

도로시설물 관리를 위한 교통안전표지 인식 및 자동위치 취득 방법 연구

The Road Traffic Sign Recognition and Automatic Positioning for Road Facility Management

이준석 Jun Seok, Lee
윤덕근 Duk Geun, Yun

정회원 · 한국건설기술연구원 도로연구실 선임연구원 (E-mail : jaslee@kict.re.kr)
정회원 · 한국건설기술연구원 도로연구실 수석연구원 (E-mail : dkyun@kict.re.kr)

ABSTRACT

PURPOSES : This study is to develop a road traffic sign recognition and automatic positioning for road facility management.

METHODS : In this study, we installed the GPS, IMU, DMI, camera, laser sensor on the van and surveyed the car position, fore-sight image, point cloud of traffic signs. To insert automatic position of traffic sign, the automatic traffic sign recognition S/W developed and it can log the traffic sign type and approximate position, this study suggests a methodology to transform the laser point-cloud to the map coordinate system with the 3D axis rotation algorithm.

RESULTS : Result show that on a clear day, traffic sign recognition ratio is 92.98%, and on cloudy day recognition ratio is 80.58%. To insert exact traffic sign position. This study examined the point difference with the road surveying results. The result RMSE is 0.227m and average is 1.51m which is the GPS positioning error. Including these error we can insert the traffic sign position within 1.51m

CONCLUSIONS : As a result of this study, we can automatically survey the traffic sign type, position data of the traffic sign position error and analysis the road safety, speed limit consistency, which can be used in traffic sign DB.

Keywords

road traffic sign recognition, automatic positioning, road facility management, GIS, GPS

Main Author : Lee, JunSeok, Senior Researcher
Highway Research Division, Korea Institute of Construction Technology,
283, Goyangdae-Ro, Ilsanseo-Gu, Goyang-SI, Gyeonggi-Do, 411-712, Korea
Tel : +82.31.910.0613 Fax : +82.31.910.0746
e-mail : jaslee@kict.re.kr

International Journal of Highway Engineering
http://www.ijhe.or.kr/
ISSN 1738-7159 (Print)
ISSN 2287-3678 (Online)

1. 서론

도로시설물 정보는 도로관리나 안전측면에 중요한 요소이다. 이 중 교통안전표지는 운전자에게 정보를 제공하는 중요한 시설물로, 교통안전표지는 적절한 내용을 가지고 적절한 곳에 위치해야 한다. 교통안전표지가 중복설치, 잘못된 곳에 설치 혹은 손실, 망실이 발생할 경우 도로는 운전자에게 적정한 정보를 제공하지 못하므로 교통안전에도 영향을 줄 뿐 아니라 도로관리 측면에서도 도로의 자산을 효율적으로 관리한다는데 중요한

의미가 있다. 도로안전측면에서는 도로의 제한속도 연속성을 파악하는 것이 필요하며 이것을 제한속도 표지판 인식 등을 통하여 자동으로 파악할 수 있다면 도로안전점검에 많은 도움을 줄 수 있다. 따라서 도로관리자는 정기적으로 이러한 교통안전표지판과 안전시설의 오류가 없는지 정기적으로 점검을 해야 한다. 그러나 교통안전표지판의 점검을 사람의 인력으로 진행한다는 것은 시간과 비용면에서 비효율적으로 신속한 정보취득이 요구된다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 기존의 교통안전표지판 인식에 대한 방법으로는 도로를 주행하는 차량에 카메라를 설치하고 카메라에서 촬영된 영상을 이용하여 도로의 표지판을 인식하는 방법을 이용하였다. 그러나 기존의 교통안전표지판 인식 방법에서는 주로 패턴인식(Le, T. 2010), 신경망(신민철, 2006), SVM(Support Vector Machine)(E&G, 2012) 등의 방법을 이용하여 영상의 인식률을 높이는데 주안점을 두었으며, 인식된 결과들의 위치를 정밀하게 삽입하는 방법에 대한 연구는 미흡하였다. 즉, 인식된 결과에 대한 교통안전표지판의 위치를 검출하는 방법에 대해서는 GPS를 이용하여 영상을 촬영할 당시 차량의 위치를 대략적으로 삽입하거나 스테레오 영상을 이용하여 수동으로 양 사진에서 겹치는 공액점을 이용하는 방법 등이 이용되었다.

효율적인 도로관리를 위해 도로관리자가 기존의 대략적인 교통안전표지판의 위치가 아닌 자동으로 교통안전표지판을 인식하는 동시에 정확한 교통안전표지판의 위치를 정확하게 삽입하기 위한 방법이 요구되고 있다. 또한 조사를 통해 자동으로 도로의 관리도면 생성 시 표지의 종류와 더불어 위치를 생성하는 방법은 더욱 요구되고 있다.

본 연구에서는 대상 표지는 영상인식으로 가능한 교통안전표지를 대상으로 하였으며 도로교통안전점검차량(ARASEO; Automated Road Analysis and Safety Evaluation Tool)을 이용하여 도로를 5m마다 촬영하고 그 영상을 자동 인식방법을 이용하여 표지판의 종류, 표지판의 대략적인 위치를 파악하였다. 그 후 차량 전방에 부착된 반사도 전용 레이저를 이용하여 반사도가 높은 표지판만을 필터링한 레이저 포인트 위치를 이용하여 표지판의 위치를 정밀하게 자동으로 기록하는 방법에 대하여 연구하였다. 본 연구를 통하여 도로관리를 위한 도로 표지판의 정보를 맑은날 기준으로 90% 이상 자동으로 기록할 수 있었다.

2. 교통안전표지판 영상인식

본 연구에서는 교통안전표지판 인식 및 위치삽입을 위해 기존에 교통안전표지 영상을 인식방법(E&G, 2012)을 이용한 후 레이저를 이용하여 위치를 삽입하였다. 이는 기존 영상을 통해 인식한 교통안전표지 인식방법의 경우 정확한 위치를 파악할 수 없기 때문이다.

본 연구에서는 교통안전표지판 중 주의, 규제, 지시,

시설유도 표지를 대상으로 인식기능을 구현하였다. 교통안전표지판은 빨강, 노랑, 파랑 등의 색이 존재하여 이것을 분류하기 위하여 불러온 영상을 HSV(hue saturation value) 색상분리를 하였다. 표지판의 형태를 파악하기 위하여 기울어진 표지판을 정면에서 본 모양으로 바꾸는 정규화 작업을 하였으며 최종적으로 어떠한 표지판인지 빠르게 분석하는 분류방법의 하나인 SVM(Support Vector Machine) 방법을 이용하여 인식을 진행하였다. SVM은 지도 학습 등에서 사용되는 방법으로, 주어진 자료에 대해서 그 자료들을 분리하는 초평면 중에서 자료들과 가장 거리가 먼 초평면을 찾는 방법이다(wikipedia, 2012).

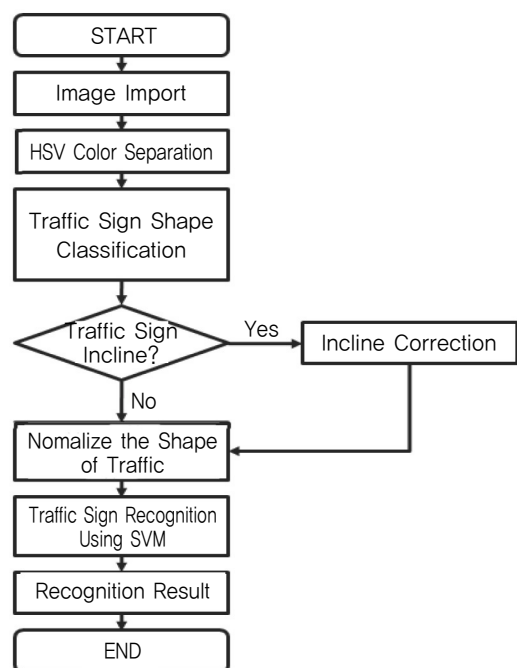


Fig. 1 Image Recognition Module (E&G, 2012)

영상 내 교통안전표지 검출을 위해 색상, 형태 특징을 이용하였다. 색상 특징과 형태 특징을 이용하여 영상 내에서 교통안전표지 영역과 그 외(교통안전표지가 아닌 영역)영역을 영상에서 분리하였으며 이번 연구에서 사용한 대상 교통안전표지(주의, 규제, 지시, 시선유도표지)의 색 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. Traffic Sign Color Comparison

Index	Border Color	Inside Color
Caution Sign	Red	Yellow
Restriction Sign	Red	White, Blue
Instruction Sign	Blue	White
Visual Guidance Sign	Yellow	Black

빨강, 파랑, 노랑 등 다양한 색상으로 구분되는 교통 안전표지의 색상 특성을 이용하여 영상 내 표지를 검출하기 위해 HSV 색 공간을 이용하였다. HSV 색 공간은 세밀한 색의 표현이 가능하여 영상처리 등에 많이 사용되며 색상(Hue), 채도(Saturation), 명도(Value)를 기준으로 색을 구성하는 방식이다. 혼합색이 원래의 색보다 명도가 낮아지거나 높아지는 감산혼합이나 가산혼합보다 색상의 지정이 직관적이기 때문에 검출을 위한 색 공간으로 적합하다. 여기서 색상은 가시광선 스펙트럼을 고리모양으로 배치한 색상환에서 가장 파장이 긴 빨강을 0°로 하였을 때 상대적인 배치 각도를 의미한다. 그 때문에 색상 값은 0°~360° 범위를 갖고, 360°와 0°는 같은 색상 빨강을 가리킨다. 채도값 S는 특정한 색상의 가장 진한 상태를 100%로 하였을 때 진하기의 정도를 나타낸다. 채도 값 0%는 명도의 무채색을 나타낸다. 명도 값 V 또는 B(Brightness)는 흰색을 100%, 검정을 0%로 하였을 때의 밝기의 정도를 나타낸다. RGB 색 공간에서 HSV 색 공간으로 변환 공식은 Eq. (1)과 같다.

$$\begin{aligned}
 V &= \max(R, G, B) \\
 S &= (V - \min(R, G, B)) / V \\
 H &= (G - B) \times 60 / S, \text{ if } V = R \\
 &= 180 \times (B - R) \times 60 / S, \text{ if } V = G \\
 &= 240 \times (R - G) \times 60 / S, \text{ if } V = B
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

단, $\max(x, y, z)$ 는 세 값 중 가장 큰 값을 의미
 $\min(x, y, z)$ 는 세 값 중 가장 작은 값을 의미

이번 연구에서 HSV 색 공간을 이용한 특성분리는 Fig. 2와 같다. 가운데 원 영상을 중심으로 색상에 따른 특성을 추출한 예이다. 각각 blue, red, yellow, white 채널별 분리 영상 및 일부분만을 확대한 영상을 보이고 있다. 확대 영상에서 볼 수 있듯이, 배경과 교통안전표지 영역이 명확히 구분되어 검출되었음을 확인할 수 있다.



Fig. 2 Color Extraction Using HSV Color Space (E&G, 2012)

대상 교통안전표지(주의, 규제, 지시, 시선유도표지)의 형태학적 특성은 Table 2와 같다.

Table 2. Traffic Sign Shape Pattern Comparison

Index	Shape Pattern
Caution Sign	Triangle
Restriction Sign	Circle, Inverted Triangle, Octagon
Instruction Sign	Circle, Triangle, Squares
Visual Guidance Sign	Squares

주의표지에서는 삼각형의 형태만 존재하며, 규제표지에서는 원형, 역삼각형, 팔각형이 존재한다. 또한 지시표지는 원형, 삼각형, 사각형의 형태를 보이며, 시선유도표지는 사각형의 형태학적 특성을 가지고 있다. 형태학적 특성을 이용하면 HSV 색 공간을 통해 배경이 제거된 각 색상별 채널 영상에서 교통안전표지의 종류가 분류 가능하다.

카메라와 교통안전표지의 거리에 따라 영상 내 교통 안전표지의 크기는 동일하지 않다. 또한 영상취득 당시의 주변 환경 등에 따른 영상 밝기의 정도 또한 각각 다를 것이다. 밝기와 크기, 그리고 카메라 위치 또는 대상 교통안전표지의 설치 위치에 따른 왜곡 등을 보정이 필요하며 통일된 영상 형태를 가지도록 하는 정규화 과정이 필요하다. Fig. 3은 영상 내 교통안전표지의 검출 이후 정규화 하는 과정을 설명한 그림이다.



Fig. 3 Image Normalize Process (E&G, 2012)

입력영상(1)에서 표지판 영역을 검출(2, 3)하고, 검출한 영역에 대해 왜곡을 보정(4)한다. 왜곡이 보정된 영상을 이용하여 영상 크기변경과 밝기를 조절(5)하고 배경영상을 제거(6)하여 교통안전표지 영역만을 추출하는 일련의 과정들이 모두 정규화 내에서 이루어진다. 즉, 정규화 과정을 통해 배경 영상이 제거된 동일크기를 갖는 교통안전표지 영역을 추출할 수 있다.

이렇게 정규화된 영상에서 패턴분류방법을 통하여 정규화된 영상에 대한 자동인식을 수행하였다. 패턴분류를 위해 SVM(Support Vector Machine)을 이용하였으며 SVM의 대략적인 개념에 대해 설명하면 다음과 같다.

$$D = (X_i, G_i) | X_i \in R^n, C_i \in -1, 1_{i=1}^n \tag{2}$$

학습데이터 D 가 주어졌을 때 C_i 는 1이나 -1의 값을 갖는 변수가 X_i 에 속한 클래스를 의미하며, X_i 는 P 차원의 실수벡터이다. 신경망을 포함하여 많은 학습 알고리즘은 이러한 학습데이터가 주어졌을 때 $C_i=1$ 인 점들과 $C_i=-1$ 인 점들을 분리하는 초평면(hyperplane)을 찾아내는 것이 공통의 목표인데 SVM이 다른 알고리즘과 차별되는 특징은 단지 점들을 분리하는 초평면을 찾는 것으로 끝나는 것이 아니라 점들을 분리할 수 있는 수많은 후보평면들 가운데 마진(margin)이 최소가 되는 초평면을 찾는 것이다. 여기서 마진이란 초평면으로부터 각 점들에 이르는 거리의 최소값을 말하는데 이 마진을 최대로 하면서 점들을 두 클래스로 분류하려면 결국 클래스 1에 속하는 점들과의 거리 중 최소값과 클래스 -1에 속하는 점들과의 거리 중 최소값이 같도록 초평면이 위치해야 하며, 이러한 초평면을 maximum-margin 초평면이라고 한다. 결론적으로 SVM은 두 클래스의 점들과 거리를 유지하는 것을 찾아내는 알고리즘이라 할 수 있다.

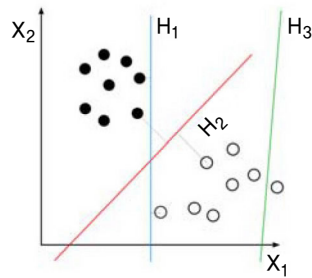


Fig. 4 Concept of SVM (wikipedia, 2012)

정규화된 영상에 대한 자동인식 결과를 도출하는 방법은 패턴매칭 확률을 이용하며, 확률이 가장 높게 나온 것을 결과로 하였다. 결과값을 도출하기 위해서는 정규화 이후 SVM을 통해 각각 확률이 가장 높은 것이 결과값으로 도출(빨간색 화살표)됨을 알 수 있다.

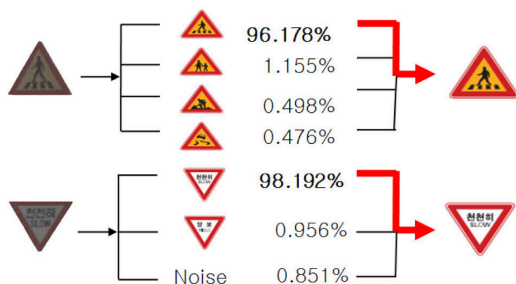


Fig. 5 Result Generating Process Using Normalized Image (E&G, 2012)

맑은 날씨와 흐린 날씨에 각각 취득된 영상을 기준으

로 인식률 테스트를 진행하였으며 인식률을 산정하기 위하여 프레임 영상에서 한번이라도 올바르게 인식하였을 경우에 정인식 되었다고 체크하였다. 인식률 테스트 결과는 다음과 같다.

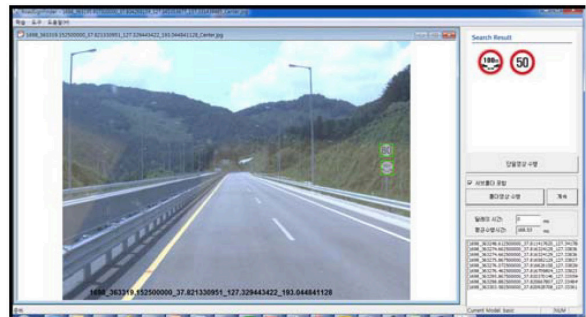


Fig. 6 Image Recognition Result

Table 3. Recognition Test Results

Weather	Date		Recognition Results		
			Total No.	Recognition No.	Recognition Ration(%)
Sunny	1-A	2012. 5.16 11h	1148	1058	92.16%
	1-B	2012. 5.16 14h	1197	1091	91.14%
	2-A	2012. 5.17 09h	418	386	92.34%
	2-B	2012. 5.17 10h	379	353	93.13%
	3-A	2012. 5.18 09h	1325	1267	95.62%
	3-B	2012. 5.18 14h	355	307	86.48%
	3-C	2012. 5.18 15h	430	414	96.27%
Cloudy	4	2012. 5.24 13h	139	112	80.58%

Table 4. Recognition Test Results of All Image

Weather	Total No.	Fail Recognition No.	Correct Recognition No.	Recognition Ration(%)
Sunny	5244	368	4876	92.98%
Cloudy	139	27	112	80.58%

맑은 날씨에 취득된 영상의 경우 총 5244개(주의, 규제, 지시, 시선유도표지 합계) 중 4876개 정인식으로 인식률 92.98% 이다. 흐린 날씨에 취득된 영상의 경우 총 139개(주의, 규제, 지시, 시선유도표지 합계) 중 112개 정인식으로 인식률 80.58%이다.

3. 레이저를 이용한 표지판위치 자동삽입 방법

인식된 표지판의 위치를 정밀하게 삽입하기 위해서 본 연구에서는 4개의 레이어를 가진 반사도 전용 레이저를 차량 전방 좌, 우편에 부착하여 사용하였다. 레이저센서를 이용하여 표지판의 위치를 정밀하게 측정하기 위해서

는 레이저 센서의 차량내 위치와 기울기 등의 자세값을 정밀하게 측정하였다. 각각의 센서 위치와 자세를 정밀하게 측정하기 위해서 토탈스테이션(광파기)을 이용하여 측정을 하였다. 토탈스테이션은 레이저를 이용하여 반사되어 오는 점을 파악하여 거리, 각도 등을 잴 수 있는 기계이며 차량의 위치를 360° 돌아가면서 측정을 하기 위해서는 최소한 3곳 이상에 토탈스테이션을 세웠다.

차량의 센서 위치는 GPS로부터의 상대 위치와 차량 진행방향을 y축으로 하는 것이 중요하므로 CAD상에서 GPS점을 UCS(User Coordinate System)의 원점을 0, 0, 0으로 두고 차량의 방향을 차량 외곽선을 참고하면서 UCS축을 회전하여 차량의 축과 일치시켰다.

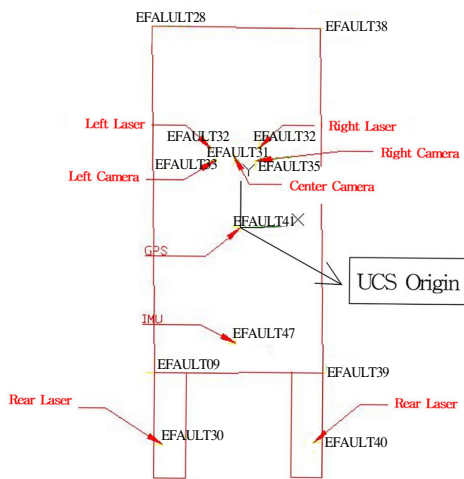


Fig. 7 The Position of Each Sensors

UCS를 설정했으면 GPS로부터 상대위치를 측정할 수 있는데 CAD를 통하여 UCS x, y, z의 위치를 확인하고 엑셀의 표에 다음과 같이 정리한다. Table 5는 실제 본 연구에서 개발된 Araseo 차량의 센서 위치를 정리한 표이다.

Table 5. Relative Position of Araseo Sensor based on GPS

Sensor Type		X	Y	Z
Car Position	Left Front Bumper	-1.0266	2.3114	-1.8469
	Right Front Bumper	0.9088	2.2815	-1.8412
	Left Rear Bumper	-0.9877	-1.674	-1.8695
	Right Rear Bumper	0.9463	-1.6739	-1.8591
Fore Sight Camera	IMU in Car	-0.0526	-1.3352	-0.791
	Left Camera	-0.2931	0.7722	-0.2595
	Center Camera	-0.0848	0.8263	-0.2824
Fore Sight Laser	Right Camera	0.1735	0.7684	-0.2618
	Left Laser	-0.3418	0.9039	-0.0997
	Right Laser	0.2055	0.9022	-0.0946
Rear Sight Laser	Left Laser	-0.9029	-2.4974	-0.3051
	Right Laser	0.8411	-2.4715	-0.3059

전방레이저의 자세를 측정하기 위하여 전방레이저 센서의 좌우측 축의 좌표값이 0이 되는 지점을 찾으면 그 방향이 레이저가 바라보는 방향이며 레이저의 위치와 좌우측 축의 좌표값이 0인 점의 위치를 토탈스테이션에 의하여 측량하여 레이저의 방향을 측정하였다. 이 때 0이 되는 지점을 찾기 위하여 지점에 반사 프리즘을 설치하고 차량 내부의 레이저 상대 위치 창을 통하여 확인하면서 0이 되는 지점으로 조금씩 이동하여 최종적으로 확정하였다.

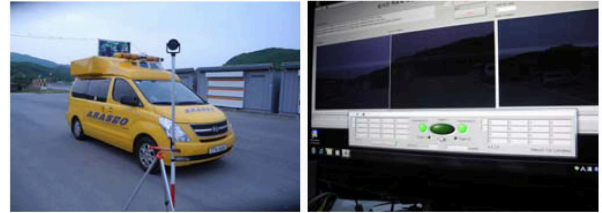


Fig. 8 Fore Sight Laser Angle Calibration

전방 영상에서 인식된 표지판의 위치와 실제로 측량된 표지판과의 위치오차를 비교하였고 차량의 주행 시 평균적으로 45m 앞의 영상 좌표를 가져와서 표지판의 대략적인 위치를 먼저 나타내었다.

Table 6. The Variance of Real Traffic Sign Position and Recognition SW Result

	Lane 1	Lane 2
The Variance of Real Traffic Sign Position and Recognition SW Result. (m)	45	36
	52	34
	47	37
	53	40
	53	49
Average (m)	49.8	39.3

전방의 인텐시티 전용레이저(LD-MRS) 포인트의 좌표 변환은 다음과 같은 알고리즘에 의하여 변환을 하였다.

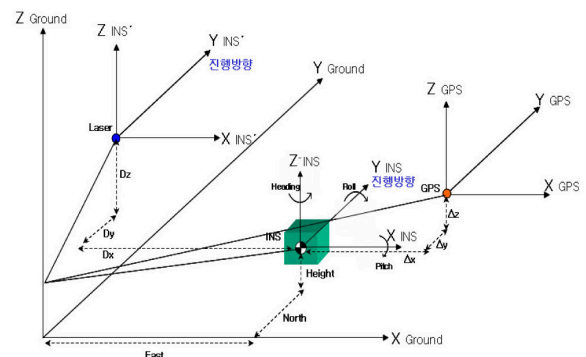


Fig. 9 Laser Scanner Position Coordinate Transformation

차량 전방에 설치된 시설물인식용 레이저를 사용한 데이터 처리를 위해서는 GPS-INS(Inertial Navigation System) 통합 처리한 데이터와 극 좌표계로 구성된 회전식 레이저 스캐너 데이터를 이용하여 3차원 절대 좌표계로 변환하였으며 변환과정을 수식으로 표현하면 Eq. (3)과 같다.

회전식 레이저 스캐너 데이터는 INS 기준의 좌표계와 일치시켜 주어야 하며, GPS-INS 통합처리에서 차량에 설치된 INS를 기준으로 위치와 회전각을 계산하였다. 3차원 공간상에서 X, Y, Z축의 순서대로 회전시켜야 하며 이때 사용되는 회전행렬은 다음 Eq. (4)와 같다. 여기서 Roll은 진행방향인 Y축을 기준으로, Pitch는 진행방향의 직각인 X축을 기준으로, Heading은 Z축을 기준으로한 회전각이다. 따라서 회전 순서가 X, Y, Z이므로 이때의 회전각도의 순서는 Pitch, Roll, Heading이 된다.

$$R_{HRP} = R_H \cdot R_R \cdot R_P = \begin{pmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{pmatrix} \quad (3)$$

본 연구에서는 다음과 같은 회전행렬을 사용하였다.

$$\begin{aligned} m_{11} &= \cos\phi \cos\kappa \\ m_{12} &= \sin\omega \sin\phi \cos\kappa + \cos\omega \sin\kappa \\ m_{13} &= -\cos\omega \sin\phi \cos\kappa + \sin\omega \sin\kappa \\ m_{21} &= -\cos\omega \sin\kappa \\ m_{22} &= -\sin\omega \sin\phi \sin\kappa + \cos\omega \cos\kappa \\ m_{23} &= \cos\omega \sin\phi \sin\kappa + \sin\omega \cos\kappa \\ m_{31} &= \sin\phi \\ m_{32} &= -\sin\omega \cos\phi \\ m_{33} &= \cos\omega \cos\phi \end{aligned} \quad (4)$$

최종적으로 실세계의 3차원 좌표계로 변환된 회전식 레이저 스캐너의 3차원 포인트 데이터 위치(X_G, Y_G, Z_G)는 Eq. (5)와 같이 간략하게 계산이 된다. 여기서 D_x, D_y, D_z 는 INS로부터 회전식 레이저 스캐너까지의 이격거리이다.

$$\begin{pmatrix} X_G \\ Y_G \\ Z_G \end{pmatrix} = R_{HRP} \begin{pmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} D_x \\ D_y \\ D_z \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} East \\ North \\ Height \end{pmatrix} \quad (5)$$

여기서 (X_G, Y_G, Z_G)는 레이저 스캐너의 3차원 포인트 데이터의 위치이며 R_{HRP} 는 X, Y, Z축의 회전행렬이며 INS의 회전각으로부터 계산이 된다. D_x, D_y, D_z 는 INS로부터 회전식 레이저 스캐너까지의 이격거리이며

East, North, Height는 GPS의 위치이다. 본 연구에서는 레이저 스캐너의 단위는 m이며, GPS의 좌표는 경위도이기 때문에 경위도를 직각 TM좌표계로 바꾸는 작업을 하였다. 본 연구에서 사용한 직각 TM좌표계는 GRS80타원체의 신중부 좌표계를 사용하였으며 대상이 되는 지점은 국도 37호선 가평~현리 구간의 4차로 국도를 대상으로 검증을 실시하였다. 본 구간에 대하여 노선측량을 실시하였으며 각 구간의 교통안전표지판의 위치를 측량을 통하여 정밀하게 측정하였다.

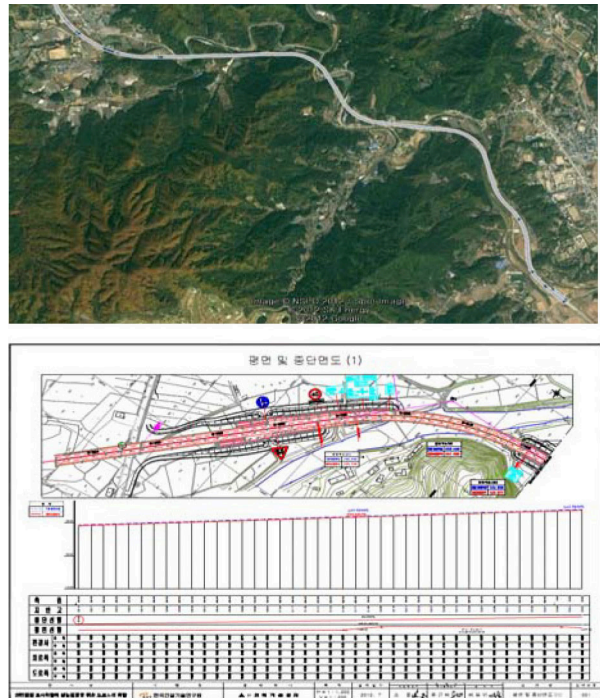


Fig. 10 The Surveying Testbed and Result of Route Surveying

변환시킨 결과는 Table 7과 같이 실제 측량결과와 $\pm 1.51m$ 정도의 오차가 발생하며 수렴되었다.

Table 7. The Variance Distance Comparison of Image Recorgnition SW and Real Traffic Sign Position

Index	Min	Max	Variance
1	1.38	1.82	0.44
2	1.84	2.41	0.57
3	2.06	2.28	0.22
4	1.41	1.68	0.27
5	1.26	1.38	0.11
6	1.62	2.87	1.25
7	1.52	1.67	0.15
8	1.52	2.49	0.97
...

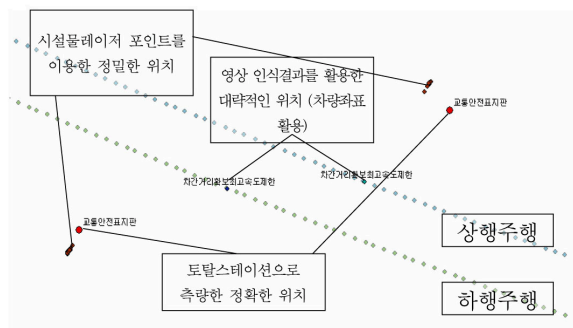


Fig. 11 The Result of Each Surveyed Position

본 연구에서는 시설물 레이저로부터 얻은 측정값과 토탈 스테이션으로부터 얻은 측정값의 차이인 RMSE는 0.227m이었고 측정값 차이의 평균값은 1.51m이었다. 이러한 편차는 GPS의 오차로 판단이 되며, GPS 오차를 포함하더라도 반사도를 이용한 시설물 인식 레이저로 표지판의 위치를 1.51m 내외의 범위로 삽입하는 것이 가능할 것으로 보인다.

이러한 교통안전표지판의 자동인식과 자동위치 삽입 모듈을 이용하여 도로 안전 점검을 위한 도로표지판의 분석, 잘못된 설치, 안전속도의 일관성 등에 대한 분석 등이 자동화 될 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 주행 차량을 이용하여 차량내의 GPS-IMU, 카메라, 시설물 레이저를 이용하여 영상을 5m마다 위치와 차량의 자세값을 함께 기록하였으며 도로표지판의 종류와 대략적인 위치를 전방 카메라의 영상 인식방법으로 구하였다. 인식결과 맑은 날씨에 취득된 영상의 경우 총 5,244개 중 4,876개의 정 인식으로 인식률 92.98%이었으며 흐린 날씨에 취득된 영상의 경우 총 139개 중 112개 정 인식으로 인식률은 80.58%이었다.

인식된 교통안전표지판의 영상에 정확한 위치를 삽입하기 위하여 차량 전방에 반사도 전용 레이저 2대를 설치하였으며 이것을 이용하여 레이저 포인트의 상대위치를 절대위치로 바꾸는 3차원 축변환 알고리즘을 개발하였다. 이 알고리즘을 이용하여 실제 측량한 위치와 오차

를 비교한 결과 RMSE는 0.227m이었고 평균값은 1.51m이었다. 이러한 편차는 GPS의 오차로 판단이 되며, GPS 오차를 제외하면 반사도를 이용한 시설물 인식 레이저로 표지판의 위치를 1.51m 내외의 범위로 자동으로 삽입하는 것이 가능할 것으로 보인다.

본 연구에서는 기존의 연구가 카메라 영상인식에서 교통표지에 대한 인식만 가능했기 때문에 교통안전표지에 대한 위치삽입에 대한 연구를 진행하였다. 만약 영상인식을 이용하여 도로표지까지 인식이 가능할 경우 레이저를 이용한 위치인식은 도로표지까지 가능하게 되어 향후 교통안전표지뿐만 아니라 도로의 표지관리에도 확장하여 사용이 가능할 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 교통체계효율화사업의 연구비지원(10교통체계-미래03)에 의해 수행되었습니다.

References

Le, T., Tran, S., Mita, S., & Nguyen, T. 2010. Real Time Traffic Sign Detection Using Color and Shape-Based Features. In N. Nguyen, M. Le & J. Swiatek (Eds.), *Intelligent Information and Database Systems*, Vol. 5991, 268-278

Shin MinChol. 2006. *Traffic Sign Recognition Using Color Information and Neural Networks*, Inhwa University master's thesis.

E&G Information Technology. 2012. *Road Traffic Sign Automatic Recognition S/W Development*.

Support vector machine. 2012, http://en.wikipedia.org/wiki/Support_vector_machine.

Im, Hyunyun, 2006. *Traffic Engineering Handbook*, Byucksan Engineering, 171.

Korea Institute of Construction Technology. 2007, *Road Safety Analysis Vehicle(5th)*, 9-10.

de la Escalera, Industrial Electronics. 1997, *Road Traffic Sign Detection and Classification*, IEEE Transactions on, Vol. 44. 848-859.

Tam T. Le, et al. 2010, Real Time Traffic Sign Detection Using Color and Shape-Based Features, *IJCSIS*, vol. 7 No 3.

(접수일 : 2012. 11. 14 / 심사일 : 2012. 11. 16 / 심사완료일 : 2013. 1. 22)