압을 낮춰 들어오는 빛의 양을 감소시킨다.

2.3 RGB 카메라와 스마트 필름 연동

제안된 기법은 마이크로 컴퓨터에 RGB 카메라와 스마트 필름을 연결하여 연동될 수 있다. 스마트 필름은 빛 투과율을 조절할 수 있도록 릴레이 모듈과 전압 모듈을 연결하여 이용한다.

RGB 카메라로부터 입력된 이미지에서 운전자의 눈부심이 감지가 되지 않았을 땐 릴레이 모듈 스위치가 동작을 하지 않아 스마트 필름에 정격전압이 그대로 인가된다. 운전자의 눈부심이 감지가 되면 마이크로 컴퓨터에서 전기 신호로 릴레이 모듈 스위치를 동작시킨다. 스위치가 동작되면 전압 모듈이 입력 전압을 특정 전압으로 낮춰 출력해 스마트 필름의 빛 투과율을 조절한다.

3. 결론

본 논문에서는 단일 RGB 카메라와 스마트 필름인 이용한 운전 중 운전자의 눈부심 측정 및 완화를 위한 기법을 소개했다.

향후 연구로 실시간 수준으로 처리가 가능한 저조도 이미지 향상 기법과 조명 정규화 기법을 적용해 영상 해석을 보다 용이하게 하고 제안 기법을 시스템화 해 차량 내부에서 시스템 동작을 직접 실험해 볼 계획이다.

추후 제안된 기법을 통해 운전 중 다양한 원인으로 인해 발생할 수 있는 눈부심과 그에 따른 교통사

고의 위험을 경감시키기 위한 도구로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

감사의 글

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학사업의 연구결과로 수행되었음 (2018-0-00209)

참고문헌

[1] Mace, D. Garvey, P. Porter, R, J. Schwab, R. ADRIAN, W "Countermeasures for reducing the effects of headlight glare" AAA Foundation for Traffic Safety, 2001

[2] D. Aiteanu, J. Zeisler and M. Hainfellner, "Selective darkening of the windshield using high speed video analysis for driving assistance," 13th International Conference on (OPTIM), 2012

[3] X. Liu, A. Leu, D. Bacara, M. Hainfellner and A. Graeser, "Robust dazzling detection in a novel visual based dazzling avoidance system," IEEE Intelligent Vehicles Symposium Proceedings, 2014

[4] 김학래 "스테레오 카메라를 이용한 차량용 자동 눈부심 완화방법 = An Automobile Automatic Glare Reduction Method Using Stereo Camera" 동국대학교, 2016

[5] M. Kowalski, J. Naruniec, and T. Trzcinski, "Deep Alignment Network: A Convolutional Neural Network for Robust Face Alignment," Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) Workshops, 2017.

[6] 박정식 "비디오 상의 얼굴에 대한 3차원 변형 시스템 = A System for 3D Face Manipulation in Video" 한국방송•미디어공학회, 2019

[7] S. Ren, X. Cao, Y. Wei, and J. Sun, "Face Alignment at 3000 FPS via Regressing Local Binary Features," Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), pp.1685－1692, 2014

[8] V. Kazemi and J. Sullivan, "One Millisecond Face Alignment with an Ensemble of Regression Trees," Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), pp.1867－1874, 2014

[9] James L. Fergason, "Encapsulated liquid crystal and method", US Patent 4,435,047. 1984 Mar 6

[10] Bao-Gang Wu, J. William Doane, "Liquid crystalline-plastic material having submillisecond switch times and extended memory", US Patent 4,671,618. 1987 Jun 9