

야간도로 시인성에 대한 공간적 평가를 위한 자료관리체계 연구 A Study on Data Management Systems for Spatial Assessments of Road Visibilities at Night

우희숙* · 권광석** · 김병국*** · 윤천주**** · 김영록*****

Woo, Hee Sook · Kwon, Kwang Seok · Kim, Byung Guk · Yoon, Chun Joo · Kim, Young Rok

요 旨

야간도로 노면 밝기는 운전자가 도로 상 장애물을 인지하고 안전하게 운행하는데 있어 매우 중요한 요소이다. 본 연구에서는 정량적인 야간도로 시인성을 평가에 필요한 야간 도로 노면 영상정보 수집 및 처리용 모바일 체계를 제시하였다. 야간 도로 노면에서 수집되는 영상정보를 효율적으로 변환하고 야간도로 시인성에 대한 공간적인 분포를 파악할 수 있는 선형자료를 구축하였다. 이를 위해 저전력 컴퓨팅기술, 개방형 영상처리 기술, GPU 기반 가속 기술 및 도큐멘트데이터베이스 기술 등을 적용하였고 RGB영상으로부터 YUV색상체계로 변환하고 밝기에 해당하는 요소만 추출하여 공간정보와 통합하였다. 그 결과 고성능 안드로이드 단말기를 이용하여 도로밝기 자료를 취득하고 제안한 프로토타입으로 야간도로 시인성에 대한 공간적인 평가를 위한 자료 구축의 공간적 분포를 파악할 수 있었다.

핵심용어 : 도로, 시인성, GIS, 모바일, 안드로이드

Abstract

Visibility of the road influence the safe driving because it recognizes the obstacle on the road. In this paper, we propose a mobile data acquisition and processing system for evaluating road visibility at night. And it was converted efficiently with mobile images and archived for spatial analysis of road-visibilitys at night. This was applied to the following techniques to the system. Low-power computing units, open an image processing library, GPU-based acceleration techniques and document database techniques, etc. And converting the RGB image to the YUV color system, which was integrated the brightness component and the spatial information. High performance Android devices were used to collect brightness data on roads and it was confirmed whether this prototype was to determine the spatial distribution of such acquisition and management systems for spatial-assessments of road visibility at night.

Keywords : Road, Visibility, GIS, Mobile, Android

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

국가별 교통사고 발생 현황을 분석한 자료에 의하면 우리나라는 경제협력개발기구(OECD)회원국 중 교통

사고 사망률이 매우 높은 것으로 조사되었다. 갑작스러운 날씨변화(국지성 호우, 안개, 눈)로 인하여 운전자들의 시인성 확보가 어려워 교통사고가 많이 발생하는 것으로 알려져 있다. 맑은 날에 비해 안개 낀 날의 교통사고 치사율이 3.15배가 높으며, 흐리거나 우천 시에는

Received: 2014.10.28, revised: 2014.11.12, accepted: 2014.11.25

* 정희원 · 인하대학교 지리정보공학과 박사수료(Member, Department of Geoinformatic Engineering, Inha University, heesook@inha.edu)

** 교신저자 · 정희원 · 인하대학교 지리정보공학과 박사수료(Corresponding author, Member, Department of Geoinformatic Engineering, Inha University, kskwon02@gmail.com)

*** 인하대학교 공과대학 지리정보공학과 교수(Professor, Department of Geoinformatic Engineering, Inha University, byungkim@inha.ac.kr)

**** 정희원 · 한국건설기술연구원 전임연구원, 서울시립대학교 교통공학과 박사과정(Member, Korea Institute of Civil and Building Technology, cjyoon@kict.re.kr)

***** 정희원 · 한국건설기술연구원 수석연구원(Member, Korea Institute of Civil and Building Technology, busbay@kict.re.kr)

1.19배 높은 것으로 조사되었다(Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2013). 또한, 야간에는 주간과 달리 시야가 제한적이고 조명이 없는 도로에서는 속도감과 원근감이 둔해지기 때문에 사고발생 빈도가 높아지는 것으로 알려져 있다.

노면 표시는 시간이 지남에 있어 보이지 않거나 흐려지고 국내 도로 노면표시의 반사되는 휘도가 선진국에 비해 현저히 낮아 야간 또는 흐린 날이나 우천 시 차선 식별이 어려워 중앙선이나 인접 차로를 침범하는 경우가 빈번해진다. 교통안전공단에서는 도로 노면표시의 표준안을 마련하여 도색 재료의 종류, 도로와 교통 여건별 적절한 시공 방법, 시공자 유의사항, 장비의 종류를 제시하는 등 고휘도 노면표시를 지향하여 도로 상 운전자와 보행자의 안전을 확보할 수 있도록 하고 있다(Road Traffic Authority, 2008).

다양한 조건이 혼재된 야간도로에서의 운행환경을 체계적으로 개선하기 위해서는 운전자가 야간도로 상황을 눈으로 식별할 수 있는 정도 즉, 시인성(visibility)에 대한 정량적인 자료를 확보하는 것이 중요하다고 할 수 있다. 2007년 교통안전공단에서는 시인성 확보를 위한 ‘도로 노면표시의 야간 시인성 분석’을 주제로 작성된 자료집을 발간하였다(Korea Transportation Safety Authority, 2007). 2013년 교통안전공단에서는 고령운전자를 대상으로 하는 ‘야간 및 악천후 시 고령운전자 노면 시인성 증진방안’에 대한 연구를 제시하는 등 교통안전 측면에서의 시인성 확보가 지속적인 관심의 대상이 되고 있다(Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2013).

기존에는 고가의 전문적인 시스템을 이용하여 정지된 상태에서 도로 밝기를 측정하는 방식을 사용하고 있기 때문에 전국 규모의 공간적인 시인성 분포 파악이 어려운 실정이다. 따라서 본 연구에서는 정량적인 야간도로 시인성에 대한 공간적인 평가를 수행할 수 있도록 보급형 모바일 기기를 이용하여 야간도로 영상을 확보하고 정량적인 밝기 값을 저장하는 자료취득시스템을 구현하였다. 공간적인 야간도로 시인성 평가에 활용하기 위해 수집된 현장조사 자료를 체계적으로 관리하고, GIS를 통해 표현 및 분석할 수 있도록 자료체계를 제시하였다.

1.2 연구범위 및 내용

야간도로 시인성 관련한 연구동향을 파악하고 정량적인 시인성 평가를 위한 자료 생산체계 2가지 방안을 제시하고자 한다. 야간도로 시인성 평가에 필요한 자료를 취득하고 저장하기 위해 야간도로 노면 시인성 조사

정보(이미지, 위치정보) 저장하는 모듈과 차선 추출, 추적 및 공간 위치정보 산정 모듈을 구성된 모바일 시스템이 구현한다. 취득된 야간도로 시인성 평가 자료를 종합적으로 편집하고 분석한 후 시인성에 대한 공간적인 분포를 파악하기 위해 노면 밝기 측정 영역 산정, 추출 모듈과 밝기 값 측정 및 처리 모듈로 구성된 관리시스템을 구현한다. 본 연구에서는 시범 구축을 통해서 모바일 기반 야간도로 시인성 평가 자료 취득체계의 타당성을 검토하고자 하였다.

2. 기존 연구 현황

2.1 국내·외 도로 시인성 관련 연구 동향

야간 교통사고는 주로 운전자, 도로, 시설, 및 차량의 부조화에 의해 발생된다. 도로 상태에 따른 운전자의 시인성 확보는 교통사고의 직접적인 요인으로 작용하고 있으며, 이에 대한 연구가 주로 이루어지고 있다. 야간 주행 시 도로노면에서 발생하는 높은 휘도는 오히려 운전자에게 갑작스러운 시각저하 현상을 가져오기도 한다. 도시부와 지방부의 야간 교통사고가 잦은 지점의 특징을 살펴보면 조도가 낮고, 도로상황의 인지, 예측의 어려움 및 도로조명시설 설치 미흡으로 인한 야간 시인성 확보가 어렵다고 조사되었다. 이와 같이 야간 주행 시 발생하는 교통사고 해결을 위해 조명식 교통안전표지에 대한 합리적인 기준 및 필요한 근거자료 확보를 위한 연구 방안이 제시된바 있다(Road Traffic Authority, 2008). 시각저하 현상은 고령운전자에게 많이 발생되며, 조사에 따르면 65세 이상의 고령운전자들이 발생사고 건수가 1992년 대비 2012년에 약 13배가 정도 증가하였다. 시각저하 현상은 고령운전자들의 잦은 교통사고의 주요인 중 하나인데, 이는 야간 및 안개 등 날씨의 영향도 많이 받게 된다. 통계자료를 바탕으로 고령운전자의 신체적, 인지적 능력을 조사하고, 도로상황 및 날씨상황에서의 운전인지능력을 평가하기 위해 모의 주행실험을 실시함으로써 야간이나 날씨상황에 맞는 고령운전자들이 노면 시인성 확보를 위한 방안 및 필요성에 관한 연구가 수행되었다(Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2013). 또한, 우천 시 젖은 노면에서 반사되는 빛의 눈부심은 고령운전자에게 방해요인으로 작용한다. 고령운전자에게 맞는 자동차 전조등을 개발하기 위해 여러 개의 광원을 선정하여 노면 조건 별로 눈부심과 시인성 평가를 수행한 바 있다(Kang et al, 2011).

시인성을 확보하기 위해 영상을 이용하여 재귀반사 성능을 평가하는 연구도 활발히 진행 중에 있다. 도로

노면 및 교통안내표지에 대한 기존의 성능평가는 정성적인 반면 디지털 영상을 이용함으로써 정량적이고 객관적인 성능평가가 이루어지고 있다. 디지털 영상을 이용하여 다양한 도로형태에서 다양한 기상상황을 적용하여 노면표시에 대한 재귀반사 성능을 측정하는 평가 방법론을 제시하였다(Choi et al, 2014). 불안정한 기상 상태에서 차선에서 반사되는 재귀반사도는 수막에 의한 초점 변화로 잦은 교통사고의 요인이 된다. 야간 교통사고 감소를 위해 Dry(시인성의 척도)와 Wet 재귀반사도를 높이기 위한 방안으로 그라스비드를 이용하여 규격에 의한 실험, 각종 차선재료의 품질을 확인함으로써 우천 시 야간 시인성 확보 및 향상을 위한 연구가 진행되었다(Lee et al, 2012). 또한, 기상조건변화 따른 노면 표시에 표시된 비드를 다양한 비율로 혼합하여 굴절률의 결과값으로 시인성 유지, 비용 및 경제성 분석을 수행한 연구가 수행되었다(Lee et al, 2012). 정적실험(주간 및 야간 시인성)과 도로표기(야간 시인성)의 동적 실험을 수행하여 도로표시의 유지보수에 대한 비용절감, 최적의 유지보수 계획을 위한 기초와 Croatian 도로에서의 도로표시의 체계적인 품질 테스트의 가능성을 제시하였다. 또한 두 가지 실험 방법으로 특정도로의 효율적인 유지관리방법, 위험장소 검토에 대한 우선순위 및 도로표시 적용 순서를 최적화하는 재귀 반사 측정평가 방법이 연구되었다(Babić et al, 2010). 디지털 영상처리에서 Glass bead 범위(각도, 속도 등)가 반사회도와 상관관계 결정 여부를 확인하기 위해 노면 표시의 반사회도의 성능 평가를 수행하였다. 그 결과 차량을 이용하여 Glass bead 범위는 반사회도에 직간접적인 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Donnell et al, 2011). 모바일 기반의 비전 시스템을 사용함으로써 도로표지판의 시인성의 장점을 발견하여 야간주행자들의 공공의 안전을 보장할 수 있는 모바일 기반의 비전시스템 개발을 제시하였다. 이는 저가의 카메라 및 컴퓨터 사용하여 최적의 재귀반사측정을 하는 것을 목표로 설계된 소프트웨어를 이용하여 실시간 취득한 영상을 기반으로 정보를 획득 및 분류하고 정보파일을 실시간으로 리포트하여 상대회도를 분석하였다(Maerz et al, 2003).

2.2 모바일 시스템을 이용한 영상처리 기술

모바일 단말기 기술을 발전함에 따라 영상을 활용하여 실시간으로 자료를 처리하는 모바일 시스템을 이용한 영상처리 기술에 대한 연구도 다양한 분야에서 연구되어지고 있다. 안드로이드 기반의 차선검출 시스템은 모바일 사용자에게 안전한 주행이 가능하도록 하는 경

보시스템이다. 이 연구는 허프 변환의 한계점을 보완하고, 차선검출시스템과 안드로이드 기반의 하드웨어를 검증 및 성능을 비교 분석하여 실시간으로 차선을 검출할 수 있는 Accumulator cells를 이용한 최적화된 시스템을 제시하였다(Erdenetuya et al, 2014). 안드로이드는 리눅스 기반이며 오픈소스 모바일 운영체제에서 구글이 주도하는 Open Handset Alliance에 의해 만들어졌다. 기본적인 개발언어로 자바를 사용하며 JNI(Java Native Interface)를 통해 네이티브 코드를 사용할 수 있다.

Fig. 1과 같이 많이 사용하고 있는 단말기 운영체제인 안드로이드에서 OpenCV for Android를 사용하면 OpenCV C++ API 거의 100%를 활용할 수 있다. 또한, OpenCV에 2011년 봄에 NVIDIA에서 GPU가속 기능 탑재시켜 영상처리 종류에 따라 2배에서 10배에 이르는 성능향상을 얻게 되었다. NVIDIA에서 제공하는 테그라4의 경우 그래픽 코어가 72개에 이르러 아직 일부 영상처리 알고리즘만을 지원하고 있지만 전반적인 모바일 CPU나 GPU에 비해 성능향상을 기대할 수 있다.

기존의 통합(복수의 카메라, 시각동기화장치, IMU, GPS, 자료취득 및 처리장치 등)으로 구성되어진 고가의 모바일매핑시스템을 경량화하기 위해 저가의 MEMS (Micro Electro Mechanical Systems)을 차량내부에 탑재한 후 특성을 분석하여 경제적인 MEMS기반의 모바일매핑시스템 설계방안을 제시하였다(Woo et al, 2010). 안드로이드 기반 모바일 시스템과 개방형 영상처리 기술을 접목하면 모바일 기기 수준에서의 모바일 매핑 시스템을 구축할 수 있을 것으로 분석되며 최근 스테레오 카메라를 이용한 3차원 공간정보 취득 시스템이 구현되고 있는 실정이다.

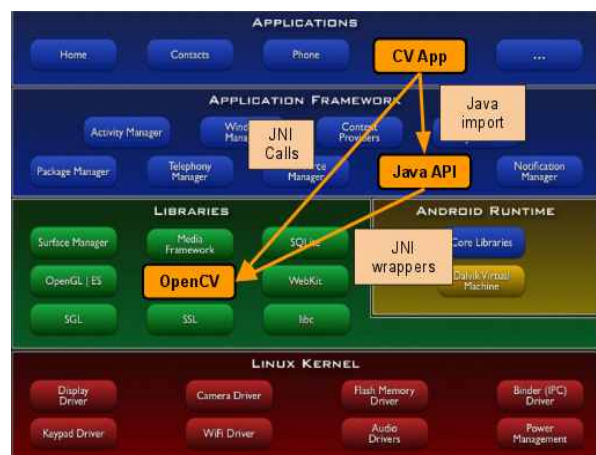


Figure 1. OpenCV for Android

3. 설 계

3.1 아키텍처 설계

본 연구에서는 연구 및 기술동향을 고려하여 GIS 기반 야간도로 시인성 평가를 지원하기 위해 Fig. 2와 같이 안드로이드 기반 OpenCV를 이용한 자료취득시스템과 Fig. 3에서 볼 수 있듯이 체계적인 자료관리를 지원하는 시스템을 설계하였다. 일반적인 모바일 단말장치의 영상처리 성능이 낮기 때문에 고속의 영상처리 성능을 확보하기 위해서 NVIDIA사의 4가 탑재된 NVIDIA사의 TEGRA Note 7을 사용하였다. 사용된 모바일 단말기 NVIDIA Tegra 4의 CPU는 ARM Cortex-A15를 채택하여 4개의 1.8GHz 고성능 코어와 저전력 코어 1개로 구성되어 있으며 72개의 GPU로 구성되어 있다. 센서는 정확도가 공개되어 있지 않으나 각각의 해상도는 3-축 중력계 0.1m/s², 3-축 자력계 0.1rad/s, 3축 가속도계 0.1m/²로 확인하였다. 최근 배포된 OpenCV 라이브러리에는 그래픽코어를 이용한 영상처리알고리즘을 가속화시킨 모듈이 포함되어 있다. 주행하면서 영상을 처리하고 자료를 저장해야 하기 때문에 가속 기능을 제공하는 단말기를 사용해야 누락없이 자료를 취득할 수 있다. 또한 영상자료를 저장할 뿐만 아니라 확장이 용이한 JSON(JavaScript Standard Object Notation) 구조의 메타자료를 생성하고 관리시스템에서 이관이 용이한 구조로 저장하도록 하였다. Fig. 2와 같이 자료취득시스템에서 취득된 영상자료와 각종 JSON 형태 메타자료가 저장된 매체를 읽어 들여

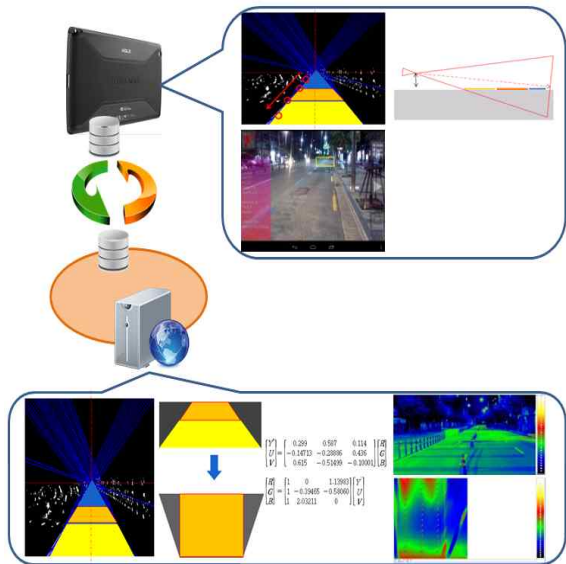


Figure 2. Management System Architecture for Assessments of Road Visibility at Night

서 자료관리 시스템에서는 영상자료, 자세정보, 위치정보, 추정정보 등을 관리할 수 있도록 하였다. 또한 야간도로 시인성에 대한 공간적인 분포를 분석할 수 있도록 관리시스템을 통해 대상 영역 편집이나 지도에 밝기 값을 공간 분포시킨 자료를 구축하도록 하였다.

데이터베이스는 대표적인 도큐먼트 데이터베이스인 Apache CouchDB를 사용하였는데 비정형자료를 효율적으로 관리할 수 있어 취득자료 저장구조가 변화해도 유연하게 대처할 수 있다. 또한 공간색인을 지원하기 때문에 지도서비스 연동이 용이하고 첨부파일 기능을 데이터베이스 수준에서 지원하고 있다.

3.2 자료 처리 흐름 설계

Fig. 3과 같이 자료취득 및 자료관리가 이루어지며 자료취득의 경우 안드로이드 기반 OpenCV의 영상처리 및 분석 기능들을 활용하여 밝기 값(Y)영상 변환, 도로선형 추출, 소실점 추출 등을 수행하고 대상 영역을 도출하도록 하였다. 특정 경로에 연/월/일/시 단위로 메타자료, 원자료, 변환자료 저장하는 구조 적용(YYYY/MM/DD/작업구분/장비명_종류_생성시간.확장자”)하였다. 또한, 원시영상과 밝기 값으로 환산하여 식별이 용이한 형태의 영상파일 저장하고 메타정보(카메라, GPS, 자세, 밝기 등)를 JSON 형태로 저장하였다. 현장에서 취득된 메타정보와 영상자료를 동기화하여 해당 위치자료를 확보하였다.

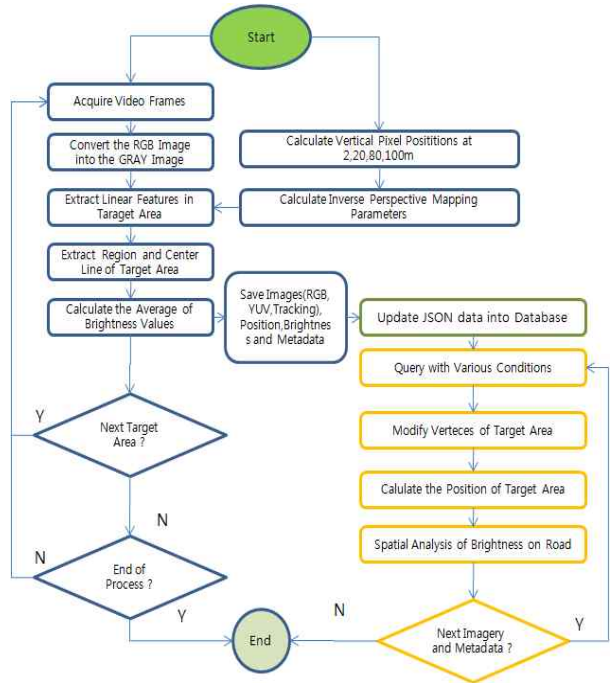


Figure 3. Data Processing Flow for Assessments of Road Visibility at Night



Figure 4. Examples of RGB and YUV Image

Fig. 3과 같이 자료취득 및 자료관리가 이루어지며 자료취득의 경우 안드로이드 기반 OpenCV의 영상처리 및 분석 기능들을 활용하여 밝기 값(Y)영상 변환, 도로선형 추출, 소실점 추출 등을 수행하고 대상 영역을 도출하도록 하였다. 특정 경로에 연/월/일/시 단위로 메타자료, 원자료, 변환자료 저장하는 구조 적용(YYYY/MM/DD/작업구분/장비명_종류_생성시간_확장자)하였다. 또한, 원시영상과 밝기 값으로 환산하여 식별이 용이한 형태의 영상파일 저장하고 메타정보(카메라, GPS, 자세, 밝기 등)를 JSON 형태로 저장하였다. 현장에서 취득된 메타정보와 영상자료를 동기화하여 해당 위치자료를 확보하였다.

식(1)을 이용하여 취득된 영상자료(RGB)를 YUV 코덱체계로 변환하게 되며 그 결과는 Fig. 4와 같다.

$$\begin{bmatrix} Y \\ U \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.14713 & -0.28886 & 0.436 \\ 0.615 & -0.51499 & -0.10001 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1.13983 \\ 1 & -0.39465 & -0.58060 \\ 1 & 2.03211 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y \\ U \\ V \end{bmatrix} \quad (1)$$

중심선 위치를 기준으로 대상영역 범위를 산정하였으며, 대상 영역과 실제 위치와 매핑하기 위해서 식(2)와 같이 OpenCV 내의 투영변환(OpenCV, Warp Perspective)을 사용하였다.

$$dst(x, y) = src\left(\frac{M_{11x} + M_{12y} + M_{13}}{M_{31x} + M_{32y} + M_{33}}, \frac{M_{21x} + M_{22y} + M_{23}}{M_{31x} + M_{32y} + M_{33}}\right) \quad (2)$$

4. 구현

4.1 자료취득 모듈

Fig. 5과 같이 자료 저장 프로그램을 구현하기 위해 대상 영역 추적을 위한 트래킹 기능을 구현하여 자료 취득 설정 환경을 제공하였다.



Figure 5. Main View of Acquisition Program



Figure 6. Experiments to extract Mapping Parameters of Photo

또한 일정한 간격으로 영상을 촬영하여 자료(GPS 수신정보, 자세정보 및 측정정보(평균밝기) 표출)를 취득하도록 하였다.

카메라 특성을 파악하기 위해서 Fig. 6과 같이 실험에 사용된 단말기에 탑재된 카메라 성능을 파악하였다. 도로 시인성 관심대상인 80~100미터 구간은 수 픽셀 수준의 영역에 지나지 않음을 파악하였다.

야간에는 광량이 적기 때문에 자동초점 기능이나 화이트밸런스 등 편이기능이 오히려 정량적인 분석에 방해하기 때문에 설정을 조정하는 기능을 Fig. 7과 같이 구현하였다.

카메라 설정을 야간환경에 맞게 조정된 후 실제 도로 영상을 취득하면서 대상영역을 추적을 수행하면 Fig. 8과 같은 화면을 얻을 수 있다. 추적 영역은 곡선부까지 고려하여 3단계로 나누어 추적하였으며 추적된 영역의 중심점들을 연결하여 최종 관심대상인 80~100미터 사이의 영역을 추적하고 해당 영역의 평균 밝기값을 추출하였다. 이러한 과정에서 생산되는 영상자료, 자세정보, 위치정보 및 관련 메타정보를 저장되었다.

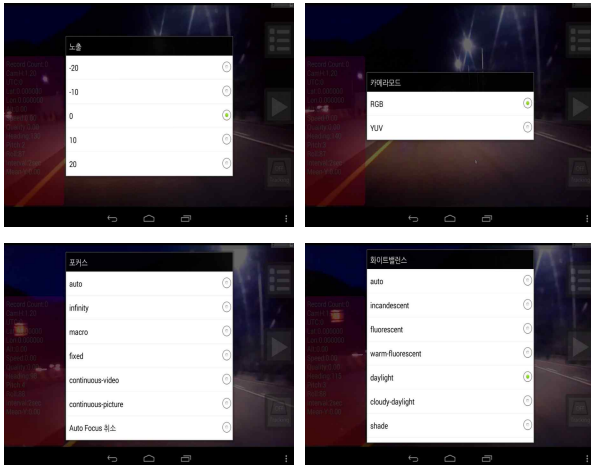


Figure 7. Configuration View of Acquisition Program

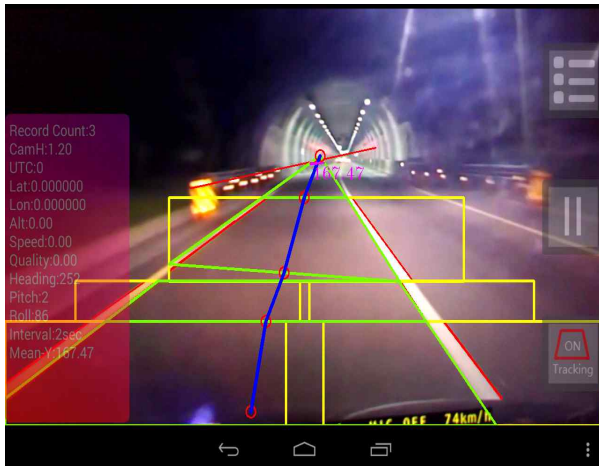


Figure 8. Target Area and Center Line of Road in RGB Mode

Fig. 9는 일반적인 영상모드가 아닌 식(1)에 의해 계산된 밝기 값만을 추출하여, 밝은 경우는 적색으로 어두운 경우 청색으로 구분된 색상표에 따른 영상으로 재구성한 영상모드이다. 일반적인 영상모드 즉 RGB 영상모드에서는 순수하게 밝기 정보만을 파악할 수 없으나 밝기 정보모드에서는 가로등, 노면에서의 반사, 반대편 차량의 전조등에 의한 밝기 효과가 시각적으로 표현되어 파악이 용이해진다.

자료취득 시 일반영상자료, 밝기 영상자료 및 추적영상자료가 저장되며 이와 관련된 메타정보들이 JSON 형태로 저장되었다. 또한 영역 추정과정에서 형성된 도로노면의 영역과 중심좌표 정보도 함께 저장되었다. 일반적으로 XML 자료구조를 많이 사용하였으나 지나치게 태그가 많고 복잡도가 증가하면 분석 시 부하가 발생하기 때문에 최근에는 JSON 구조를 선호하고 있다.

자료취득 시 일반영상자료, 밝기 영상자료 및 추적영

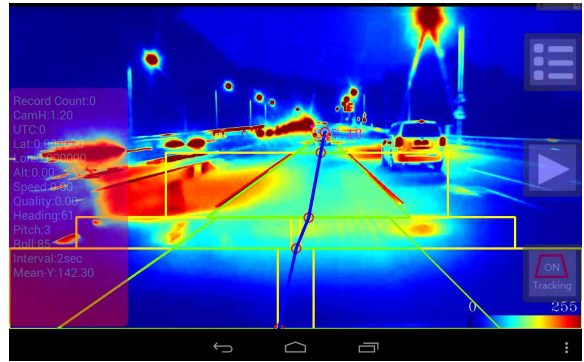


Figure 9. Target Area and Center Line of Road in YUV Mode

상자료가 저장되며 이와 관련된 메타정보들이 JSON 형태로 저장되었다. 또한 영역 추정과정에서 형성된 도로노면의 영역과 중심좌표 정보도 함께 저장되었다. 일반적으로 XML 자료구조를 많이 사용하였으나 지나치게 태그가 많고 복잡도가 증가하면 분석 시 부하가 발생하기 때문에 최근에는 JSON 구조를 선호하고 있다.

4.2 자료저장 구조

취득된 메타자료는 JSON 규격을 따라서 Camera, GPS, Attitude, Tracking, Luminance, TrackArea, ROIArea 및 CenterLine으로 구성되어 있으며 Fig. 10



Figure 10. Data Structure for Assessments of Road Visibility (Observation and Meta-Data)

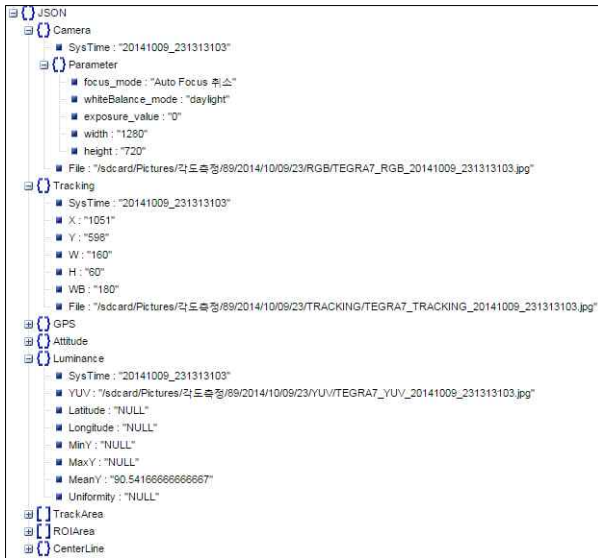


Figure 11. Data Structure for Assessments of Road Visibility (Image Files)

과 같이 기본적인 관측정보(밝기정보) 및 메타정보(카메라 정보, 위치정보 및 자세정보)가 저장되도록 설계하였다.

영상파일은 Fig. 11과 같이 각각 Camera, Luminance, Tracking 항목에 파일경로가 수록되도록 하였다.

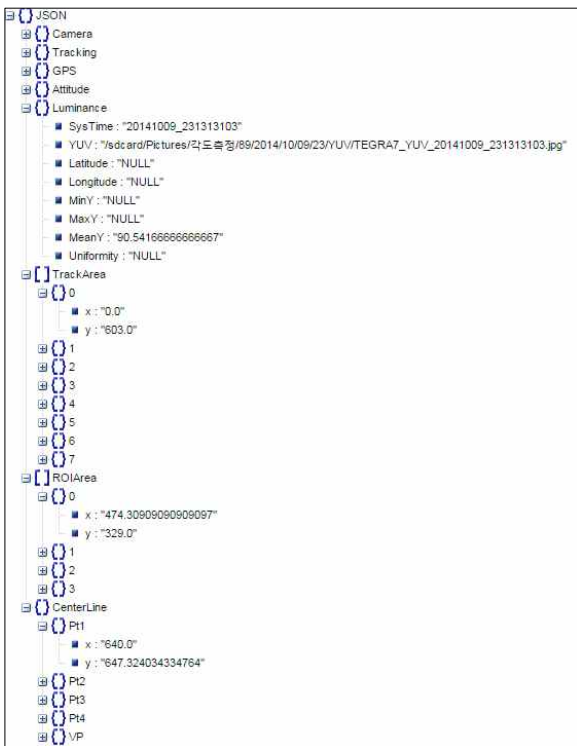


Figure 12. Data Structure for Assessments of Road Visibility (Target Area)

Fig. 12와 같이 대상영역 추적이 성공한 경우 TrackArea에 노면 영역좌표가 저장되고, ROIArea는 80~100미터에 해당하는 영역에 대한 좌표가 저장된다. TrackArea에 수록된 구간별 영역의 중심점들로 구성된 CenterLine 자료를 이용하여 운전자 측면에서의 야간도로 시인성 평가자료 위치를 산출할 수 있다.

4.3 자료관리 모듈

JSON 형태로 저장된 자료를 도큐먼트 데이터베이스에 적재하고 Fig. 13과 같은 조회 및 편집을 할 수 있는 시스템을 시험적으로 구현하였다. 좌측에는 기본적인 조회환경을 제공하고 있으며 결과목록에서 해당 항목을 선택하면 우측의 지도와 우측 하단의 영상이 변경되도록 구현하였다. 지도에서 해당 항목을 선택하여도 영상이 변경되도록 구현하였다.

실제 저장된 영상자료는 Fig. 14와 같이 자료취득시

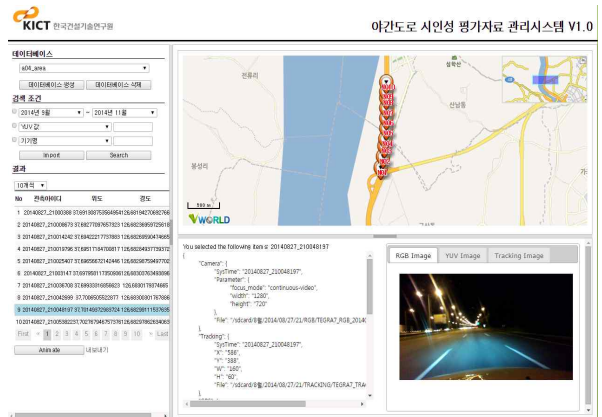


Figure 13. Data Management Systems for Analysis Road Visibility at Night

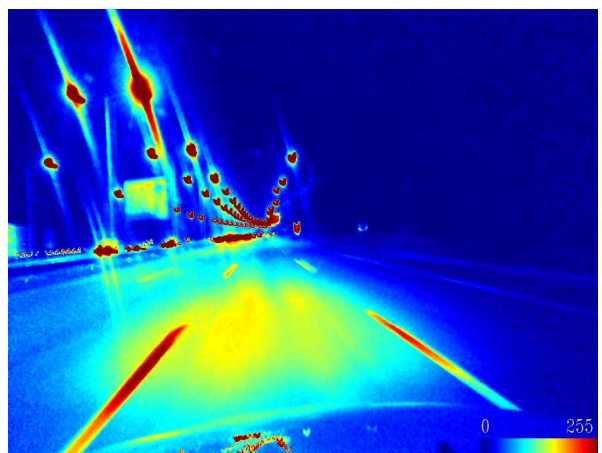


Figure 14. Brightness (Y) based Imagery for Assessments of Road Visibility at Night

시스템에서 실시간으로 처리된 밝기 값 결과가 저장된 파일을 확인할 수 있다. 가로등과 차선의 밝기가 다른 영역에 비해 높은 것을 확인할 수 있다. 또한 전조등의 효과로 전면에 어느 정도 밝기가 분포하고 있음을 확인할 수 있다.

실시간 추적을 수행한 경우 Fig. 15와 같이 추적된 영역이 표출된 화면을 확인할 수 있다. 80~100미터에 해당하는 영역을 노란 색 사각형으로 표출되었다. 해당 영상을 클릭하면 영역을 편집하는 창이 표출되었다.

실시간 추적은 단말기에서 수행했기 때문에 실제 영역을 추적하는 데 실패하는 경우가 발생할 수 있다. Fig. 16과 같이 이런 경우를 대비하여 대상영역을 조정하고 대상영역에 대한 평균밝기 값을 재산출할 수 있는 기능을 구현하였다.

운전자 위치로부터 인지되는 대상 영역에 대한 평균 밝기 값을 도로상에 표출하면 Fig. 17과 같다. 그러나



Figure 15. Target Tracking Imagery for Assessment of Road Visibility at Night

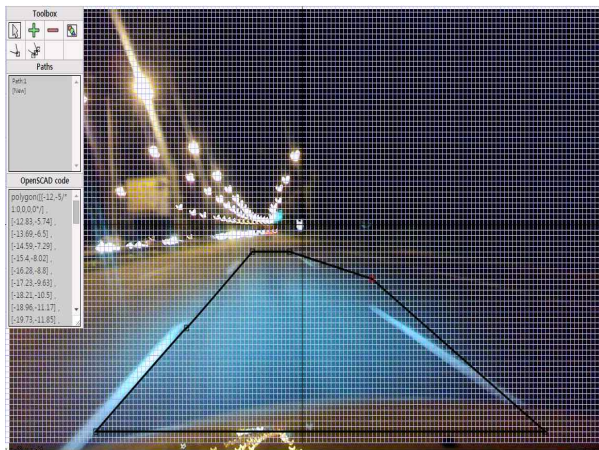


Figure 16. Modification of Target Area with Tracking Imageries



Figure 17. Spatial Analysis of Road Visibility at Night

실제 도로환경에서는 상행선과 하행선의 경우 조명조건이 다르기 때문에 향후 차선 폭과 방향성을 고려한 공간DB를 구축해야 다양한 도로 관련 DB를 연계한 공간분석이 가능할 것으로 판단된다.

5. 결 론

본 연구에서는 저렴한 안드로이드 단말기를 사용하여 야간도로 영상을 취득하고 관련 메타자료를 수집하여 GIS 기반 야간도로 시인성 평가를 지원하는 체계를 시험 제작하였다. 도큐먼트 기반 데이터베이스를 사용하여 웹 기반 관리 및 편집환경을 마련하여 일반 클라이언트 프로그램에서 존재하는 업데이트 문제, 유연성 및 자료보안 측면에서 강점이 있을 것으로 분석되며, 시인성 평가 자료에 대한 공간분포를 표출하여 정량적인 분석이 용이하도록 하였다. 일반적인 DSLR급 카메라에 비해 고해상도의 고품질 영상자료 수준이 아니기 때문에 보다 정량적인 결과를 도출하기 어려웠으나 범용 모바일 장비만을 이용하여 야간도로 시인성에 대한 공간적인 분포 평가를 위한 자료 구축 및 GIS를 연계할 수 있는 선형자료로 구축함으로써 각종 도로관련 정보들과 연계한 다양한 GIS분석이 가능할 것으로 판단되었다.

본 연구에서 사용된 NVIDIA TEGRA4 기반 안드로이드 단말기에서 영상처리는 자바 기반으로 구현된다. 향후 자바기반을 네이티브 기반 영상처리 방식으로 전환하는 성능 개선 및 도로선형 추출 및 매핑 알고리즘에 대한 개선도 필요할 것으로 분석되었다. 또한, 야간도로 시인성 평가를 위해 GIS 기반 공간자료로 구축하는 과정과 분석 표출 결과 등에서도 개선이 필요할 것으로 분석되었다.

감사의 글

본 연구는 한국건설기술연구원 주요사업(2014 야간도로 시인성 평가시스템 개발)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

References

1. Babić, D., Šćukanec, M., Fiolić, M, 2010, Analysis of Road markings retroreflection measurement on Croatian State Roads, International Scientific Conference ZIRP, Zagreb.
2. Choi, K. C., Lee, S. H., Yun, I. S. and Yi, Y. J., 2014, A methodology development for estimating the retroreflectivity of pavement markings and Traffic Guide Signs using digital images, The Korean Society of Civil Engineers, Vol.34, No.1, pp.185-194.
3. Donnell, E., Zoltan, R. 2011, Use of digital imaging methods to assess pavement marking retroreflectivity, TRB 90th Annual Meeting, Washington D.C.
4. Erdenetuya, T., Jang, Y. M., Cho J. H. and Cho, S. B., 2014, Lane detection system development based on Android using optimized Accumulator cells, The Institute of Electronics and Information Engineers Vol. 51, No.1, pp.126-135.
5. Kang, B. D., Kim H. G., 2011, Evaluation of glare and forward visibility of headlamp for elder friendly vehicle, The Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol.25, No.4, pp.1-6.
6. Korea Transportation Safety Authority, 2007, Road marking characteristics of night visibility(in korea), Traffic Technical Guidelines.
7. Lee, C. G., Lee, H. S., and Oh, H. U., 2012, High Performance Glass Beads for Traffic Marking in Wet Weather, International Journal of Highway Engineering, Vol.14, No.1, pp.9-16.
8. Lee, S. K., Lee, S. H. and Choi K. C., 2012, Optimal mixtures of roadway pavement marking beads under various weather conditions, International Journal of Highway Engineering, Vol.14, No.3, pp.131-140.
9. Maerz, N.H., Niu, Q., 2003, Automated mobile highway sign visibility measurement system, Transportation Research Board, 82th Annual Meeting, Transportation Research Board, Washington, DC.
10. Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2013, A study on improvements of visibility of road for elder drivers at night and poor weather(in korea), Research report.
11. Road Traffic Authority, 2008, A study on analysis of effects caused by installation of Traffic Signs consist of lamps(in korea), Research report.
12. Woo, H. S., Kwon, K. S. and Kim, B. G., 2012, Study on MEMS based IMU & GPS performance in urban area for light-weighted mobile mapping systems, The Korean Society for Geospatial Information System, Vol.20, No.1, pp.65-72.