

야간 자율주행 안전성 향상을 위한 조명반사광 감소에 관한 기초연구

^{1*}박창민

A Basic Study on the Reduction of Illuminated Reflection for improving the Safety of Self-driving at Night

^{1*}Chang min Park

요약

AI 기술이 발전함에 따라 자율주행의 안전성에 관한 관심이 대두되고 있다. 최근, 자율주행의 차량이 증가하고 있지만 그에 대한 부작용을 해소하기 위한 노력은 다소 부진한 실정이다. 특히, 야간에 운행되는 자율주행 차량은 더욱 많은 문제들을 안고 있다. 운행의 다양한 환경에서 야간 주행을 위한 환경은 매우 중요한 요소이다. 이에, 본 연구에서는 야간 자율주행 차량에서 핵심적인 문제점으로 부상하고 있는 반대 차량의 전조등 또는 주위 다양한 조명에 의해 발생하는 반사광을 감소시키는 방안을 제안한다. 이를 위하여, 먼저, 야간 주행 중에 센서에 의해 획득한 영상에서 반사광 특성 정보를 활용하여 조명 반사광을 추출한 후, 반사계수를 활용한 각 픽셀의 색상을 찾아 specular 영역을 감소한다. 그 후 영역의 밝기 성분만을 이용한 새로운 영역을 찾아 최종적으로 이를 감소하는 방안을 제시한다. 조명 반사광을 완벽히 감소할 수는 없지만 대체적으로 만족할 만한 결과를 얻을 수 가 있었다. 따라서 제안된 연구 방법이 야간에서의 자율주행에서 다양한 단점 및 문제들을 해결하고 사고를 줄이는 방법에 기여할 것으로 사료된다.

Abstract

As AI-technology develops, interest in the safety of autonomous driving is increasing. Recently, autonomous vehicles have been increasing, but efforts to solve side effects have been sluggish. In particular, night autonomous vehicles have more problems. This is because the probability of accidents is higher in the night driving environment than in the day environment. There are more factors to consider for self-driving at night. Among these factors, reflection of light or reflected light of lighting may be a fundamental cause of night accidents.

Therefore, this study proposes method to reduce accidents and improve safety by reducing reflected light generated by the headlights of opposite vehicles or various surrounding light that appear as an important problem in night autonomous vehicles. Therefore, first, in an image obtained by a sensor of a night autonomous vehicle, illumination reflected light is extracted using reflected light characteristic information, and a color of each pixel using a reflection coefficient is found to reduce a special area generated by geometric characteristics.

In addition, we find a new area using only the brightness component of the specular area, define it as Illuminated Reflection Light (IRL), and finally present a method to reduce it. Although the illumination reflection light could not be completely reduce, generally satisfactory results could be obtained. Therefore, it is believed that the proposed study can reduce casualties by solving the problems of night autonomous driving and improving safety.

Keywords: Self-driving vehicles, Illuminated reflection extraction, specular area, Illuminated reflection reduction, reflected light

¹영산대학교 성심교양대학 교수, cmpark@ysu.ac.kr

I. 서론

자율주행 자동차는 다양한 외부 환경과 주행 환경을 스스로 인식하고 판단하여 가장 최적의 전략으로 운행되어야 한다. 이는 운전자 및 보행자, 주위 사물에 대한 안전성을 확보하기 위함이다. 최근 자율주행의 안전성을 높이기 위하여 매우 다양한 기술들이 개발되고 있다. 따라서 이러한 안전성 향상을 위해서는 사람의 지능을 대신할 수 있는 기술들이 절실히 필요하다. 인공지능(AI)의 발달로 효율적인 기술들이 개발되고 있지만 자율주행 자동차의 사고는 여전히 높은 편이다. 자율주행 자동차의 사고 원인은 “운전자의 부주의”, “전자장비의 기계적 결함”, “SW 결함”, “도로정보오류”, “통신정보오류” 등 일반자동차에 비해 매우 다양한 것으로 나타나고 있는 실정이다. 다양한 첨단 기술이 장착된 자율주행 자동차가 이미 많이 상용화 되고 있지만 레벨 3 이상의 자율주행 능력을 구현하는 자동차는 여전히 1% 미만이며 2030 년경에는 15~20%의 보급률이 나타날 것으로 예상하고 있어 이를 위해서는 보다 전문적이고 미세한 기술 개발이 절실하다[1].

자동차 운행은 시각에 의한 다양한 정보를 활용하는 것이 매우 중요하다. 이러한 시각 정보는 급격히 발전하고 있는 SW 및 HW의 기술 결합으로 이루어진다. 특히, 자율주행 자동차에서 가장 많이 활용하고 있는 대표적인 센서들은 라이다(LiDAR), 레이더(Radar) 등이 있다. 그 이유는 센서에 의해 획득한 시각 정보는 외부의 조명이나 빛이 피사체에 반사되어 나타나는 정보를 활용하기 때문에 날씨의 변화와 주변 환경에 따라 정보의 품질이 급격히 변하기 때문이다. 하지만, 이러한 센서의 시각 정보는 피사체에서 일정한 거리가 유지되어야 한다는 단점이 있다[2]. 이를 위하여 [3]에서는 다채널 칼라 정보를 피사체를 인식하는데 활용하고 있다. 하지만 이는 다양한 센서들의 정보를 융합하는 것으로 센서의 특성에 따라, 또는 일부 센서가 고장인 경우 정확한 시각 정보를 획득하기 어렵다.

한편, [4]에 따르면, 야간 도로 이용자중에 야간 시간대의 치명적인 부상자는 차량 탑승자보다 보행자의 수가 10 배 이상에 이른다고 한다. 이는 야간에는 속도와 거리를 판단하기가 어렵고, 물체가 보이는 것보다 더 가까이 있거나 처음 예상했던 것보다 더 빨리 이동할 수 있기 때문이다. 뿐만 아니라, 야간주행 환경에서는 조도가 매우 나빠, [3]에서 제시하고 있는 방안이 야간 도로 환경에서는 효율성이 매우 떨어진다. 그리고 야간주행에는 일반적으로 조명조건, 가로등, 신호등, 지상의 도로 반사판과 같은 야간 도로 환경에서 차량 전조등과 함께 다양한 반사광이 공존한다 [5]. 특히, 이러한 반사광들은 바닥이 젖은 야간 도로나 반대편 차량의 전조등 불빛이 반사되어 실제 보행자 또는 장애물을 감지하는데 많은 어려움을 야기한다(그림 1).



Figure 1. The Illuminated Reflection of the night Road

한편, 자율주행 차량의 사고는 매우 다양한 환경에서 발생한다. 특히, 야간 자율주행에서 자동차의 전면에 위치한 카메라 센서에 강한 빛이나 반대 차량의 차량 전조등, 주위의 각종 조명 등으로 인하여 이미지 센서의 오작동이 발생한다. 이는 주위의 간섭이나 잡음으로 인하여 물체의 인식이 불안하거나 장애물의 색상을 주위 환경 색상들과 유사한 것으로 오인하여 나타나는 경우이다. 이를 위하여 HLC(Highlight Compensation Capability), WDR(Wide Dynamic Range) 등과 같은 기술이 개발되고 있지만 이러한 기술들은 대부분 주간이나 주위가 매우 밝은 대낮에 직사광선 등의 문제점을 줄이는데 효율성이 있다[6]. 하지만 야간 자율주행은 도로의 환경에 따라 운전 조건이 현저하게 차이가 있어 센서의 기능이 저하되어 보행자, 자전거 이용자, 오토바이 운전자 등 교통약자를 인식하기가 더 어려워질 수 있다.

최근, 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 다양한 연구들이 진행되고 있다. 야간 자율주행의 안전성을 높이기 위하여 [7]에서는 인공지능 기술을 활용한 자율주행차용 야간 환경 저조도 영상

변환 기술을 개발하였다. 이는 야간 환경에서 보행자 차량인식, 경로 예측, 도로 표지판 등과 같은 고정 객체 인식, 도로 상황 인식 등에 활용할 수 있지만, CycleGAN 등의 기술을 활용하여 영상을 변환하는 과정과 같은 많은 연산을 필요로 하는 문제점을 안고 있다. 때문에 야간 자율주행 차량의 사고를 예방하고 안전성을 높이기 위하여 보다 단순한 기술로 위험 상황에서 빠르게 대응할 수 있는 방안이 절실하다.

이에, 본 연구에서는 야간주행에서 도로의 환경(전조등 간섭, 조명 간섭 등)에 따라 발생하는 반사광을 통합하여 조명 반사광으로 정의하고, 이를 비교적 단순한 연산으로 감소시켜 자율주행 차량에 탑재된 다양한 센서들이 실시간으로 빠르게 대처하여 야간 자율주행 차량의 운행에서 발생할 수 있는 사고를 보다 근본적으로 줄이고 효율성을 향상시킬 수 있는 기초적인 방안을 제시한다.

2 장에서는 반사광의 특성에 관하여 서술하고 표면 반사 벡터와 조명 반사 벡터를 활용하여 조명 반사광을 먼저 추출한다 그리고 3 장에서는 추출된 조명 반사광에 대하여 전처리 과정으로 표면 반사가 제거된 바디 반사를 이용하여 specular 영역을 감소하는 알고리즘을 제시하고 이를 통하여 최종적으로 조명 반사광을 감소시키는 방안을 제안한다. 4 장에서는 이러한 결과를 기반으로 실험 결과를 보여준다. 그리고 5 장에서는 결론과 앞으로의 연구 방향에 대하여 논의한다.

II. 조명 반사광 추출

2.1 반사광 특성

반사광은 빛이나 조명이 사물에 부딪혀서 반사되는 빛이다. 바닥이나 표면에 빛이나 조명을 비추다면, 그들 중 일부는 튕겨 나가거나 표면에 반사될 것이다. 이러한 반사 법칙은 조명이나 빛이 항상 표면에 부딪히는 각도와 같은 각도로 표면에 의해 반사된다는 것을 의미한다[8]. 따라서 반사광은 아래와 같은 특성을 가진다(그림 2).

- 입사각은 반사각과 같다
- 입사점의 표면에 대한 법선인 입사광선과 반사광선은 모두 동일한 평면에 있다
- 반사 법칙은 구면 표면을 포함한 모든 유형의 반사 표면에 적용된다

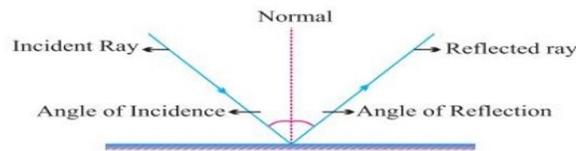


Figure 2. The Characteristics of illuminated reflection

2.2 조명반사광 추출

같은 조명에 대하여 동일하게 빛을 받는 객체의 반사적인 특성에 따라 색상들이 달리 나타날 뿐만 아니라 어떤 물체들은 더 밝아 보이기도 한다. 이러한 영역은 금속성이나 비전도성 물체에 따라 다른 반사 특성을 보인다. [9]에서는 물체의 표면에 반사되는 색상은 파장에 무관하게 일정한 값을 가지므로 반사되는 색상의 정보는 조명의 색상을 반영하는 것을 보여주면서 표면에 나타나는 반사 벡터를 조명에 의한 벡터로 표현하였다. 하지만, 물체에 존재하는 색상으로 인하여 표면 반사 벡터의 방향은 조명에 의한 조명 벡터의 방향과 일치하지 않다. 이는 물체의 조명 반사광 영역들은 조명 색상에 근접하는 방향으로 형성된다는 것을 의미한다. 따라서 표면 반사 벡터보다는 조명 반사광 영역의 최대 픽셀 색상 값이 조명 색상을 더욱 명확하게 반영하는 것을 알 수 있다. 그림 3 은 표면 반사 벡터(V_S)와 조명 반사 벡터(V_L)에 의해 생성되는 조명반사광(IRL) 영역을 나타내고 있다. 뿐만 아니라 조명 반사광 영역은 내부 반사(V_0)와 조명 반사 벡터(V_L)에 의해 유동적임을 알 수 있다.

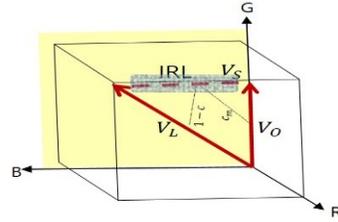


Figure 3. IRL by internal reflection vector and illumination reflection vector

이에 본 연구에서 먼저 조명 반사광을 추출하기 위하여 위에서 언급한 반사광 특성 정보를 활용한다. 이러한 특성은 조명의 색상에 무관한 물체의 고유 특성이기 때문에 반사광 특성에 다른 조명 색상을 합성함으로써 완전히 다른 조명 색상이 접목된 결과이며, 원 영상에서 조명 색상을 변화시킨 후 추출된 영상과 동일한 시각적인 효과를 얻을 수 있기 때문이다. 따라서 조명 반사광은 그림 3을 기반으로 수식 1을 산출할 수 있다.

Equation 1. Equation for extracting illuminated reflected light

$$IRL = c_m V_O + (1 - c) V_L$$

$$\left\{ \begin{array}{l} IRL: \text{Illuminated Reflection Light} \\ c, c_m: \text{geometric coefficient} \\ V_O: \text{internal reflection vector} \\ V_L: \text{illuminant reflection vector} \\ V_S(\text{surface reflection vector}): V_O + V_L \end{array} \right.$$

그림 4는 수식 1을 활용하여 IRL을 추출한 결과를 나타내고 있다. 원본 영상(그림 4(a))의 결과로 나타난 그림 4(b)를 보면, 대체적으로 많은 영역들이 IRL로 추출되고 있는 것을 알 수 있다. 특히, 자동차의 전조등이 많이 포함되거나 젖은 도로의 반사에 의한 간접 및 배경의 화려한 조명의 간접으로 인하여 다수의 영역이 조명 반사광으로 간주되고 있음을 알 수 있다. 또한, 안개 등과 같은 날씨의 영향으로 반사되는 반사광은 대부분의 영역을 조명 반사광으로 인식되는 결과도 나타났다. 이러한 단점들을 보완하기 위하여, 본 연구에서는 조명 반사광을 감소하기 전에 전처리 과정으로 먼저 specular 영역을 줄이는 방안을 제시한다. 그리고 전처리 후의 결과를 이용하여 최종 조명 반사광을 축소한다.

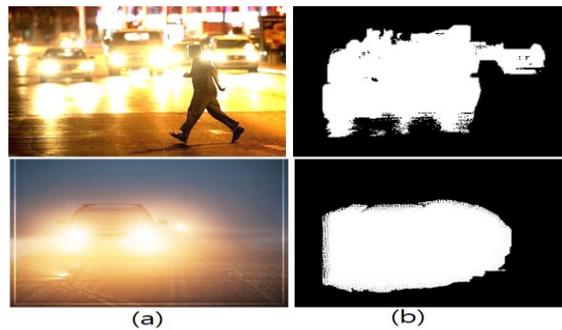


Figure 4. IRL extraction results using Equation 1.

III. 조명 반사광 감소

3.1 specular 영역 감소

색상이 포함된 영상에서 조명 반사광을 완벽히 없애는 것은 결코 쉬운 일이 아니다. 왜냐 하면 영상에 포함된 물체들의 기하학적 특성에 의해 발생하는 specular 영역이 존재하기 때문이다[10]. 이러한 specular 영역은 동일한 물체에 공존하는 영역이지만 물체의 고유 색상과 차이 나는 색상의 특징을 나타내기도 하여 서로 다른 객체로 구분되어 나타나게 되기도 한다. 따라서 전처리 과정을 통하여 specular 영역의 표면 반사에 해당하는 영역은 축소되고 물체의 색상을 반영하고 있는 바디 반사 영역(body reflection vector: V_b) 으로 나타나게 된다. 따라서, [11]에서 제시하고 있는 수식 2(a)를 활용하여 Specular Reduction(SR)을 수행 하고자 한다.

먼저, 수식 2(a)을 이용하여 V_b 를 산출할 수 있다. 하지만 이는 주위에 반사되는 빛을 반영하지 않아 매우 제한적인 환경에서 적용할 수 있다. 실제 다양한 조명의 잡음이 존재하는 영역에서는 주변광이 매우 다양하게 발생하기 때문에 각각의 반사계수(RC_b, RC_s, RC_e) 산출을 위한 근사치(min)가 필요하다. 이를 기반으로 각 픽셀에 대한 색상을 찾고(수식 2(b)), 최종적으로 주변광의 영향에 무관하게 나타나는 specular 영역을 감소시킨다(수식 2(c)). 그리고 그림 5(a)는 SR을 위한 전반적인 흐름도를 나타내고 있다.

Equation 2. Equation for Specular area Reduction

$$RC_b \begin{bmatrix} V_{bR} \\ V_{bG} \\ V_{bB} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_R \\ V_G \\ V_B \end{bmatrix} - RC_s \begin{bmatrix} V_{sR} \\ V_{sG} \\ V_{sB} \end{bmatrix} - RC_e \begin{bmatrix} V_{eR} \\ V_{eG} \\ V_{eB} \end{bmatrix} \quad (a)$$

$$\begin{cases} RC_b: [V_{bR} \ V_{sR} \ V_{eR}]^{-1}[V_R - min_r] \\ RC_s: [V_{bG} \ V_{sG} \ V_{eG}]^{-1}[V_G - min_g] \\ RC_e: [V_{bB} \ V_{sB} \ V_{eB}]^{-1}[V_B - min_b] \\ RC_b, RC_s, RC_e: Reflection Coefficient \\ min: approximate value \\ C: Color of each pixel \\ SR: Specular Reduction \end{cases}$$

$$C = RC_s * V_s + RC_b * V_b + RC_e * V_e + min \quad (b)$$

$$SR: RC_b * V_b + min = C - RC_s * V_s - RC_e * V_e \quad (c)$$

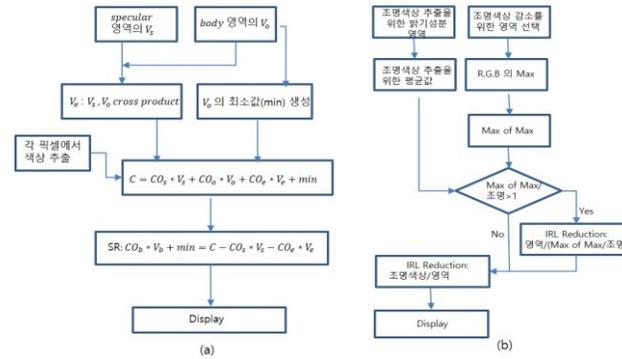


Figure 5. Flow Chart of SR(a) and IRL reduction(b)

3.2 조명반사광 감소

조명이나 빛에 의한 반사는 빛이 표면에 닿았다가 반사하면서 발생하는 영역이다. 이는 물체의 반사 특성이 조명의 변화에 무관한 고유 특성 이므로 새로운 조명의 합성으로 인하여 발생하는 영역이다. 따라서 실제 영상에서 조명 색상을 변화시킨 후 추출된 영상은 동일한 시각적 효과를 얻을 수 있다. 뿐만 아니라, 조명에 의해 변화된 물체의 색상을 회복하여 색상 정보를 이용하는 여러 응용에 보다 명확한 정보를 제시할 수 있다. 이에 본 연구에서는, 영상의 밝기성분을 비율적인 반사의 속성계수를 조명의 색상으로 추정한다. 이는 영상의 밝기성분 영역이 평평한 표면이므로

surface reflection 요소가 존재하지 않으며 body reflection factor 인 색상 값은(R,G,B)는 일반적으로 1의 값을 가진다. 따라서, 밝기성분 영역의 색상을 조명의 색상이라고 할 수 있다.

수식 3은 표면에 반사된 조명 반사광을 감소시켜 새로운 조명 색상이 포함된 영상을 생성하는 과정을 수식으로 나타내고 있다. 이를 위하여 먼저, quantum catch(QC)를 추출된 조명의 색상(I)으로 나누어 각 반사의 속성계수(α, β, γ)들이 합해진 형태의 결과를 추출할 수 있다. 또한 각각의 α, β, γ 에 새로운 조명 색상(New_R, New_G, New_B)을 곱하여 변화된 새로운 QC(New_QC)를 생성하였다. 이는 New_R, New_G, New_B 에 의해 새롭게 생성된 영상으로, 이를 활용하여 최종적으로 그림 5(b)와 같은 알고리즘으로 IRL을 감소하였다.

Equation 3. Equation for new image generation by New_QC

$$\begin{cases} \alpha New_R = New_QC_R, \alpha = \frac{QC_R}{I_R} \\ \beta New_G = New_QC_G, \beta = \frac{QC_G}{I_G} \\ \gamma New_B = New_QC_B, \gamma = \frac{QC_B}{I_B} \end{cases}$$

IV. 실험 및 토의

차량의 운행기술이 발달함에 따라 자율주행 자동차의 기술도 끊임없이 발전하고 있다. 자율주행 자동차 기술에서 가장 문제가 되는 것은 안전성이다. 특히, 사람의 시각에 해당하는 센서의 기술은 이러한 안전성을 결정하는 매우 중요한 요소로 부상하고 있다. 이를 위한 다양한 기술이 개발되고 있지만, 센서의 제한된 정보만으로는 만족할 만한 안전성을 입증할 수 없다. 이에 본 연구에서는, 야간 자율주행의 안전성 향상을 위하여 운행 중 센서에 의해 획득한 영상에서 상대 차량의 전조등이나 주위의 조명에 의한 반사광을 감소시키는 방안을 제시한다.

그림 6, 7은 위에서 제시한 방안을 이용하여 실험한 결과를 보여주고 있다. 연구 결과의 객관성을 위하여 다양한 불빛 반사 및 IRL이 나타나는 100개의 에서 보행자가 없는 영상(그림 6)과 보행자가 존재하는 영상(그림 7)으로 분류하여 실험하였다. 그림 6(a)와 7(a)는 원본 영상이며, 각 (b)와 (c)는 [9]와 [10]에서 제안한 방법으로 실험한 결과를 보여주고 있다. 그리고 각 영상의 (d)는 제안된 방법으로 IRL이 감소된 최종 영상을 나타내고 있다.



Figure 6. Results of pedestrian-free images

먼저, 그림 6의 전반적인 결과를 보면, 대체적으로 IRL 감소의 효율성은 매우 미미하게 나타나고 있는 것을 볼 수 있다. 이는 영상에서 야간 자율주행의 안전성을 비교하기 보다는 IRL 감소에 초점을 실험한 결과이며 또한 그렇게 인지하기 때문이다. 하지만, (d)에서는 원본 영상과 비교했을 때 (b)와 (c)에 비해 전반적으로 IRL이 급격히 감소하고 있는 것을 확인할 수 있었다. 이는 제안된 방법에서는, 언급한 바와 같이 IRL 감소를 위하여 specular 영역에서 밝기성분만을 이용하여 IRL의 감소가 이루어지기 때문이다.

한편, 그림 6의 결과에 대하여 IRL 감소의 효율성을 명확히 하기 위하여 보행자가 존재하는 경우의 영상을 기반으로 실험하였다. 그림 7의 결과에서는 보행자가 있는 경우이기 때문에 효율성을 보다 확실하게 확인할 수 있었다. 뿐만 아니라, (b)와 (c)에서는 IRL의 감소가 이루어지고 있지만 전반적으로 원본 영상과 유사한 결과를 보이고 있다. 하지만, 제안한 방법에 의한 결과 영상(d)에서는 IRL의 감소로 인하여 보행자의 인식이 매우 뚜렷하게 나타나고 있음을 알 수 있다. 이는 야간 자율주행의 가장 문제가 되는 다양한 환경에서의 단점을 보완하고 안전성을 높일 수 있는 기초적인 방안이 될 것이다.



Figure 7. Results of images with pedestrians

한편, 결과의 타당성을 위하여 실험 영상에 각 방법에 대한 IRL 감소율(Reduction Ratio, RR)을 계산하였다. 먼저, 반사 특성을 가지는 매개체(입사, 굴절)의 입사각과 굴절률에 대하여, 입사 굴절률(n_1), 굴절 굴절률(n_2), 그리고 입사각도(θ), s-편광 입사광선의 반사계수는 r_s , p-편광 입사광선은 r_p 와 같이 나타낼 수 있다. 또한, k_{1x} , k_{2x} 는 각 매개체에 대한 입사광선 파수 벡터의 수직 성분 값이다. 따라서, IRL에 대한 RR은 수식 4와 같이 정의된다.

Equation 4. Equation for RR calculation

$$RR = 1 - R \begin{cases} r_s = \frac{k_{1x} - k_{2x}}{k_{1x} + k_{2x}}, r_p = \frac{n_1^2 k_{2x} - n_2^2 k_{1x}}{n_1^2 k_{2x} + n_2^2 k_{1x}} \\ k_{1x} = n_1 \cos \theta, k_{2x} = \sqrt{n_2^2 - \beta^2}, \beta = n_1 \sin \theta \\ R = |r|^2 \end{cases}$$

그림 8은, 수식 4를 이용하여 IRL의 RR을 제안하고 있는 방법과 [9], [10]의 방법을 보행자가 있는 50개의 영상에 대하여 감소율을 비교한 그래프로 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이, [9], [10]의 방법은 전체 실험 영상에 대한 IRL의 RR은 영상이 증가함에 따라 감소율이 대체적으로 0.5 이하를 나타내면서 매우 불규칙적인 그래프를 보이는 반면, 본 연구에서 제안하고 있는 방법

은 실험이 진행됨에 따라 전반적으로 매우 안정적이면서 고루 분포된 감소율 그래프를 나타내고 있다. 이는 위에서 언급한 specular 영역을 추출한 후 조명 색상에 해당되는 밝기성분만을 이용하기 때문에 지속적으로 감소율이 일정 수준 이상의 결과로 나타나고 있음을 확인 할 수 있었다.

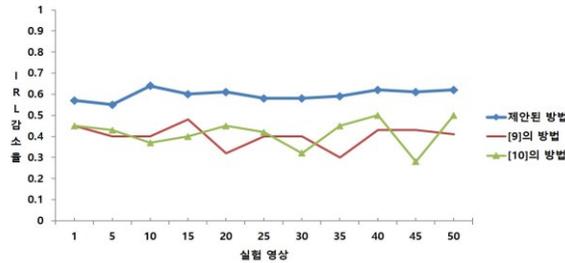


Figure 8. Results of IRL reduction ratio

V. 결론 및 향후 연구

본 연구에서는 야간 자율주행의 안전성 향상을 위하여 자동차 센서에 입력되는 영상들에서 조명 반사광을 비교적 간단한 연산을 통하여 감소하는 방안을 제시하였다. 야간 자율주행의 안전성 확보를 위해서는 무엇보다 상대 차량의 전조등이나 조명 등에 의한 반사광에 의해 센서의 성능이 저하되어 전방의 물체를 명확히 인식할 수 없는 문제점을 해결하는 것이 매우 중요하다. 본 연구에서는 이러한 문제점들을 개선하기 위하여, 차량의 센서에 입력된 영상에서 조명 반사광을 추출하고 이를 감소시킬 수 있는 방안을 도출하였다. 제안된 방법은 야간 자율주행에서 보다 안전한 운행을 할 수 있도록 하여 사고와 인명 피해를 줄일 수 있는 방안으로 활용할 수 있을 것으로 예상된다. 향후 연구 방향으로는, 보다 다양한 환경에서 실험이 진행되어 야간 자율주행의 안전성을 높일 수 있는 방안이 마련되어야 할 것으로 사료된다.

VI. 감사의 글

이 논문은 2022 학년도 영산대학교 교내연구비의 지원에 의해 이루어진 것임.

VII. 참고문헌

- [1] S.D. Gi, "A system to determine the cause of accidents in autonomous vehicles", KiRi Report, Aug. 2018
- [2] Y.G. Lee, "The current status of object recognition technology for autonomous vehicles", TTA Journal vol.191, Sep/Oct, 2020
- [3] S. Vora, A.H. Lang, B. Helou and O. Beijborn, "PointPainting: Sequential fusion for 3D object detection", IEEE/CVF(CVPR), pp.4603-4611, 2020
- [4] The Royal Society for the Prevention of Accidents, "Road Safety Factsheet", Registered Charity No:207823, Jun. 2017, www.rosipa.com,
- [5] M.S. Kim, "Death of Tesla Model S", Chosun Biz, Jul. 2016
- [6] Y.L. Chen, Y.H. Chen, C.J. Chen and B.F. Wu, "Nighttime Vehicle Detection for Driver Assistance and Autonomous Vehicles", 18th International Conference on Pattern Recognition(ICPR'06), IEEE, Sep, 2006
- [7] H.S. Kim, "Low-light image conversion technology in the night environment for autonomous vehicles using AI", ETNEWS, etnews.com/20210901000057, Sep. 2021
- [8] Study-Material-Class-10-Chapter-10, "Properties of Light", Science Class-10(SA-II), <http://punainternationalschool.com>ck-images>

- [9] S. Tominaga and B.A. Wandell, "Standard surface-reflectance model and illuminant estimation", Journal of Optical Society of America, Vol. 6, No. 4, pp. 576-584, 1989
- [10] A. Morgand, M. Tamaazousti " Generic and real-time detection of specular reflections in images", ResearchGate, Jan, 2014
- [11] X. Lu, H. Zhang, "Color classification using adaptive Dichromatic model", Proceeding of 2006 IEEE ICRA, pp. 3411-3416, 2006

저자소개



박창민 (*Chang Min Park*)

1996 년 2 월 독일 도르트문트대학교 공학석사
2006 년 2 월 부산대학교 컴퓨터공학과 공학박사
1997 년 9 월 ~ 현재 영산대학교 성심교양대학 교수

관심분야: 영상검색, 영상이해 및 추출
