

모바일 어플리케이션을 이용한 차선의 시인성 분석 연구

김연태¹, 이수형^{2*}

¹한국건설기술연구원 도로교통연구본부 · 인하대학교 토목공학과

²한국건설기술연구원 도로교통연구본부

A study on the analysis of suboptimal visibility using mobile applications

Yeon Tae Kim¹, Soo Hyung Lee^{2*}

¹Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Civil Engineering Inha University

²Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

요약 본 연구에서는 모바일 어플리케이션을 활용하여 스마트폰 카메라로 촬영한 차선 이미지의 가시성을 기반으로 시인성을 분석하는 연구를 진행하였다. 촬영 어플리케이션을 자체적으로 제작하고 차선을 촬영할 때 컬러패치를 함께 촬영하여 어플리케이션에 포함된 인공지능 알고리즘으로 컬러패치를 검출하였다. 이후 검출된 컬러패치의 좌표영역을 기준으로 24개의 컬러패치 영역을 통해 차선 이미지의 색상을 교정하였다. 교정된 이미지는 RGB-YUV 변환을 통해 Y값을 추출하였다. 실험과정은 동일한 도로구간에 대해 3일 동안 오전 10시, 오후 2시, 오후 7시에 걸쳐 사진을 촬영하였다. 데이터 분석결과 컬러패치를 이용해 교정을 함으로써, 외부 환경의 영향을 최소화했지만 Y값은 외부 환경에 따라 현저하게 변화하는 결과를 얻었다. 따라서 RGB-YUV 변환을 통해 추출된 Y값이 실제 물리적인 휘도값을 절대적으로 반영한다고 보기에는 어려운 것으로 나타났다. 또한 촬영 시간과 각도에 따라 Y값이 현저하게 변화하는 결과를 나타내는 것으로 분석되었다. 또한 본 연구에서는 단일의 스마트폰을 사용하여 이미지를 촬영하였지만 향후 스마트폰의 기종별, 해상도별 Y값의 변화정도를 수치화하여서 보정공식을 도입해야 할 필요성을 확인하였다.

Abstract In this study, visibility was analyzed in lane images captured with a smartphone camera using a mobile application. When photographing a lane, color patches are photographed together and detected with an artificial intelligence algorithm that is included in the application. The color of the lane image is corrected through 24 color-patch areas based on the detected coordinate area of the color patches. In the corrected image, the Y value was extracted by RGB-YUV conversion. Photos were taken at 10 am, 2 pm, and 7 pm on the same road section for 3 days. As a result of data analysis, the effect of the external environment was minimized by correction using color patches, but the Y value changed remarkably according to the external environment. Therefore, it is difficult to see that the Y value extracted through RGB-YUV conversion absolutely reflects the actual physical luminance value. In addition, the Y value showed different results depending on the time and angle of the photo.

Keywords : Lane, RGB, YUV, Luminance, Application

본 논문은 한국건설기술연구원에서 수행중인 "인천광역시 스마트 도로관리시스템 구축 및 운영 (1/3)" 연구과제로 수행되었음.

*Corresponding Author : Soo Hyung, Lee(Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology)

email: shlee1@kict.re.kr

Received November 29, 2021

Revised February 7, 2022

Accepted April 1, 2022

Published April 30, 2022

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

교통사고분석시스템(TAAS)의 분석 결과에 따르면 지난 5년간 평균 교통사고 평균 사망자수는 약 3,700명, 평균 사고건수는 1,093,654건으로 교통사고 발생 대비 사망률은 1.7%이다. 또한 교통사고 발생 유형을 도로선형을 기준으로 직선도와 곡선도로 구분하여 분석하였을 때 연평균 사고 발생건수는 직선도가 193,098건, 곡선도가 13,684건으로 집계된다. Table 1은 최근 4년간 도로선형별 교통사고 발생 통계를 표로 나타낸 것이다[1]. 교통사고는 도로를 구성하는 3대 요소인 운전자, 도로, 차량 요소의 조합에 의해 발생한다. 이중, 도로에서의 교통사고에 영향을 미치는 세부적인 요인 중 하나는 도로 차선의 시인성이라고 할 수 있다. 차선은 도로의 종류에 따라 구분되며 흰색, 노란색 파란색으로 구분되어져 있다. 차선은 야간뿐만 아니라 주간에도 운전자에게 명확하게 보여야 본래의 기능을 발휘할 수 있다[2].

Table 1. Traffic Accidents by Road Type

type	division	year			
		2017	2018	2019	2020
curve	accident	13,443	13,495	14,410	13,684
	dead	734	664	506	571
straight	accident	200,273	201,276	212,932	193,098
	dead	3,431	3,086	2,823	2,493
other	accident	2,619	2,377	2,258	2,872
	dead	20	31	20	17

주간에는 가시광선 영역에서 명확하게 차선을 인지할 수 있지만 야간에는 조명이 없기 때문에 명확하게 차선을 인지할 수 없다. 따라서 운전자가 야간 무조명 구간에서 차선을 인지할 수 있도록 차선 도로의 표면에 그라스 비드(유리알)를 포설함으로써 자동차의 전조등에 의해 빛이 운전자에게 되돌아오게 하는 재귀반사를 이용하여 차선의 야간 시인성을 확보한다. Fig. 1은 도로 차선의 시인성과 가시성에 대한 그림이다.

차선의 재귀반사 성능은 도로에 포함되어 있는 그라스 비드를 통해 결정이 되는데 그라스 비드는 시간이 지남에 따라 도로에서 떨어져 차선의 시인성은 시간이 지날수록 점점 성능이 떨어지게 된다. 도로포장 유지보수 실무편람에서는 차선을 도색하였을 때의 재귀반사 성능을 240으로 보며 100이하로 떨어지게 될 경우 재도색을 진행하도록 한다.

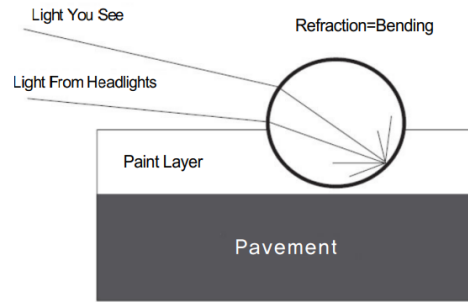


Fig. 1. The relationship between retraction and visibility

국토교통부는 안전한 도로환경을 만들기 위해 매년 차선조사장비를 운용하여 도로 구간의 재귀반사휘도 성능을 조사하고 있다. 이때 사용되는 조사 장비는 808nm의 레이저 광원, 주변광 차단필터, 재귀반사광원 수광센서를 포함하고 있기 때문에 조사 비용 또한 매우 높고 전수 조사의 주기가 길어 연간 1회에서 2회 조사를 시행하는 실정이다.

Fig. 2는 차선조사장비의 사진이다. 상기 차선 조사장비를 통해 평가된 도로 재귀반사 성능은 도로 구간별 차선 휘도의 평균값으로 유지보수 의사결정이 이루어지며 실제 보수가 이뤄지기 위해서는 전체적으로 재귀반사 성능이 낮아야 한다[3].



Fig. 2. Vehicle-mounted lane painting luminance and quality inspection device.

하지만 차선 시인성 저하로 인한 교통사고는 도로 전 구간이 아니라 일부 노후화된 영역에서 크게 발생하기 때문에 도로 구간의 시인성을 세분화하여 분석 할 필요성이 있다.

따라서 본 연구에서는 모바일 어플리케이션을 사용하여 주간 차선을 촬영한 뒤 이에 대한 가시성을 기반으로 이미지 상에서 차선의 휘도를 의미하는 Y값을 분석하는 연구를 계획하였다. 이를 통해 향후 차선 휘도 조사 및 유지보수 방법에 대한 기술발전에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대한다.

2. 관련 이론 및 문헌고찰

2.1 차선 시인성 측정방법

차선의 재귀반사성을 측정하는 방법은 크게 분광을 이용한 측정방법과 측광을 이용한 측정방법으로 나뉜다. 분광 측정방법이란 분광측광기로 가시광선영역의 파장별 재귀반사계수를 적분하여 얻는 방법이며, 측광 측정방법이란 수광부를 이용하여 재귀반사계수를 직접 측정하는 방법이다. 노면표시의 재귀반사 휘도계수 측정은 조사면적, 조도의 정확한 측정, 입사각 및 조사각의 정확한 각도의 기준으로 측정되어야 한다. 현재는 국제적으로 승용차가 30m의 거리에서 관측하는 조건인 입사각 88.76°, 관측각 1.05°를 기준으로 한다.

본 연구에서는 위와 같이 측정 조건이 까다로운 재귀반사 성능 평가 방법의 보조 수단으로 카메라를 이용한 시인성 분석 방법에 대해 계획하였다. 이를 위해서 모바일 어플리케이션을 이용해 전방 사진을 촬영한 뒤 컬러패치를 검출하게 한 뒤 컬러패치를 이용해 이미지의 색상 교정을 교정하였다. 이는 조도, 그림자 등 외부환경으로부터의 영향을 최소화하기 위한 방법이다. 이후 RGB-YUV 변환을 진행하여 차선의 시인성을 분석하였다.

2.2 색 모델 변환

영상처리에 사용하는 색 모델은 카메라에서 사용하는 RGB 형식을 사용하지 않고 휘도(Y)와 청색 색차(U), 적색 색차(V) 정보로 구성된 YUV 색 모델을 사용한다.

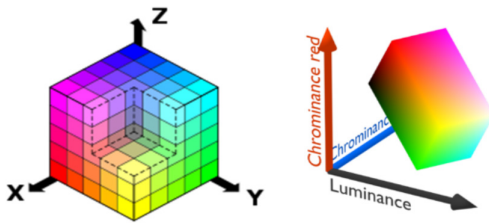


Fig. 3. Three primary colors of light

Fig. 3은 빛의 삼원색에 관한 그림이다. 빛의 삼원색인 RGB 색은 빨간색, 초록색, 파랑색을 가산 혼합하여 색을 표현하는 방식이다. 가산혼합은 감산혼합과 달리 색을 섞을수록 밝아지며, 주로 TV, 모니터, 비트맵 등에 사용한다. 하지만 RGB 색 모델은 데이터가 많고, 처리량이 많아 영상처리 용도로 사용하기에 부적합하다[4].

YUV 색 모델은 비디오 데이터 형식으로 TV에서 컬러페이스로 전송하는 컬러 형식이다. YUV는 크기 비율에 따라 YUV422, YUV444, YUV420, YUV411 등으로 구분되며, 일반적으로 RGB 방식에 비해 작은 대역폭으로 전송하기 때문에 영상처리 용도로 사용하기에 적합하다. 따라서 본 연구에서는 RGB 데이터를 YUV 데이터로 변환하는 과정을 통해서 얻어지는 Y값을 이용해 차선의 시인성을 분석하였다.

2.3 YUV 변환 기법

본 연구에서는 이러한 RGB-YUV 변환 방법을 이용하여 카메라에서 얻은 RGB 데이터를 YUV 데이터로 변환하여 상대적인 휘도값을 의미하는 Y값을 추출하는 방법으로 차선의 시인성을 분석하였다. Fig. 4는 RGB 이미지 데이터를 YUV 데이터로 변환하는 방법에 관한 것이다.

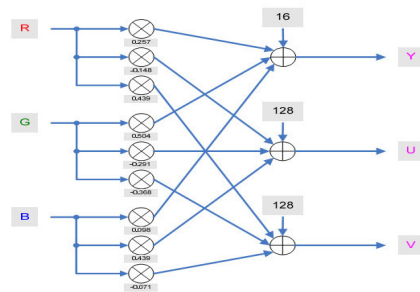


Fig. 4. General math RGB to YUV

2.4 컬러패치를 이용한 색상 보정

일반적으로 카메라를 이용해 촬영한 RGB 이미지 데이터는 조도나 그림자 등 외부 환경에 따라 데이터의 값이 현저하게 달라질 수 있다. 따라서 RGB-YUV 변환을 통해 얻게 된 Y값은 그 자체로 매우 부정확하다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해 RGB-YUV 변환 전 촬영된 RGB 이미지 데이터에 대한 교정작업이 진행되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 위 교정작업을 진행하기 위해 도로 차선의 옆에 컬러패치를 함께 촬영하여서 교정작업을 진행하였다.

Fig. 5는 컬러패치를 이용하여 색상을 보정하는 방법에 관한 것이다. 본 연구에서는 도로에서 촬영된 도로 차선 이미지를 기반으로 밤이나 낮, 조도나 그림자 등 외부 환경의 영향을 받지 않고 차선의 고유한 RGB 정보를 추출하기 위해 컬러패치 기준으로 이상적인 sRGB 분석공

간을 구현하였고 이를 이용해 도로 차선의 색상을 원색 상으로 교정하였다.



Fig. 5. Example of Color Correction using Color Patch

컬러패치는 색 공간의 기본색이 될 수 있는 24가지의 색 조합으로 구성되며, 이를 통해 촬영된 이미지의 물체, 혹은 픽셀의 색을 교정할 수 있게 된다. 이 말은 반대로 교정 전 이미지는 조도나 그림자 등으로부터 왜곡이 존재했다고 볼 수 있다.

색상 교정은 CCM(Color Correction Matrix)를 이용하여 변환식을 구성하였다. 이는 색상교정계수라고 하며 아래 수식 (1)과 같다.

$$\begin{pmatrix} R_c \\ G_c \\ B_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} K_{11} & K_{12} & K_{13} \\ K_{21} & K_{22} & K_{23} \\ K_{31} & K_{32} & K_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} \quad (1)$$

2.5 모바일 영상처리를 위한 연산 최적화 연구

고사양의 디지털 카메라가 내장된 스마트폰이 보급되면서 모바일 기기의 제한된 성능에서 고사양의 영상 이미지를 가공하기 위해서는 효율적인 알고리즘과 연산 최적화가 필수적이다. 또한 프로그램 언어에 따라 연산 처리 성능의 큰 차이를 보이는데, 일반적으로 안드로이드 API(Application Programming Interface)를 사용하여 기능을 구현할 경우 C/C++ 프로그램으로 기능을 구현한 것에 비해 낮은 성능을 보인다. 또한 기존 Python 기반의 OpenCV를 이용한 영상처리 기술 또한 모바일 환경에서 사용하기에는 부적합하여 JNI(Java Native Interface)기반 C/C++ 코드를 사용하여 연산 성능을 향상시키는 것이 바람직하다. 따라서 안드로이드 플랫폼에서 NDK(Native Development Kit)를 통해 JNI 기술을 활용하였다. Fig. 6은 NDK의 구조도이다 [5-7].

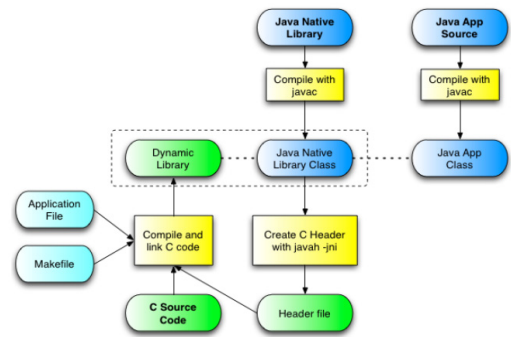


Fig. 6. NDK Structure

2.6 가시성 확보에 따른 시인성 연구

시인성이란 대상물의 존재 또는 모양이 원거리에서도 식별하기 쉬운 성질을 말한다. 또한 가시성이란 배경으로부터 분리된 가시대상의 존재나 색의 차이에 대해 볼 수 있는 정도를 뜻하는 것으로 사물을 식별할 수 있는 정도를 가시성이라고 말한다.

앞서 젖은 상태의 노면이나 야간에서 차선의 재귀반사 성능이 떨어지는 것을 언급했다. 이는 차선의 재귀반사 성능이 떨어져서 운전자가 차선을 식별하기 어려워진 것을 의미하므로 차선의 재귀반사 성능이 좋다는 것은 야간 차선의 시인성이 좋다고 말할 수 있다. 또한 운전자가 주간 차선을 쉽게 식별한다는 것은 차선의 가시성이 좋다고 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 공용 중인 도로의 차선이 차량의 통과와 노후화로 인해 휘도 성능이 낮아진다는 전제 하에 노후화된 차선의 가시성을 기준으로 RGB-YUV 변환을 통해 휘도값을 뜻하는 Y값을 예측하였다.

3. 본론

3.1 RGB YUV 변환 알고리즘

디지털 카메라로 촬영된 이미지는 RGB 이미지 데이터이다. RGB 이미지 데이터를 이용해 차선의 상대적인 휘도값을 분석하려면 Y값을 추출해야 한다. 이를 위해서는 RGB 값을 YUV 색 모델로 변환해야하며 변환 수식은 아래 수식(2)와 같다[8,9].

$$\begin{pmatrix} Y \\ U \\ V \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.3 & 0.59 & 0.11 \\ -0.148 & -0.291 & 0.439 \\ 0.614 & -0.517 & -0.096 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} \quad (2)$$

R stands for red, G stands for green, and B stands for blue, representing adding weight to RGB.

각 객체의 밝기는 차선의 폐쇄영역에 포함되어 있는 RGB 값의 평균을 측정하여 YUV 색 모델로 변환하여 평균 밝기 값을 측정하였다.

3.2 색상 교정

Fig. 7은 차선 영역을 지정하여 차선 영역에 대한 픽셀 값의 RGB 값을 추출하는 과정에 대한 이미지이다. 추출된 RGB 값에 대하여 색상을 교정하기 위해 SpyderCheckr 24 패치를 사용하였다. 본 패치는 24개의 기준 색상을 제공한다. 따라서 이를 이용해 색상 대조 계수와 매트릭스를 산출하였다. Fig. 8은 SpyderCheckr 24 패치이다. 색상 대조 계수와 그 매트릭스는 일반적으로 x, y, z 색공간 안에서 사용되는 수식 모델이며 이를 수행하기 위해 sRGB에서 x, y, z로 변환한 뒤 색상 대조 계수를 구하였다. 이후 sRGB에서 다시 x, y, z-D65로 변환하였다. 이에 대한 변환 과정은 아래 Fig. 9와 같다.



Fig. 7. Lane Segmentation



Fig. 8. Datacolor-Spydercheckr24

변환 과정은 다음과 같다. 컬러 패치가 24개의 기준 색으로 이루어지는 점을 이용하여, 24개의 x, y, z 값을

행렬 형식인 24*3 행렬로 표현하였다. 이를 이용하여 정교한 3*3 변환 계수를 얻었다. 이후 x, y, z 복원 수식을 이용하여 입력 이미지의 색상을 복원하고 다시 RGB로 변환하여 최종적으로 sRGB 형태의 디지털 이미지 파일을 구현하였다.

$$\begin{bmatrix} X2 \\ Y2 \\ Z2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C1 & C2 & C3 \\ C4 & C5 & C6 \\ C7 & C8 & C9 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X1 \\ Y1 \\ Z1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} X21 & Y21 & Z21 \\ X22 & Y22 & Z22 \\ X23 & Y23 & Z23 \\ \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C1 & C2 & C3 \\ C4 & C5 & C6 \\ C7 & C8 & C9 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X11 & Y11 & Z11 \\ X12 & Y12 & Z12 \\ X13 & Y13 & Z13 \\ \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix}$$

Fig. 9. x, y, z Restoration Formula

컬러패치를 이용한 색상 교정 알고리즘은 Auto White Balance의 기능도 동시에 수행하여, 흰색 값이 주변 환경의 조도설정에 따라 왜곡된 것을 보정하는 기능을 가지게 된다.

White Balance는 색온도라고 불리며, 색온도에 차이에 따라서 색상의 값이 왜곡되어 다르게 표출될 수 있으며, 본 연구에서는 색온도를 약 6,000K 수준으로 변환해 주도록 설계가 되었다. Fig. 10은 색 온도에 따른 이미지 왜곡 결과이다.



Fig. 10. Results According to Color Temperature

3.3 데이터베이스 구성

모바일 어플리케이션을 통해 수집되는 차선의 밝기 값을 확인하기 위해 데이터베이스 스키마를 구성하였다. 본 논문에서는 MSSQL을 데이터베이스로 사용하였으며 Fig. 11은 ERD(Entity Relationship Diagram)이다.

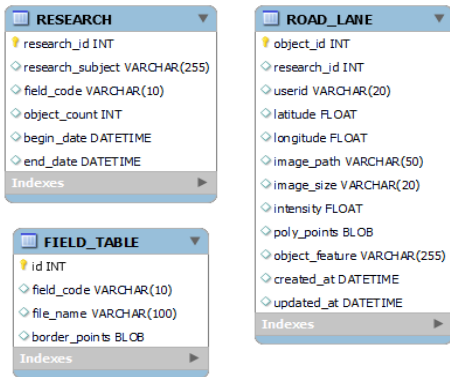


Fig. 11. Mobile ERD

4. 연구 과정

4.1 연구 과정

본 연구를 위해 모바일 어플리케이션을 자체적으로 제작하여 활용하였다. 촬영을 위해 초봄을 기준으로 3일간, 오전 10시, 오후 2시, 오후 7시에 각각 동일한 구간에 대상물 기준으로 1m 거리에서 45° 수준으로 사진을 촬영하였다. 이때 비교를 위해 컬러 패치를 기준이 되는 차선의 옆에 배치하여 함께 촬영하였다.

4.2 모바일 어플리케이션 활용

본 연구를 진행하기 위해 1억 8백만화소가 촬영 가능한 스마트폰을 사용하였고, 모바일 어플리케이션을 활용하여 도로 차선을 촬영할 수 있도록 설계하였다. 어플리케이션 내에 Yolo v5 인공지능 모델을 탑재하여서 차선과 함께 촬영되는 패치를 검출하고 검출된 패치를 이용해 색상을 교정할 수 있도록 하였다. 이후 교정된 RGB 이미지 데이터를 YUV 데이터로 변환하여 Y값을 추출한 뒤 분석해보았다.

어플리케이션의 사용 방법은 다음과 같다. 어플리케이션을 실행 후 사진을 촬영한 뒤 Detect를 클릭하면 촬영된 사진 내에서 컬러패치 검출이 진행된다. 따라서, 본 어플리케이션을 이용해 인공지능을 통해 컬러패치를 검출하는 것에 대한 가능성을 확인하고 검출된 좌표정보를 이미지와 함께 저장하고 이미지의 색상을 교정하는 데에 활용하였다.

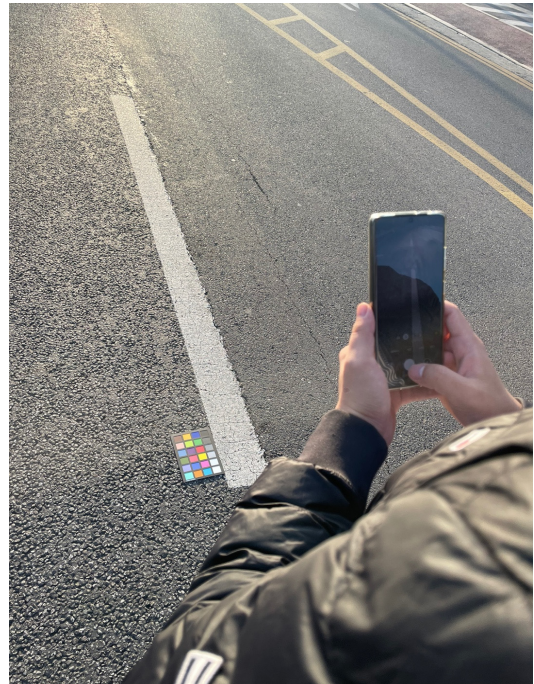


Fig. 12. Application Test 1

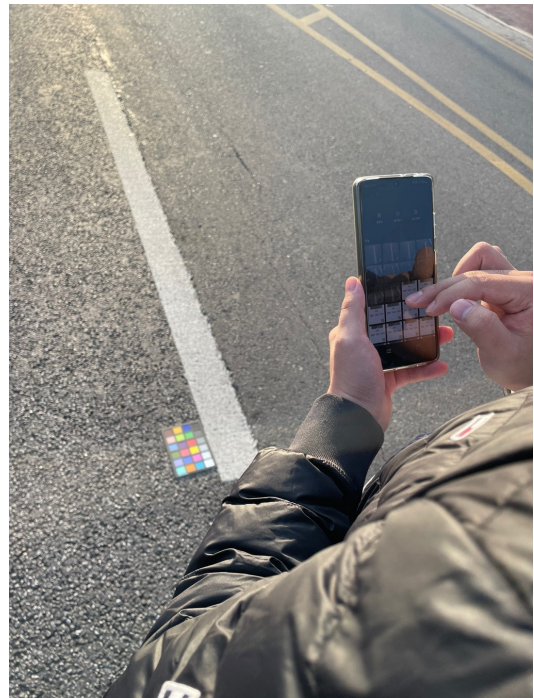


Fig. 13. Application Test 2



Fig. 14. Application Test 3

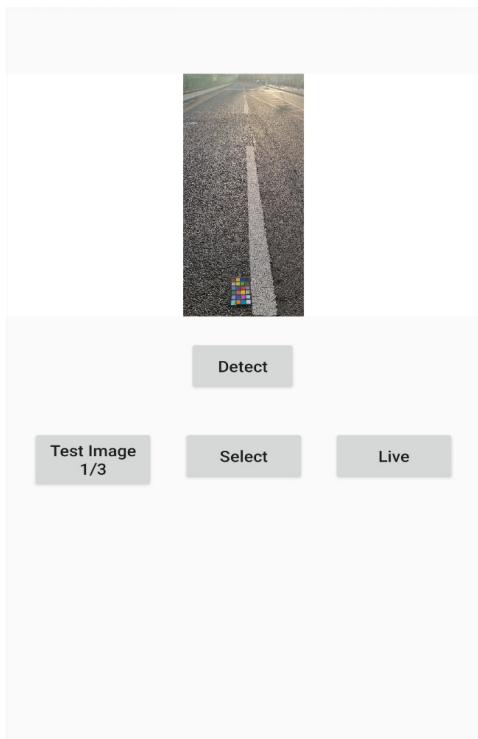


Fig. 15. Application Interface

4.3 휘도계 측정

휘도계를 사용하여 전방의 휘도영상을 찍고 이를 휘도 원본데이터로 사용하였다. Fig. 16-17은 이에 대한 휘도 이미지 데이터이다. 휘도이미지는 이미지 내에서 0.00~7.15에 해당하는 상대적인 휘도를 가지게 된다. 또한 RGB-YUV변환을 통해 분석된 Y값은 이미지 내에서 0~255에 해당하는 상대적인 밝기 값을 가지게 된다. 이때 추출된 단일의 Y값에 칼라맵을 곱하게 되면 휘도 이미지와 같은 칸델라 맵과 똑같은 형식의 데이터가 된다. 따라서 이와 같은 방식으로 기준 휘도이미지를 Y값의 형식으로 변환하여 추출된 Y값과 비교하였다. 따라서 휘도계를 통한 휘도값을 기준으로 RGB-YUV 변환을 통해 추출한 Y값에 대하여 비교해보았다.

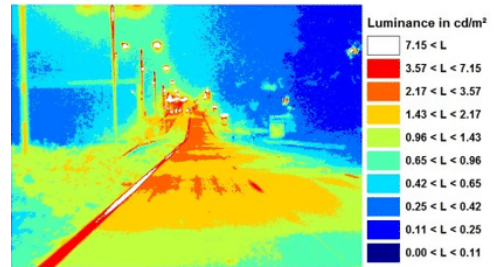


Fig. 16. Luminance Conversion

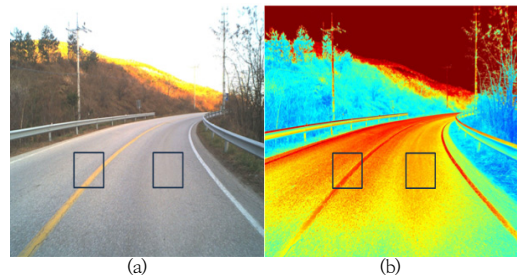


Fig. 17. Luminance Conversion
(a) Original Image (b) Luminance Image

4.4 컬러패치 검출

본 연구에서는 모바일 어플리케이션을 이용해 사진을 촬영할 때 패치검출부터 이미지 분석까지 모든 과정을 자동화하는 것에 대한 가능성 유무를 확인해보기 위해 어플리케이션의 인공지능 알고리즘이 패치를 검출하는 것에 대한 가능성을 검증해보았다. 따라서 연구를 위해 촬영한 9개의 이미지 데이터에 대해 컬러패치를 검출해보았다. 이때 촬영된 원본 이미지는 Fig. 18-20이고, 검출 결과 이미지는 Fig. 21-23이다.

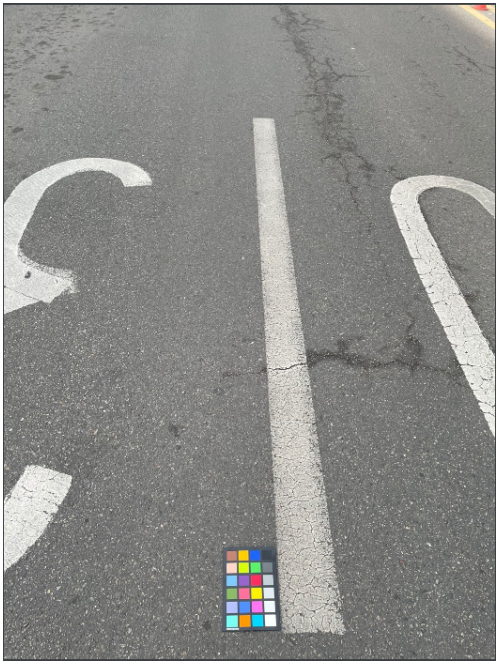


Fig. 18. Original Image Taken at 10 am

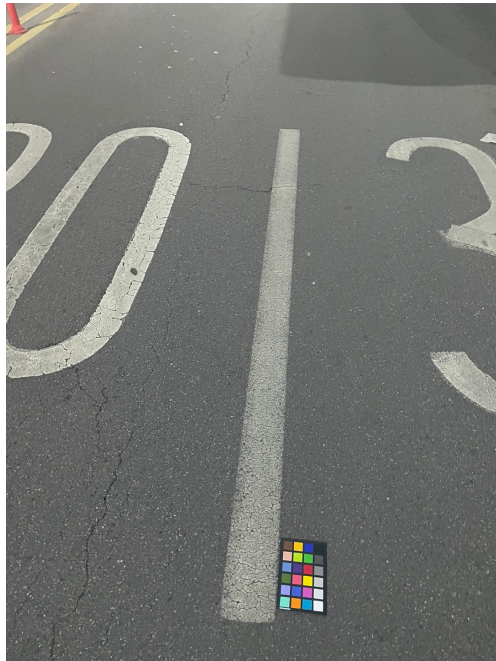


Fig. 20. Original Image Taken at 7 pm



Fig. 19. Original Image Taken at 2 pm



Fig. 21. Patch Detection Image Taken at 10 am

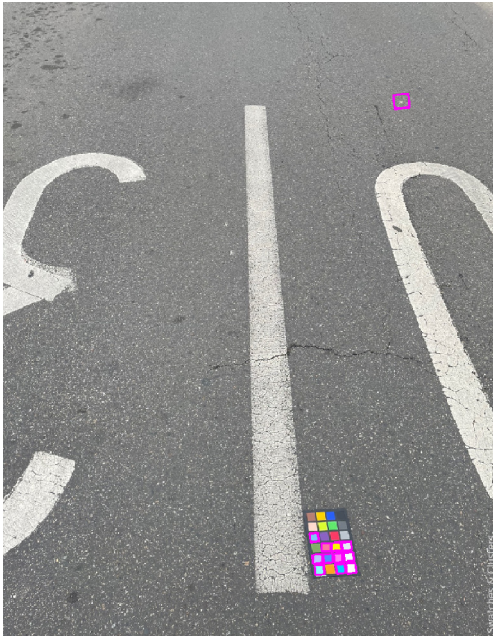


Fig. 22. Patch Detection Image Taken at 2 pm

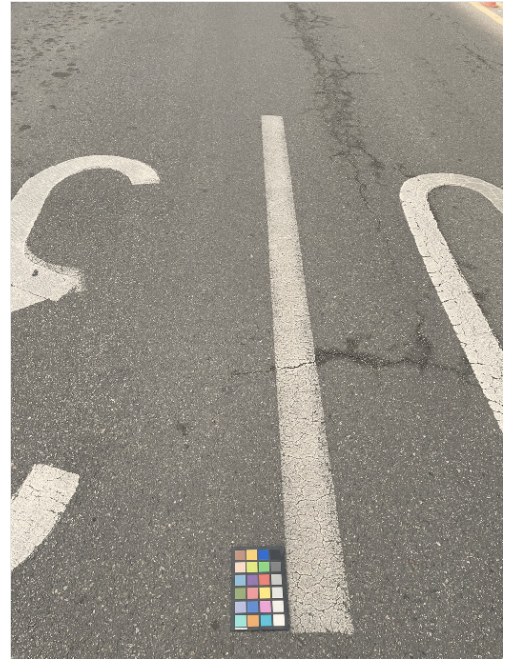


Fig. 24. Calibration Result Image Taken at 10 am



Fig. 23. Patch Detection Image Taken at 10 pm

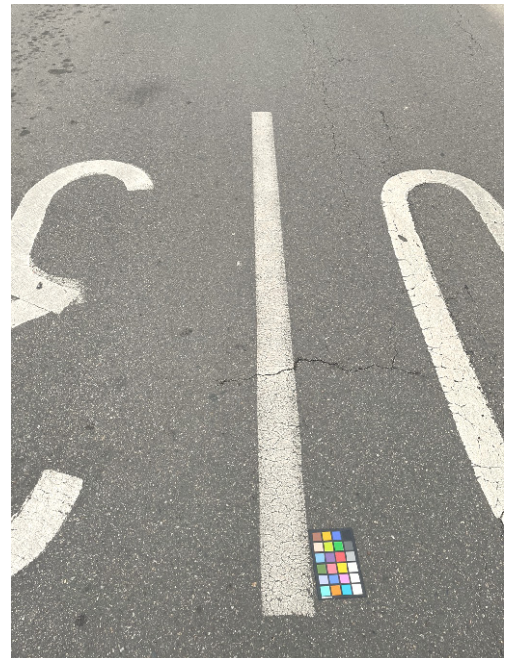


Fig. 25. Calibration Result Image Taken at 2 pm

컬러패치 검출 결과 인공지능 알고리즘이 대부분 컬러 패치를 오검출하는 결과를 나타냈다. 따라서 검출 영역을 별도로 조정하여서 24개의 색상 코드를 검출할 수 있도록 분석되는 패치 영역을 가공하였다.

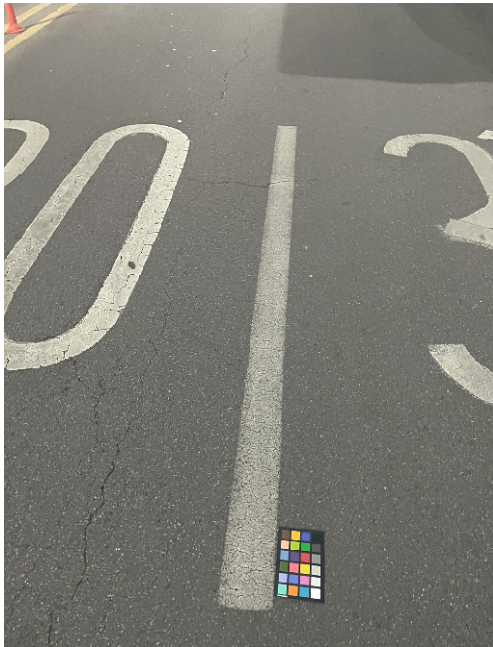


Fig. 26. Calibration Result Image Taken at 7 pm

4.5 색상 교정

24개의 컬러패치를 기반으로 색상을 교정했을 때 이미지 색상 교정 결과는 Fig. 24-26과 같다. 교정을 진행한 뒤 RGB-YUV 변환을 통해 추출된 Y값은 오전 10시의 경우 217, 오후 2시의 경우 220, 오후 7시의 경우 218의 값이 예측되었다. 상대적으로 높았던 Y값은 낮아지고 오후 7시에 촬영했던 이미지의 Y값은 높아지는 결과를 나타내었다. 이것은 색상 교정을 통해 외부 환경의 영향을 최소화시킨 것을 의미한다.

5. 연구 결과

5.1 연구 결과

본 연구를 통해 최종적으로 도출된 Y값은 Table. 2와 같다. 휘도계를 이용해 도출한 도로 차선의 휘도값은 5.75CD를 나타내었으며 이를 Y값으로 환산하였을 때 205의 값을 나타내었다.

또한 각 시간별로 촬영한 이미지에 대하여 컬러패치를 이용하여 교정하였을 때, 이미지의 RGB-YUV 변환 결과의 경우 오전 10시와 오후 2시에 촬영한 이미지의 Y값은 낮아졌다. 하지만 오후 7시에 촬영한 이미지의 Y값은 반대로 높아지는 결과를 나타내었다.

Table 2. RGB-YUV Result

Division		10 am	2 pm	7 pm
Day 1	Original	221	227	199
	Calibration	217	220	218
Day 2	Original	229	240	203
	Calibration	224	228	217
Day 3	Original	225	232	208
	Calibration	221	224	219

6. 결론

6.1 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 모바일 어플리케이션을 이용하여 주간 차선의 가시성을 기반으로 이미지 상에서 차선의 휘도를 의미하는 Y값을 분석하는 연구를 진행하였다. 본 연구에서는 3일간 오전 10시, 오후 2시, 오후 7시에 동일한 구간에 대해 사진을 촬영하여 이에 대한 촬영 이미지에 대해 RGB-YUV 변환을 통해 이미지 상에서 상대휘도를 의미하는 Y값을 추출하여 분석해보았다. 연구에 대한 최종 결론은 다음과 같다.

- 1) 본 연구에서 모바일 어플리케이션을 이용해 촬영하였을 때 촬영 날짜와 시간마다 동일한 차선의 Y값은 계속해서 변화하였다. 이를 통해서 다음을 알 수 있다. YUV 표현 형식에서 Y는 예측된 휘도를 뜻하지만 본 연구에서 Y값은 환경에 따라 계속해서 변하는 결과를 나타내었다. 따라서 RGB-YUV 변환을 통해 추출된 Y값은 이미지 상에서 상대적인 휘도값을 예측하여 사용하였다.
- 2) 컬러패치를 이용해 RGB 이미지 상에서 도로 차선의 색상을 교정할 수 있는 가능성을 확인하였다. 시간별로 촬영된 도로 차선의 Y값은 현저한 차이가 있었다. 이는 조도 등 외부 환경에 의한 것으로 예상된다. 그러나 교정을 진행하였을 때에는 그 차이가 줄어드는 결과를 나타내었다. 따라서 컬러 교정 작업을 진행한다면 분석된 Y값의 오차 범위를 일정 수준 줄여줄 수 있을 것으로 판단되었다. 또한 RGB 이미지에서 인공지능을 이용해 컬러패치를 검출할 수 있었다. 모바일 어플리케이션 내에 Yolo v5 알고리즘을 이용해 컬러패치를 과적합하여 검출해보았을 때 일정 수준 검출하는 결과를 나타내었다. 비록 정확도는 매우 낮았지만 향후 학

습데이터를 늘리고 최적화 작업을 진행한다면 더욱 정확하게 컬러패치를 검출할 수 있을 것으로 기대한다.

- 3) 도로 차선의 가시성에 따라 시인성의 차이는 존재하였다. 오전 10시, 오후 2시, 오후 7시 별로 촬영을 해서 주간 차선의 가시성 차이를 확인할 수 있었다. 오후 2시, 오전 10, 오후 7시 순으로 가시적이라고 판단이 되었는데 실제 Y값 또한 비슷한 추세 성향을 나타내었다. 이를 통해서 가시성과 시인성은 본 연구의 환경과 동일한 조건 하에서는 양의 관계를 가진다고 할 수 있다.
- 4) Y값은 시간, 촬영 각도 등 다양한 환경에 따라 값이 현저하게 달라졌다. 일반적으로 카메라를 이용해 촬영된 RGB 이미지를 변환한 Y값은 외부의 다양한 영향을 받았을 가능성이 있다. 따라서 향후에는 휘도 데이터를 함께 연계하여 Y값에 대한 보정 수치를 개발하고 이를 적용하고자 한다.
- 5) 본 연구에서는 단일의 스마트폰을 사용하여 RGB 이미지를 촬영하였다. 하지만 카메라를 이용한 연구의 특성상 스마트폰의 렌즈 상태와 카메라 모듈과 해상도에 따라 Y값이 현저하게 달라질 수 있다. 따라서 향후에는 스마트폰의 각 기종별, 해상도별 Y값의 변화정도를 수치화하고 이에 대한 보정공식을 적용하고자 한다.

본 연구에 앞서 차선 시인성 저하로 인한 교통사고는 도로 구간의 전 구간이 아니라 일부 노후화된 영역에서 크게 발생한다는 문제점을 기술하였다.

본 연구에서는 운전자들의 사고 예방과 안전한 교통 환경을 제공하기 위해 주간 차선의 가시성을 기반으로 차선의 시인성을 분석하는 연구에 대해 가능성을 확인해 보았다. RGB 이미지 상에서 가시성을 기반으로 한 Y값이 물리적인 휘도값을 절대적으로 반영한다고 할 수는 없었지만 가시성과 시인성이 일정 부분은 양의 관계를 가진다는 것을 확인하였다. 또한 모바일 어플리케이션을 이용한 시인성 분석 연구의 가능성 여부는 존재한다고 판단했기 때문에 향후 고도화된 연구를 계획해 볼 필요성이 있다고 판단되었다.

References

- [1] The road traffic authority traffic accident analysis system, From : http://taas.koroad.or.kr/sta/acs/exs/typical.do?menuId=WEB_KMP_OVT_UAS_TAT
- [2] A. Cheddad, J. Condell, K. Curran, and P. McKevitt, "A new colour space for skin tone detection", IEEE, Cairo, Egypt, pp.497-500, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/ICIP.2009.5413947>
- [3] C. G. Lee, H. S. Lee, H. U. Oh, "High Performance Glass Beads for Traffic Marking in Wet Weather", International Journal of Highway Engineering Vol.14 No.1 pp.9-16, 2012. DOI : <https://doi.org/10.7855/IJHE.2012.14.1.009>
- [4] J. H. Yoo, S. Y. Ohm, M. G. Chung, "Maximum Entropy Image Enhancement Using Brightness Mean and Variance", Journal of Internet Computing and Services, Vol. 13, No. 3, pp. 61-74, 2012. DOI: <https://doi.org/10.7472/jksii.2012.13.3.61>
- [5] Y. H. Choi, H. Kim, M. Hong, "A Road Luminance Measurement Application based on Android", Journal of Internet Computing and Services, VOL.16, NO.2 pp.49-55, 2015. DOI: <https://doi.org/10.7472/jksii.2015.16.2.49>
- [6] W. J. Kim, H. O. Kim, S. E. Jo, S. J. Jang, I. Y. Moon "Design and Implementation of PC-Mechanic Education Application System Using Image Processing", The Journal of Korean Institute for Practical Engineering Education, VOL.3, NO.2 pp.93-99, 2011. From : <https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchArticle.do?cn=JAKO201123061362556>
- [7] J. H. Lee, G. Y. Lee, C. K. Jeong, "Performance comparison of implementation technologies for image quality enhancement operations on android platforms" Journal of Digital Contents Society, VOL.14, NO.1, pp.7-14, 2013. DOI: <https://doi.org/10.9728/dcs.2013.14.1.7>
- [8] B. I. Kim, "Evaluation of Reflectivity of Road Markings Using Portable Retroreflectometer", International Journal of Highway Engineering, Vol.23, No.2, pp.11-19, 2021 DOI: <https://doi.org/10.7855/IJHE.2021.23.2.011>
- [9] D. Beacco, P. Fiorentin, and G. Rossi, "A system for in situ measurements of road reflection properties", IMTC, pp.1508-1512, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1109/IMTC.2003.1208001>

김 연 태(Yeon-Tae Kim)

[정회원]



- 2012년 3월 : 인하대학교 토목공학(공학사)
- 2014년 3월 : 인하대학교 토목공학(공학석사)
- 2019년 3월 ~ 현재 : 인하대학교 토목공학과(박사과정)

- 2015년 4월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 도로교통연구본부 전임연구원

<관심분야>

도로포장관리시스템(PMS), 차선도색, 아스팔트 등

이 수 형(Soo-Hyung Lee)

[정회원]



- 2003년 2월 : 경기대학교 토목공학(공학석사)
- 2013년 2월 : 경기대학교 토목공학(공학박사)
- 1993년 5월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 도로교통연구본부 수석연구원

<관심분야>

도로포장관리시스템(PMS), 차선도색, 아스팔트 등