

수학적 형태학 처리를 통한 주행 중 과속 방지턱 자동 탐지 방안

A Study on Automatic Detection of Speed Bump by using Mathematical Morphology Image Filters while Driving

주용진* · 함창학**

Joo, Yong Jin · Hahm, Chang Hahk

요 旨

본 연구에서는 전방위 카메라(Omni-directional Camera)를 이용하여 과속방지턱(Speed Bump)을 탐지하고 Vision Based Approach 통한 실시간 과속 방지턱 데이터의 갱신 방안을 제시하는 것을 목적으로 한다. 카메라 영상정보에서 과속 방지턱을 검출하기 위해 잡음을 제거하고 이를 구성하는 형상과 패턴으로 여겨지는 점들을 우선적으로 탐지하여야 한다. 과속방지턱은 일정한 폭과 규칙적인 형태를 유지하며 흰색과 노란색의 영역을 가지고 있음에 착안하여 침식과 팽창을 이용한 형태학적 연산과 HSV칼라 모델을 적용하여 도로상의 과속방지턱을 추출하였다. 카메라에서 거대한 이미지 데이터를 수집하여 대상 객체를 검출하고 GPS 위치 정보를 이용하였다. 마지막으로 동시적 위치추정 및 지도작성 (SLAMs :Simultaneous Localization And Mapping) 시스템을 구현하여 탐지알고리즘과 취득 결과의 정확성을 평가하였다.

핵심용어 : 형태학, 과속방지턱, HSV칼라모델, 전방위 카메라, 동시적 위치추정 및 지도작성

Abstract

This paper aims to detect Speed Bump by using Omni-directional Camera and to suggest Real-time update scheme of Speed Bump through Vision Based Approach. In order to detect Speed Bump from sequence of camera images, noise should be removed as well as spot estimated as shape and pattern for speed bump should be detected first. Now that speed bump has a regular form of white and yellow area, we extracted speed bump on the road by applying erosion and dilation morphological operations and by using the HSV color model .By collecting huge panoramic images from the camera, we are able to detect the target object and to calculate the distance through GPS log data. Last but not least, we evaluated accuracy of obtained result and detection algorithm by implementing SLAMs (Simultaneous Localization and Mapping system).

Keywords : Morphology, Speed Bump, HSV Color Model, Omni-directional Camera, SLAMs

1. 서 론

최근 도로포장을 체계적이고 과학적으로 관리하기 위해 도로포장 시공이력, 교통량, 노선정보에 대한 DB를 구축하고 도로포장 상태를 조사 평가하여 도로 표면 모델링과 최적의 도로 유지를 위한 보수 공법과 시기를 선정하기위한 다양한 관리기법이 제시되고 있다(Hahm et al., 2013). 이는 도로 균열, 파손, 차선, 과속방지턱 등 DB 조사와 관리, 이러한 자료를 근거로 분석을 통한 체계적인 주행 안전성 평가와 도로 관리 방안에 대한 기술적 요구가 증가되고 있음을 알 수 있다. 특히

PMS(Pavement Management System : 도로포장관리 체계)와 지능형 시스템 분야에서 센서를 이용한 다양한 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 현재까지 비전 센서를 통한 차선 검출에 대한 연구가 주를 이루고 있다(Joel and Mohan, 2006). 즉, 차선 마킹 검출을 위해 윤곽선의 경계를 탐지 하거나 RGB 칼라 모델, 주파수 도메인 접근, 영역 분할 및 Hough 변환 등 여러 방법이 이용되고 있다(Abdulhakam, 2008; Cheng, 2006; Cheng, 2010; Jeong and Nedevschi, 2005). 이에 반해 교통사고 예방을 위해 도로안전시설 설치 및 관리지침을 바탕으로 설치와 제원, 도색 등이 엄격히 제한되어

2013년 8월 27일 접수, 2013년 9월 23일 채택

* 정희원 · 인하공업전문대학 항공지리정보과 조교수(Member, Aerial GeoInformatics, Inha Technical College, jyj@inhac.ac.kr)

** 교신저자 · 정희원 · 인하공업전문대학 항공지리정보과 교수(Corresponding author, Member, Aerial GeoInformatics, Inha Technical College, chhahm@inhac.ac.kr)

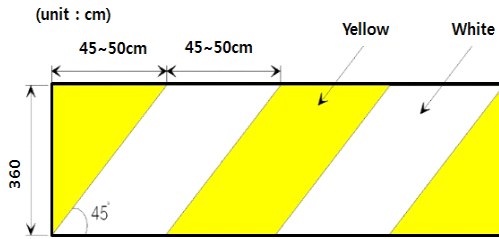


Figure 1. Legal Standard of Speed Bump

관리되는 대표적인 도로안전시설물인 과속방지턱 탐지에 대한 연구는 미비하다. 이에 본 연구에서는 전방위 카메라(Omni-directional Camera)를 이용하여 과속방지턱(Speed Bump)을 탐지하고 Vision Based Approach 통한 실시간 데이터 갱신 방안을 제시하는 것을 목적으로 한다. 카메라 영상정보에서 과속 방지턱을 검출하기 위해 잡음을 제거하고 과속 방지턱을 구성하는 형상과 패턴으로 여겨지는 점들을 우선적으로 탐지하여야 한다. 과속 방지턱은 도로 또는 진입로 포장에서 차량 속도를 강제로 낮추게 하기 위해 도로를 가로질러 설치된 둥근 산마루처럼 생긴 교통안전시설이다. 즉, 도로 노면을 돌출시켜 턱이 지게 만든 것을 뜻하며 과속으로 인한 교통안전 사고가 우려되는 도로에 설치하여 차량에 물리적 충격과 운전자에게 심리적인 저항을 줌으로써 차량 주행속도의 저감을 가져오는 효과가 있다 (Shim et al., 2011). 아래 Fig. 1과 같이 과속방지턱의 법적 시설기준에서는 도로 관리 기관에서 공공 시설물로서 과속방지턱을 설치할 경우에는 설치 길이 3.6m, 설치 높이 10cm의 규격을 적용하도록 되어있다 (MLTM, 2009).

따라서 본 연구에서는 과속방지턱이 일정한 폭과 규칙적인 형태를 유지하며 흰색과 노란색의 영역을 가지고 있음에 착안하여 침식과 팽창을 이용한 형태학적 연산과 HSV칼라 모델을 적용하여 도로상의 과속방지턱을 추출하였다. 또한, 카메라에서 거대한 이미지 데이터를 수집하여 대상 객체를 검출하고 GPS 위치 정보를 이용하였다. 사용자 시각에서 획득한 데이터를 이용하여 지도 데이터의 유용한 업데이트 방법을 구현하기 위해 실시간 지도 업데이트를 위한 DB 스키마를 설계하고 SLAMs(Simultaneous Localization And Mapping : 동시적 위치 추정 및 지도 작성) 시스템 구현하여 연구 방법의 결과의 유용성을 평가하였다.

2. 시스템 설계 방안

2.1 시스템 아키텍처

시스템 아키텍처는 아래 Fig. 2와 같으며 업데이트,

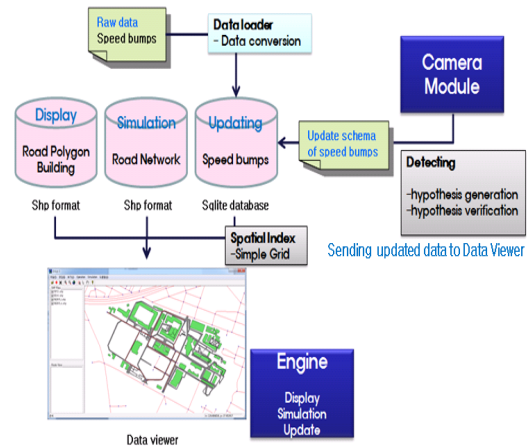


Figure 2. Design of System Architecture

디스플레이, 시뮬레이션을 위한 3가지 형태의 데이터 베이스를 사용한다. 디스플레이용 DB는 도로 경계와 건물 등 배경용 데이터를 화면 뷰어에 표시한다. 시뮬레이션 DB는 도로망 네트워크로 구성된 노드와 링크 데이터이다. 디스플레이 및 시뮬레이션 DB는 ESRI의 shape 파일 형식으로 저장된다. 업데이트 DB는 과속방지턱 데이터를 저장하며 SQLite DBMS 상에 포인트 데이터를 변환하여 관리한다. 이때, 이동 중인 차량의 빈번한 위치 변경이라는 공간적인 특징을 고려하여 색인 구조의 변경을 초래하지 않는 공간 인덱스의 구현이 중요하므로, 데이터의 검색과 빠른 질의 처리를 위한 공간 인덱스로서 그리드 인덱스를 사용하였다. 과속 방지턱 데이터는 설계된 스키마에 맞게 SQLite DBMS 상에 테이블 구조로 변환하여 로딩된다. 카메라 모듈은 데이터 뷰어에 업데이트 데이터를 전송하고, 뷰어는 갱신 유형에 따라 삽입, 삭제 및 수정된다. 본 연구에서 과속 방지턱 수집을 위한 연구 사례 지역은 인하 대학 캠퍼스 내로 하였다.

2.2 데이터 검색 구조

과속방지턱의 신속한 검색과 갱신을 위한 공간 인덱스로서 그리드 방식을 제안하였다. 그리드 방식은 대상지역을 선형 스케일로 구분된 그리드 셀로 나누어 저장하는 방식이다(Joo, 2011). 키 값의 범위를 선형 눈금자(Linear scale), 페이지(버킷) 번호를 격자 배열(Grid Array)이라 부르며, 선형 눈금자는 각 축 위의 눈금에 의해서 나타내고 격자 배열은 2차원 평면으로 표시한다. 이때 가장 작은 공간을 격자 블록이라 하고, 선형 눈금자와 격자 배열을 총칭하여 격자 디렉토리(Grid Directory)라 한다. 이 방식은 평면상의 공간을 선형 스

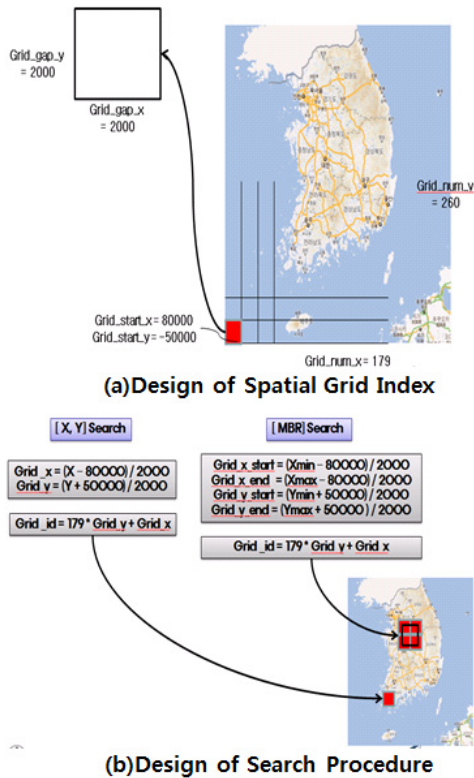


Figure 3. Structure of Spatial Index and Hash

케일을 사용하여 그리드 디렉토리를 구성하고, 이를 각 데이터 블록에 저장한다. 적은 디스크 I/O와 영역 질의에 효율적이며 고정 그리드 인덱스는 포인트 질의를 기반으로 하는 다차원 인덱스 중의 하나로 질의처리에 대한 유연성과 성능을 제공한다.

그러므로 본 논문에서는 디스플레이, 포인트와 영역의 공간데이터의 계산과 검색에 효율적인 고정 그리드 인덱스를 사용하였으며 Fig. 3(a)는 시스템에 적용된 공간 인덱스를 나타낸다. 격자 크기는 2,000m * 2,000m이며 적합한 화면 크기에 의해 결정되었다. 데이터 뷰어의 기본 화면 크기는 500m * 500m이며, 적절한 로딩 속도의 배 크기로 결정하였다. 그 결과로, 총 격자수는 46540 (179 * 260)로 설정되었다.

또한 Fig. 3(b)와 같이 두 가지 검색 유형 (matching search, range search)을 설계하였다. 매칭 검색의 경우, X-축 격자 인덱스 번호와 Y-축 격자 인덱스 번호는 격자 크기에 의해 계산된다. 마지막으로, 총 격자 인덱스 번호는 두 개의 인덱스 번호를 위하여 계산된다. 범위 검색의 계산은 검색과 일치하는 것과 동일하다. 그러나 범위 검색 두 점을 (MBR의 왼쪽 하단, 오른쪽 상단) 계산하였다.

Table 1. Relational Table Scheme of Speed bump and Index Header

Data type	Field Name	Speed bumps Table
Char [12]	MESH	Mesh ID
Integer	ROADCODE	Road classification code(highway, national highway..)
Integer	SPEED	Speed limit of road
Integer	ANGLE	Angle of road
Double	X	Coordinate of latitude (WGS84)
Double	Y	Coordinate of longitude (WGS84)
integer	Grid_idx	Grid index number
Data type	Field Name	Index Header Table
Integer	Grid_start_x	Left-bottom coordinate x of grid
Integer	Grid_start_y	Left-bottom coordinate y of grid
Integer	Grid_gap_x	Width of grid
Integer	Grid_gap_y	Height of grid
Integer	Grid_num_x	Count of grid in x-axis
Integer	Grid_num_y	Count of grid in y-axis

지도 데이터를 선형 스케일을 사용하여 일정한 공간으로 분할하고 데이터 블록을 구성한 뒤 그리드 디렉토리를 구성하고 그것의 주소를 1차원 배열의 데이터 페이지로 저장한다. 이 배열은 그리드 디렉토리의 인덱스 식별로 사용되며 레코드의 블록 또는 버킷을 참조한다. 이러한 인덱스 구조를 관계형 액세스 방법을 적용해서 그리드 디렉토리는 인덱스 테이블에 대응하고, 데이터 블록은 사용자 테이블에 대응하도록 설계하였다.

Table 1은 과속 방지턱 테이블의 구조로 정의된 인덱스 구조와 함께 속성정보를 포함하여 나타낸다. 테이블은 도엽 ID, 도로 분류 코드, 도로 각도, 제한 속도, 경도 및 위도 좌표와 격자 인덱스 번호 포함한다. 이중 도로 코드, 속도, 각도는 과속 방지턱 정보 표출에 사용된다. 또한, 인덱스 헤더 테이블은 인덱스의 크기 정보가 포함되어 있으며 과속 방지턱 데이터가 가지는 MBR 값이 저장되며, 선형 스케일로 계산된 그리드 식별자 값이 저장된다.

3. 과속방지턱 검출 방안

3.1 과속방지턱 탐지 알고리즘 개요

제안된 과속 방지턱 탐지 알고리즘의 전체적인 절차는 다음 Fig. 4와 같다. 영상자료 입력 단계에서는 차량

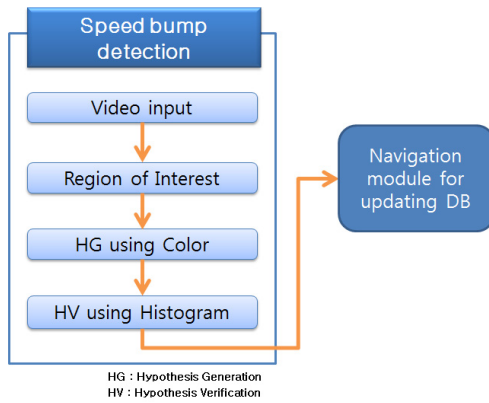


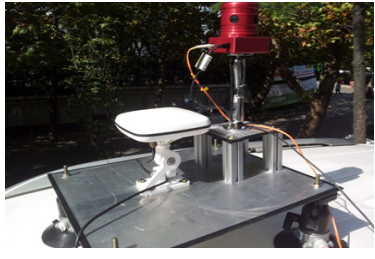


Figure 4. Procedure for Speed Bump Detection

Table 2. Camera and DGPS Equipment

	DGPS	Omni-direction Camera
Surveying Equipment Description		
	Rockwell GBX12R	Ladybug2 (Point Grey Research)
Mounted Equipment		

의 지붕에 장착된 전방위 카메라에서 이미지 시퀀스가 획득된다. Table 2와 같이 장착된 카메라와 DGPS 장비를 이용한다. 전방위 카메라 모델은 Ladybug2 (Point Grey Research)이며, 여섯 카메라가 물리적으로 서로 연결되어 캡처된 이미지가 획득된다. 그 결과로 360도 파노라마 이미지가 생성된다. 또한, 지상 형상에 근거하여 ROI (Region Of Interest)가 지정되고, 갈라 정보를 과속방지턱으로 구성된 가진 HG (Hypothesis Generation)영역이 생성된다. 이때, HG 영역에서 탐지율을 높이기 위해 질감 정보(texture information)를 사용한 HV(Hypothesis Verification)가 수행된다. 차량에

서 과속 방지턱까지의 거리는 지면이 평탄하고 장착된 카메라의 원점에 평행하다는 가정 하에 계산이 수행된다. 과속 방지턱 탐지를 위한 개발 언어로 Visual Studio 2010, OpenCV2.3.1와 C++을 이용하여 개발하였다.

3.2 ROI(Region of Interest) 영역 설정

형태학(Morphology, 모폴로지)은 영상 형태(shape)를 분석하고 처리하는 영상처리 기법으로 영상 경계, 블록, 골격 등 형태를 표현하거나 서술하는 데 필요한 영상 요소를 추출한다. 영상 경계 너비가 일정하지 않거나 중간에 단절되어 이를 일정하게 하거나 연결할 때 형태학 처리가 필요하다. 팽창(dilation)은 물체 내부의 돌출부는 감소하고 외부의 돌출부는 증가시켜서 물체의 크기를 확장하고 배경은 축소하는 기법이다. 물체 내부에 발생한 구멍과 같은 공간을 채우거나 짧게 끊어진 영역을 연결할 때 사용한다. 그레이 영상의 팽창연산은 객체를 더 게 하여 크게 보이는 효과를 얻을 수 있다. A와 B를 화소의 집합이라고 가정했을 때, 형태소 B로 A를 팽창한 $A \oplus B$ 는 다음과 같이 정의 할 수 있다.

$$A \oplus B = \{(a, b) + (u, v) : (a, b) \in A, (u, v) \in B\} \quad (1)$$

반면 침식(erosion)연산은 물체의 크기를 그 배경과 관련하여 일정하게 줄여주는 것이며 물체의 크기는 줄어들고, 배경은 확대된다. 주로 영상 내 물체와 배경 사이에 잡음이 있을 때 이 잡음을 제거하거나 전체 영상에서 아주 작은 물체를 제거하는데 응용할 수 있으며 돌출부는 감소하고 내부 돌출부는 증가시켜 서로 닿은 물체를 분리할 때 유용하다. 아래 수식 1은 A와 B는 화소의 집합으로, 형태소인 B로 A를 침식하며 $A \ominus B$ 가 정의된다.

$$A \ominus B = \{W : B_w \subseteq A\} \quad (2)$$

여기서 B_w 는 형태소 B를 이동한 결과로, 이중 A 집합에 완전하게 포함되는 $W = \{u, v\}$ 의 집합이 침식으로 일어난 결과다. 즉, B를 A위로 이동하면서 B가 완전하게 포함되는 장소를 찾은 뒤 각 장소에서 원점에 해당하는 점을 모아 만든 집합을 의미한다.

전방위 카메라에서 획득한 이미지는 광각(wide angle)과 하늘 등 불필요한 영역 존재하므로 검색 영역을 줄이고 속도 향상을 위해, 과속 방지턱이 항상 지상

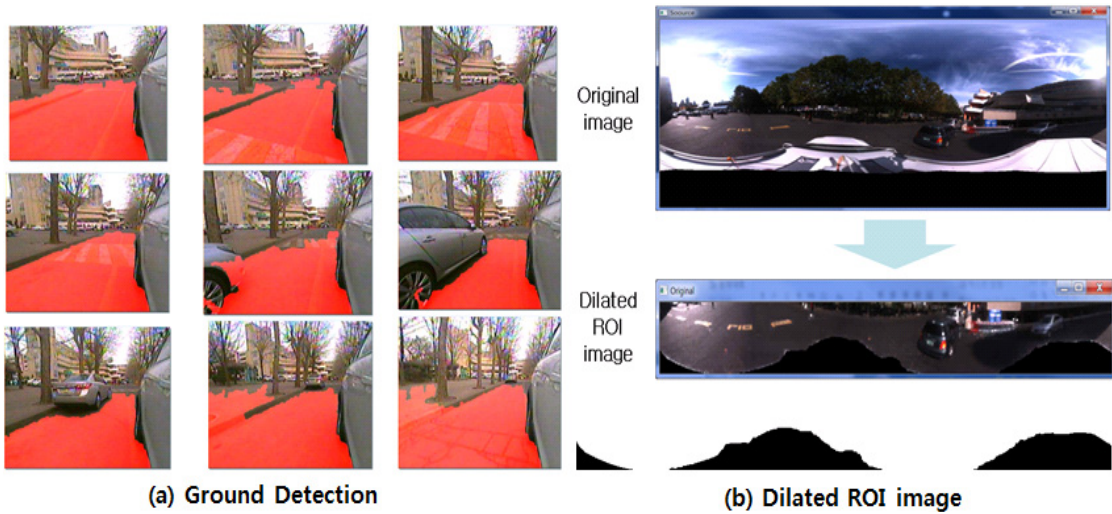


Figure 5. ROI Area Detection from Obtained Images

에 위치하는 기하학적 특성에 착안하여 지상 영역에 제한된 ROI로서 영역을 설정하였다(Fig. 5a). 또한, 노이즈와 색상이 감소된 이미지 생성을 위해 그레이 영상(명암)의 형태학적 팽창 연산을 적용하였으며 Fig. 5(b)는 ROI에 수행된 결과를 보여준다.

3.3 과속방지턱 위치 탐지

과속방지턱을 검출하기 위한 가장 독특한 정보로서, 과속방지턱은 반복된 흰색과 노란 색상에 의한 일관된 패턴을 가진다는 것이다. 과속방지턱에 표시되어 있는 선형의 대부분이 흰색과 노란색으로 구분되어 있지만 같은 색상이라도 주변 환경에 따라 조금씩 다르게 인식될 수 있다. 이에 따라서 색상의 범위만 가지고 차선을 찾기 위해서는 매번 모든 영상에서 환경에 맞는 색상의 범위를 정해 주어야한다. 앞 절에서 형태학적 연산이 적용된 영상을 사용하여 이로부터 추출된 후보자 중에서 과속방지턱 색상이라 여겨지는 영역을 다시 추출하게 된다. 이를 위해서 입력 영상의 R,G,B 값을 H(Hue), S(Saturation), V(Value) 값으로 바꾸어 주어야 할 필요가 있다. 따라서 흰색과 노란색 색상을 검색하기 위해 이미지를 구성하는 RGB (빨강, 녹색, 파랑) 색 공간을 HSV(색상, 채도, 값)칼라 모델로 변환하였다.

Fig. 6은 HSV색 공간에서 빨간색 원형 구간이 과속방지턱 색 영역을 나타낸다. HSV는 칼라를 선택하는데 사용되는 몇 가지 칼라 시스템 중 하나로서 사람이 칼라 감각을 경험하고 묘사하는 방식에 대해 RGB 시스템보다 훨씬 더 가깝다. HSV 칼라 공간은 RGB 칼라 큐브를 그레이 축(흑색과 흰색 모서리를 연결하는

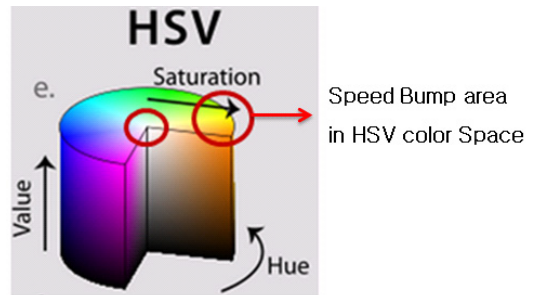


Figure 6. Color Regions of Speed Bumps in HSV

축)을 따라 쳐다보면서 만들어졌다. 색상(Hue)은 칼라 육각형 주위의 각도로 표현되며, 적색 축을 0° 축으로 사용한다. 값(value)은 빨의 축을 따라 측정되며 축의 끝은 흑색(V=0)과 백색(V=1)이며, 전체 칼라 육각형의 중앙에 놓인다. 따라서 이 축은 그레이의 농도를 나타낸다. 채도 (saturation)는 육각형의 중앙 축, V 축으로부터의 거리로 측정된다.

따라서 Fig. 7과 같이 각 픽셀에 대한 H, S, V 값을 구하고, 형태학적 연산을 거쳐 1차적으로 추출된 차선의 후보를 대상으로 해당 픽셀의 H, S, V 값을 비교함으로써 흰색과 노란색 범위에 들어가는 차선의 후보를 2차적으로 추출한다. 과속 방지턱 색상에 threshold 적용하여 역치시킨 마스킹 이미지를 생성한 후, 노이즈 패턴을 줄이기 위해 바이너리 이미지에 형태학적 열림과 닫힘(opening and closing) 필터 연산을 수행한다. 다음, 남은 영역이 연결된 구성요소 분석에 의해 표시되고 작은 표시 영역 역시 제거된다.



(a) Crosswalk

(b) Speed Bump

Figure 7. Detection of Objects from Color Image (Speed Bump & Crosswalk)

이때, 열림(Opening)과 닫힘(Closing) 연산은 팽창과 침식의 기본 연산으로 만들며 팽창과 침식을 순차적으로 수행하거나 침식과 팽창을 순차적으로 진행하여 결과를 얻는다. 우선 열림 연산은 침식연산 다음에 팽창 연산을 바로 사용하는 알고리즘으로 블록하게 나온 부분을 제거하고 좁은 연결을 끊어서 영상의 외곽선 부분을 부드럽게 만들어 형상과 크기 보존한다. 특징으로 돌출 부분과 좁은 연결 부위 제거되므로 제거연산이라고도 한다. 화소의 집합 A와 형태소나 구조적 요소 B가 있을 때 B가 일으킨 A의 열림은 $A \circ B$ 로 표기한다.

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B \quad (3)$$

닫힘 연산은 팽창연산 후 침식 처리를 수행한다. 보통, 오목하게 들어간 부분이나 작은 구멍을 채우기에 열림 연산과 마찬가지로 영상의 외곽선 부분을 부드럽게 만들며 객체 형태와 크기 보존한다. 작은 구멍이나 틈 등을 채우는 역할을 하므로 채움 연산이라고도 한다. 화소의 집합 A와 형태소나 구조적 요소 B가 있을 때 B가 일으킨 A의 열림은 $A \bullet B$ 로 표기하여 정의한다.

$$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B \quad (4)$$

흰색과 노란색 영역에 AND 연산을 적용하여 과속방

지턱으로 추정될 만큼 큰 영역을 이루는 프레임을 연속적으로 카운트한다. 이때, 연속적인 3개의 프레임이 탐지되는 경우 과속방지턱 영역의 위치를 추정한다. 마지막으로 역투사(Back projection)를 이용하여 과속방지턱의 위치를 검증하게 된다. 역투사는 지정된 이미지의 픽셀이 히스토그램 모델에서 픽셀의 분포에 맞게 얼마나 잘 기록되었는지를 나타내는 방법이다. 좋은 모델을 만들기 위해 많은 과속방지턱의 이미지는 다양한 조명 조건에서 캡처되어 히스토그램 모델을 생성을 위해 쌓여 정렬된다. 픽셀은 과속 방지턱 픽셀로 최종적으로 선정될 높은 확률을 가지게 된다.

또한 차량에서 과속방지턱까지의 거리(D)는 지면이 평탄하고 장착된 카메라의 원점에 평행하다고 가정하여 아래 Fig. 8a와 같이 측정하였다. 이때, 측정된 거리의 오차를 검증하기 위해 30cm와 15m거리에서의 평균 오차를 측정하여 계산하였다(Fig. 8c, 8d). 거리의 평균 오차는 30cm에서 평균 6.09%(약 18mm)로 측정되고, 15cm에서 평균 3.92%(약 0.59m)로 측정되었다.

3.4 시뮬레이션 평가

Fig. 9(a)는 연구 지역 내 탐지된 과속 방지턱을 데이터베이스에 추가하고 주행 경로에 있는 모든 과속방지턱의 탐지 결과를 보여준다. 시스템을 평가하기 위해 취득한 대상 지역의 이미지의 총 수는 5,321로 전체 프레임 데이터와 일치하였다. 프레임 데이터는 GPS 정보

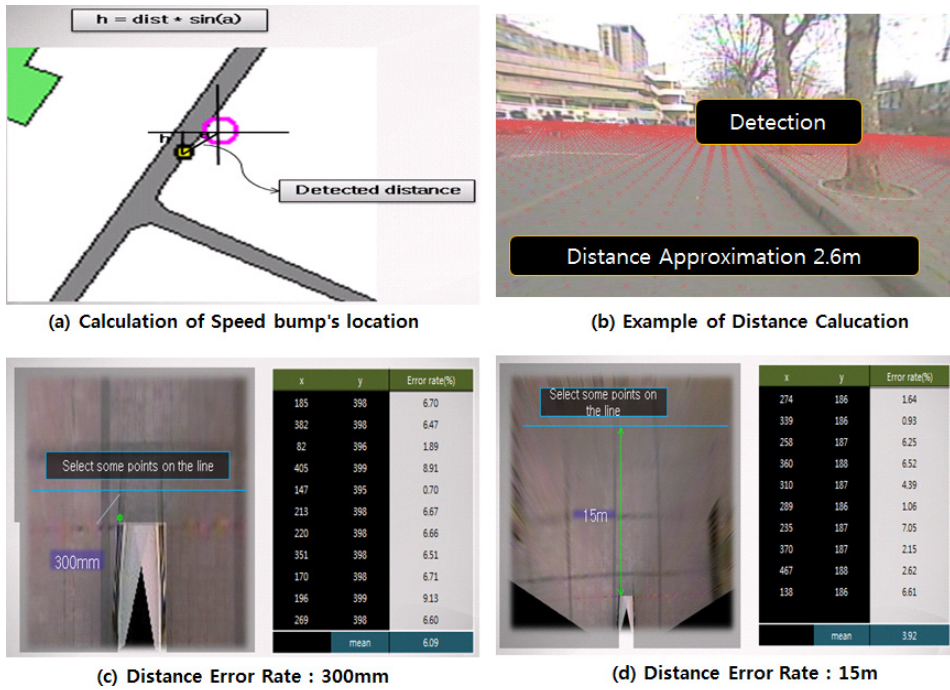


Figure 8. Evaluation of Speed Bump's location and Error Rate according to distance(300mm and 15m)

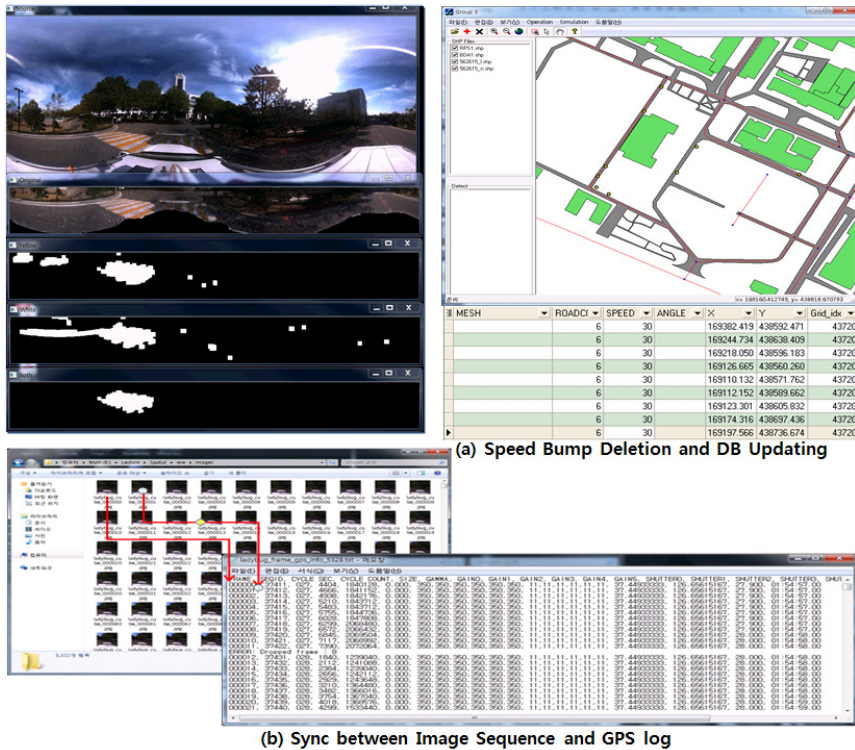


Figure 9. Implementation of Detection Algorithm and Database Updating

를 포함하며 데이터 뷰어 상에서 1초 간격으로 타이머를 생성하고 차량의 위치를 표시하였다(Fig. 9b). 그리고 데이터 뷰어에 이미지 프레임을 생성하여 1초 간격으로 과속방지턱 감지 알고리즘을 실행하였다. 총 아홉개의 과속 방지턱 데이터가 성공적으로 탐지되었고 데이터베이스에 저장되었음을 알 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 전방위 카메라를 이용하여 취득한 이미지 시퀀스에 형태학적 연산과 HSV칼라 모델을 통해 과속방지턱을 탐지하고 실시간 데이터의 관리 방안을 제시하고자 하였다. 이를 위해 우선, 이동 중인 차량에서 빈번한 위치 변경이라는 공간적인 특징을 고려하여 색인 구조의 변경을 초래하지 않는 공간 인덱스를 고려하여 테이블을 설계하였다. 또한, Ladybug2의 여섯 개의 카메라가 물리적으로 서로 연결되어 캡처된 파노라마 이미지를 취득하고, 광각과 하늘 등 불필요한 영역을 제하고자 지상 형상에 근거한 ROI 영역을 설정하여 검색 영역을 줄이고 속도를 향상하고자 하였다. 그레이 영상의 형태학적 팽창 연산을 ROI에 수행하여 노이즈와 색상이 감소된 이미지를 생성하였으며, 이미지를 구성하는 RGB 색 공간을 HSV (색상, 채도, 값)로 변환하여 흰색과 노란 색상에 의한 일관된 패턴을 가진 대상 객체를 탐지하였다. 본 연구에서 제시된 결과는 컴퓨터 비전과 결합한 GIS가 실제 생활에서 응용 프로그램을 사용하는 데 유용함을 보여준다. 또한 PMS, 차량 항법 시스템 등 현장 조사와 데이터 유지 관리 등에 적용될 수 있을 것이다, 본 연구 결과를 통해 사용자의 움직임을 고려하여 개인화된 지리정보 검색에 효율성을 증진하는데 기여 할 것으로 기대된다. 향후 도로 포장, 기상 등으로 인해 불안정한 노면 상태에서 카메라 영상만으로 정확한 인식이 알 되는 경우를 보완하기 위해 보다 정밀한 위치 센서와 에지기반 영상탐지 알고리즘을 활용한 연구가 필요할 것이다.

References

1. Abdulhakam, A., 2008, Real time lane detection for autonomous vehicles, Proceedings of the International Conference on Computer and Communication Engineering.
2. Cheng, H., 2006, Lane detection with moving vehicles in the traffic scenes, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol. 7, No. 4.
3. Cheng, H., 2010, Environment classification and hierarchical lane detection for structured and unstructured roads", IET Comput. Vis., Vol. 4, pp. 37-49.
4. Hahm, C., Joo, Y., Won, S., 2013, A study on automatic survey of road information for PMS maintenance, Korean society of surveying geodesy, photogrammetry and cartography.
5. Jeong, P., Nedevschi, S., 2005, Efficient and robust classification method using combined feature vector for lane detection, IEEE Transactions on Circuits And Systems for Video Technology, Vol. 15, No. 4.
6. Joel, C., Mohan, M., 2006, Video based lane estimation and tracking for driver assistance survey, system, and evaluation, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol. 7, No. 1.
7. Joo, Y., 2011, Design and implementation of moving object model for nearest neighbors query processing based on multi-Level global fixed grid, Journal of The Korean Society for Geospatial Information System, Vol. 19, No. 3, pp.13-21.
8. Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2009, The guideline of installation and management for road safety facility
9. Shim, J., Choi, H., Kim, S., 2011, Dynamic analysis for evaluation of speed control hump dimensions, Journal of the Korean Society of Road Engineers, Vol. 13, No. 3, pp.15-20.