

도로표지의 효율적인 데이터베이스 구축방안 Efficient Methods for Road Sign Database Construction

김익명* · 조두영** · 정규수*** · 김성훈****

Kim, Eui Myoung · Cho, Du Young · Chong, Kyu Soo · Kim, Seong Hoon

要 旨

도로표지는 운전자에게 안전하고 편안하게 목적지까지 안내를 목적으로 하는 교통시설이다. 도로표지는 신규노선이나 노선의 변경 그리고 도로표지의 노후화 등에 의해 지속적으로 현지조사와 이를 데이터베이스화하는 노력이 필요하다. 본 연구에서는 이러한 도로표지의 현지조사와 데이터베이스 구축을 효율적으로 수행할 수 있는 방안을 제시하는 것을 목적으로 하였다. 이를 위해 현지조사를 위한 모바일 매핑시스템을 설계하였다. 설계된 모바일매핑시스템은 도로표지 영상정보를 획득할 수 있는 3대의 카메라, 차량의 위치와 자세를 알 수 있는 GPS/IMU/DMI, 그리고 도로표지 지점위치와 노선정보를 획득할 수 있는 레이저스캐너로 구성하였다. 또한 도로표지 영상에서 자동으로 도로표지 영역을 검출하고 이로부터 문자인식을 수행하는 절차를 제시하였다.

핵심용어 : 도로표지, 모바일 매핑시스템, 도로표지 검출, 문자인식, 현지조사, 데이터베이스

Abstract

Road signs are part of the traffic facilities intended to guide drivers to their destinations in a safe and comfortable manner. Due to the creation of new routes, changes to the old routes, and the deterioration of road signs, road signs do require efforts to do ongoing field investigations and put the results in a database. The purpose of this study was to propose methodologies to do field investigations and build a database for road signs efficiently. For that purpose, a mobile mapping system was designed for field investigations. The designed mobile mapping system was comprised of three cameras to produce image information about road signs, GPS/IMU/DMI to obtain information about the position and attitude of a vehicle, and a laser scanner to generate information about the locations of road signs and routes. Also proposed in the study was a procedure to automatically detect the areas of road signs in the road signs images and recognize their characters.

Keywords : Road Sign, Mobile Mapping System, Road Sign Detection, Character Recognition, Field Investigation, Database

1. 서 론

표지판은 도로이용자에게 목적지까지 안전하고 편안하게 안내하고 원활한 교통의 소통을 위한 시설이다. 도로이용자에게 정보를 제공하는 표지판은 도로표지와 교통안전표지로 구분된다. 이 중에서 도로표지는 도로관리청에서 설치하는 표지로서 방향표지, 이정표지, 노선표지, 경계표지 및 기타표지로 구분되고, 교통안전표지는 경찰청에서 설치하는 표지로 규제표지, 지시표지,

주의표지 및 보조표지로 구분된다.

운전자가 운전 중에 얻는 정보의 약 90% 이상이 운전자의 시각에 의해서 획득되고 이러한 정보를 제공해주는 것이 바로 도로표지이다(이정운 등, 2004).

도로표지에 대한 관련 규정은 1955년 11월 8일 최초로 제정된 도로표지규정에 근거하고 있으며 도로안내표지 관련법규가 체계화된 것은 1978년 도로표지규칙의 제정에 의해서이다. 도로표지규칙은 도로법에 근거하고 있으며 도로표지규칙 제15조에 의하면 국토해양

2011년 8월 2일 접수, 2011년 8월 30일 채택

* 교신저자 · 정회원 · 남서울대학교 GIS공학과 조교수(kemyoung@nsu.ac.kr)

** 남서울대학교 GIS공학과 석사과정(cho202da@gmail.com)

*** 한국건설기술연구원 U-국토연구실 수석연구원(ksc@kict.re.kr)

**** 중신회원 · 남서울대학교 GIS공학과 부교수(gotit@nsu.ac.kr)

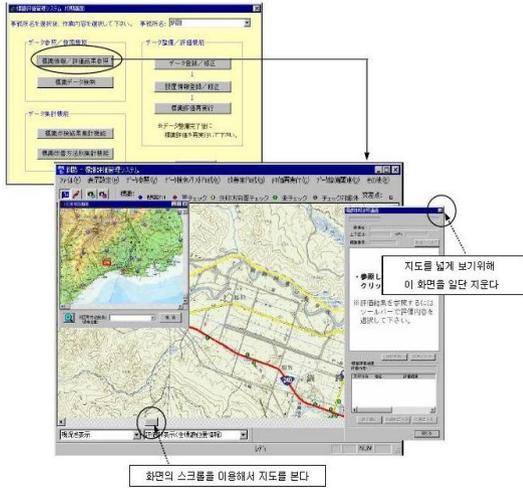


그림 1. 일본 도로표지판 평가관리

부장관은 도로표지의 효율적인 관리를 위하여 도로관리청간에 도로표지의 설치장소, 안내지명 등 도로표지관련 정보를 공유할 수 있는 도로표지정보관리체계를 구축운영할 수 있게 되어 있다(국토해양부령 제4호, 2008).

국내에서는 2000년대 초반부터 전국 도로표지의 효율적 관리를 위하여 도로표지관리시스템을 운영하고 있으나 도로표지의 내용 변경 및 갱신을 위한 입력 작업이 거의 수동으로 진행되고 있어 표지내용에 대한 정확성과 현시성의 확보가 다소 미흡한 상황이다(건설교통부, 2002; 김의명 등, 2010).

국외의 도로표지 관리시스템 구축사례를 살펴보면, 일본은 1996년 도로보전기술센터를 개발하여 전국의 88개 국토관리사무소 중 30개 사무소에서 도입하였다(<http://www.mlit.go.jp/road/sign/sign>). 일본의 도로표지 관리시스템은 표지설치현황과 문제점 등에 대한 검색기능들이 있으나 시스템 구축 및 유지관리비용과 자동차 내비게이션의 보급으로 인해 도로표지업무의 중요도와 이용률이 낮아지고 있다. 도로표지관리 기능으로는 데이터베이스, 표시지명 평가, 계획안이 있다(<http://www.zenhyokyo.or.jp>). 그림 1은 일본의 도로표지 관리시스템에서 도로표지판 평가관리 화면을 나타낸다.

영국의 경우 도로표지전산시스템은 지자체별로 필요한 경우 1996년에 민간기업인 Buchanan Computing이 개발한 소프트웨어인 SignMap, SignRoute, SignPlot 등을 사용하고 있다(<http://www.dft.gov.uk/>). 영국은 도로표지전산시스템의 기능 및 서비스를 지속적으로 발전시켜 사용자에게 제공함으로써 약 98%이상의 사

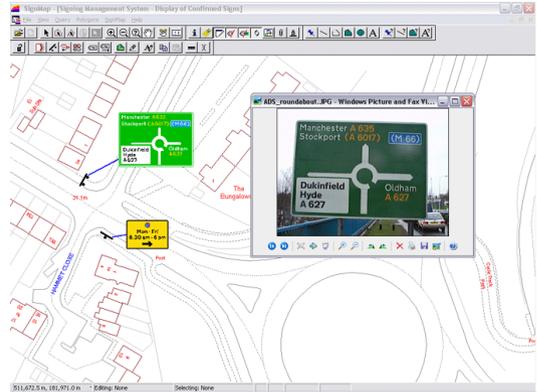


그림 2. 영국의 도로표지관리시스템

용자들은 매년 이 서비스를 계속 업데이트 받고 있다. 또한 다른 이용자나 전문가와의 교류를 통해 신제품 정보 취득과 현장에서의 상호 질문과 답변을 통해 발생하는 문제의 해결점을 찾는다. 그림 2는 영국의 도로표지 관리시스템 화면을 나타낸다.

도로표지의 전산관리를 위해서는 사용자의 요구사항을 충족할 수 있는 효율적인 운영시스템의 개발과 함께 도로표지 데이터베이스(DB : DataBase)의 현시성과 정확성이 중요한 요소이다(이우식 등, 2007). 도로표지는 신규노선이나 노선의 변경 그리고 도로표지의 노후화 등에 의해 지속적으로 현지조사와 이를 데이터베이스화하는 노력이 필요하다.

본 연구는 도로표지 현지조사를 효율적으로 수행할 수 있는 모바일매핑시스템(MMS : Mobile Mapping System)을 설계하고 MMS에서 획득된 도로표지의 영상으로부터 도로표지의 문자를 인식하는 전반적인 과정에 대한 방법론을 제시하는 것을 목적으로 하였다.

2. 도로표지의 설치현황 및 DB구축현황

2.1 도로표지의 설치현황

도로표지는 2010.12월말 기준으로 표 1에서 알 수 있듯이 전국에 약 10만4천개가 설치되어 있으며, 노선

표 1. 도로표지설치현황 (2010.12.31.기준)

구분	계	경계 표지	이정 표지	방향 표지	노선 표지	기타 표지
계	104,108	5,019	9,826	60,701	8,832	19,730
고속국도	8,813	221	561	3,657	738	3,636
일반국도	35,272	1,844	4,698	14,639	5,930	8,161
지방도 등 (지자체)	60,023	2,954	4,567	42,405	2,164	7,933

연장대비 일반국도와 고속도로는 4.1개/km, 국도 2.8개/km, 지방도 및 기타는 0.8개/km가 설치되어 있다.

2.2 기존의 도로표지 DB구축 절차

기존의 도로표지조사를 위한 공정은 그림 3과 같다. 먼저 도엽별 작업대상 범위의 설정 및 도로표지 DB 구축을 위한 작업계획을 수립한다. 현지조사를 위하여 도로표지 안내지명과 시설주기명칭이 표기된 1/25,000축척의 수치도로지도를 출력한다.

도로표지는 신설노선에서는 신규로 설치되고 기존노선에서는 도로표지의 노후화 또는 안내지명의 변경에 따른 재설치작업 등이 이루어진다.

따라서 신설노선, 국도 및 지방도가 중복되는 중복노선, 우회도로 개통으로 인해 노선이 불명확한 경우에는 사전에 국토관리청 및 관리기관에 확인하여 노선을 결정한다.

도로표지의 조사와 더불어 도로선형에 대한 정보도 실제 현장에서 획득해야 한다. 도로표지의 정보획득은 디지털카메라를 이용하고 도로표지의 위치 및 도로선형정보는 차량용 GPS 수신기를 이용하여 획득한다.

획득된 데이터는 웹하드를 통해서 일단위로 전송되며 사무실에서 데이터베이스화 작업이 진행된다. 조사자료의 전송작업이 되면 다음 조사지역으로 이동하여 도로표지 및 도로노선에 대한 작업을 진행한다. 작업계획 구간에 대한 현지조사가 마무리되면 현지조사용 도면 및 서류를 정리 점검한다. 그림 3에서 알 수 있듯이 기존의 도로표지 DB구축방법은 현장에서 수집한 자료를 전송하고 이를 사무실에서 작업하게 되는 이중작업과정과 차량용 GPS 수신기를 이용함으로 인해 정보의 정확도가 낮은 문제점이 있다.



그림 3. 기존의 도로표지 현지조사 공정

3. MMS를 이용한 도로표지 조사방안

3.1 MMS의 요소기술

MMS는 3차원 도로정보를 구축하는데 효율적인 장비로서 도로의 중심선은 물론이고 도로표지와 도로시설물에 대한 정보도 구축할 수 있다(Ishikawa et al., 2006). MMS는 별도의 지상기준점 측량을 수행하지 않고도 차량에 장착된 카메라로부터 획득된 영상에서 3차원 좌표를 실시간으로 관측하거나 레이저스캐너를 통해서 대상물의 3차원 좌표를 관측할 수 있는 시스템이다.

이를 위해서 GPS(Global Positioning System) 수신기, IMU(Inertial Measurement Unit), 카메라(Camera), DMI(Distance Measurement Instrument), 레이저스캐너(Laser Scanner), 시각동기장치 (Time Synchronizer) 등의 다양한 하드웨어와 이를 처리할 수 있는 소프트웨어가 필요하다. MMS를 구성하고 있는 주요 하드웨어는 다음과 같다.

- ① GPS(또는 GNSS) Receiver : GPS 수신기는 위성에서 발사된 전파를 수신하여 3차원 위치를 결정하는 시스템으로 수신 가능한 신호의 종류에 따라 L1, L2, L5 등이 있으며 수신 가능한 위성의 종류에 따라 GPS, GLONASS, Galileo 등이 있다. GPS를 통해서 획득된 3차원 좌표는 카메라의 위치정보를 얻는 데 사용한다.
- ② IMU(또는 INS) : 관성관측장치는 3축(X, Y, Z) 방향에 설치된 자이로스코프와 가속도계를 이용하여 회전각, 회전각속도, 가속도 등에 대한 정보를 검출한다. IMU는 가속도계의 X축을 항상 주행방향으로 만들어주는 짐벌장치를 이용하는 짐벌(gimbal)방식과 자이로스코프와 가속도계를 같이 묶어두고 각속도와 회전각속도를 모두 고려하여 직선방향의 위치와 자세를 계산하는 스트랩다운(strapdown) 방식이 있다. 차량용 MMS에서는 부피와 가격이 상대적으로 저렴한 스트랩다운 방식이 많이 사용되고 있다.
- ③ Camera : 카메라는 차량을 이용하여 주행하는 대상물의 영상정보를 획득하기 위해서 필요한 것으로 CCD(Charge Coupled Devices)방식과 CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)방식의 카메라로 나뉜다. CCD방식은 CMOS 방식에 비해서 상대적으로 높은 전력소모와 가격이 비싼 단점이 있음에도 불구하고 실시간으로 높은 해상도의 영상을 획득하기 위해서는 CCD 방식이 유리하다. MMS에서는 레이저스캐너를 이용하지

않고 카메라를 이용하여 3차원 좌표를 획득하기 위해서는 반드시 최소 2개 이상의 카메라가 필요하다. 최근에는 6개의 카메라가 하나의 하드웨어 장치에 장착되어 전방위(Omni-direction)를 관측할 수 있는 카메라가 이용되기도 한다.

- ④ DMI : 터널이나 교량 밑과 같은 지역에서는 GPS의 수신이 잘 되지 않거나 관측한 3차원좌표의 정확도가 매우 낮다. 따라서 이러한 지역에서는 보조적으로 거리관측장치(Distance Measurement Instrument)를 이용하여 차량 또는 카메라의 3차원 좌표를 보간해서 획득할 수 있도록 도와준다.
- ⑤ Laser Scanner : 레이저스캐너는 지상의 대상물의 3차원좌표를 획득하기 위해서 사용되며 지상레이저스캐너는 정확도가 15mm~5cm 정도에 이르기 까지 다양하다. 또한 레이저신호가 반사되어 되돌아오는 거리는 장비에 따라 30m~300m에 이르기 다양하고 초당 30,000 포인트(point)에서 200,000 포인트까지 관측할 수 있는 장비가 있다.
- ⑥ Time Synchronizer : 하드웨어적으로 일정한 신호를 보내어 GPS, IMU, Camera 등에서 관측한 시각을 동일하게 맞추도록 도와주는 장비이다. 일반적으로 GPS 신호는 1초에 한번 관측되며 IMU는 1초에 200번, CCD 카메라는 1초에 15번 이상의 빈도로 관측되기 때문에 시각을 동일하게 맞추는 것은 필수적이며 최종 결정되는 3차원 좌표 값에 직접적으로 영향을 미친다. 최근에는 별도의 하드웨어 장비없이도 소프트웨어적으로 시각을 일치시키는 기술이 발달되었다.

국내의 MMS 요소기술의 조사를 통해서 과거 영상의 해상도가 낮고 초점거리가 짧은 2~3대 정도 장착되었던 카메라는 2,000픽셀 이상의 높은 해상도를 갖는 다수의 카메라를 장착함으로써 사각지역이 없는 영상을 획득하고 있다(한국건설기술연구원, 2010).

또한 레이저스캐닝 장비의 발달로 인하여 MMS용 지상레이저 스캐너의 도입이 늘어나고 있다. 뿐만 아니라 개별적으로 장착 및 관리되던 GPS, INS, DMI는 기술발달로 통합되었으며 이로 인해 자료처리의 정확도가 향상되었다(정규수 등, 2010).

3.2 도로표지 조사를 위한 MMS의 설계

도로표지의 조사 시 신규노선이나 변경된 노선의 경우 도로노선에 대한 정보를 획득 할 수 있어야 한다. 뿐만 아니라 도로표지의 지점위치정보와 도로표지에 기

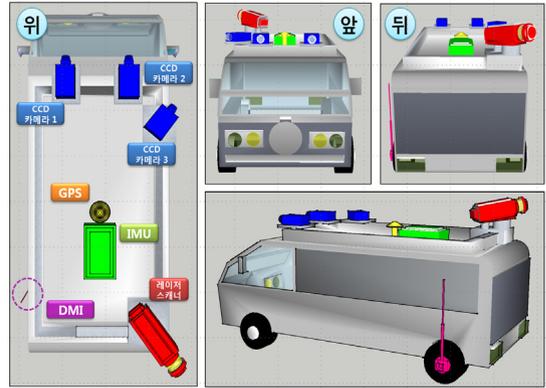


그림 4. 도로표지 조사를 위한 MMS

술된 문자를 인식할 수 있어야 한다. 또한, 기존의 도로표지 정보획득 방식에 비해 작업시간을 단축할 수 있고 도로표지 DB를 어느 정도 자동으로 구축할 수 있어야 한다.

이러한 요구사항을 충족하기 위해서는 도로표지에 기술된 정보를 실시간으로 수집할 수 있는 카메라와 도로표지의 지점위치와 도로선형정보를 획득할 수 있는 레이저스캐너 그리고 주행중인 차량의 위치와 자세를 실시간으로 획득할 수 있는 GPS, INS(또는 IMU) 등이 필요하다(조두영 등, 2010).

본 연구에서는 도로표지의 조사를 위한 MMS를 그림 4와 같이 설계하였다.

그림 4에서 알 수 있듯이 도로표지 조사를 위하여 MMS는 3개의 CCD카메라와 1개의 레이저스캐너 그리고 1개의 GPS, IMU, DMI로 구성되어 있다. 이는 도로표지의 3차원 위치와 도로표지의 내용을 실시간으로 파악하기 위해 구성한 것이다. 표 2는 도로표지 조사용 MMS의 사양을 나타내고 있다.

3.3 MMS를 이용한 도로표지 조사

MMS를 이용한 도로표지의 조사절차는 그림 5와 같이 작업계획을 수립하고 특정 노선을 선택하여 우측하단에서 출발하여 전방에 있는 도로표지를 CCD 카메라를 이용하여 촬영하고 차량이 지나가면서 후방에 장착된 레이저스캐너를 통해 전방에서 촬영된 도로표지를 2차 촬영한다. 전방에서 연속적으로 촬영된 도로표지 영상을 통해서 도로표지에 기술된 내용을 획득하고 도로표지의 지점위치와 노선에 대한 정보는 레이저스캐너를 통하여 획득한다. 동일노선에 대하여 맞은편 도로 유사한 방법으로 도로표지를 조사한다.

표 2. 도로표지 조사용 MMS 사양

항목	내용	형상
CCD 카메라	제조사 : BASLER(독일)	
	센서 : Sony ICX625 CCD	
	픽셀수 : 2,456(H)×2,058(V)	
	1픽셀크기 : 3.45 μ m(H)×3.45 μ m(V) 초당프레임수 : 17	
GPS/IMU/DMI (IARTK)	GPS정확도 : 0.035m(X, Y), 0.05m(Z)	
	Roll과 Pitch : 0.005deg	
	True Heading : 0.02deg	
Laser scanner	제조사 : RIEGL(오스트리아)	
	정확도 : 10mm	
	최대촬영범위 : 300m	
	초당 획득량 : 300,000점	



그림 5. MMS를 이용한 도로표지 조사 공정

4. 도로표지 DB 구축의 자동화 방안

4.1 도로표지 검출

MMS를 이용하여 도로표지 영상이 획득되면 DB구축을 자동화하기 위해서 도로표지의 영역과 도로표지 내에 기술된 문자를 인식해야 한다.

도로표지의 영역검출 방법은 도로표지의 칼라정보를 이용하는 방법, 도로표지의 모양을 이용하는 방법, 그리고 도로표지의 칼라정보와 모양정보를 모두 이용하는 방법으로 구분할 수 있다(Paulo et al., 2007).

본 연구에서는 도로표지의 칼라정보와 모양정보를 모두 이용하여 도로표지의 영역을 검출하는 연구를 수

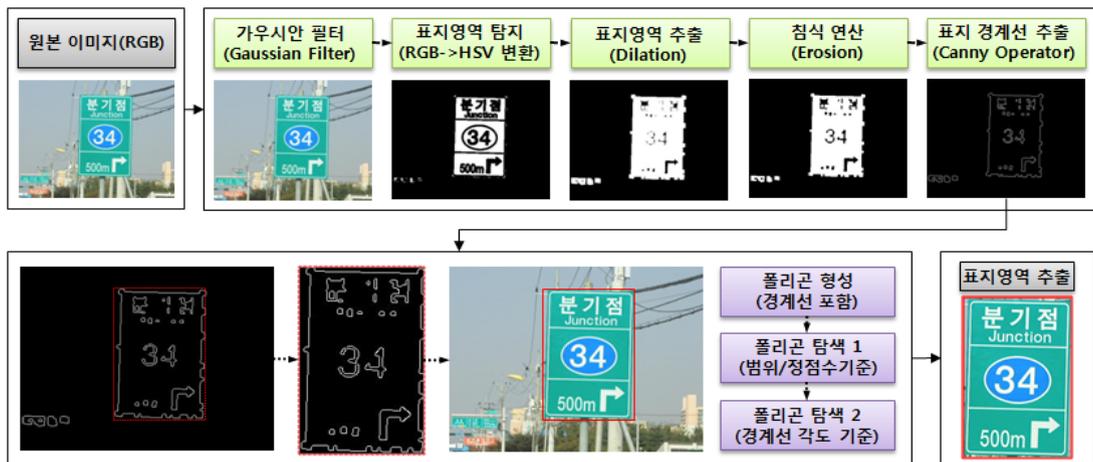


그림 6. 도로표지 영역검출 흐름도

행하였다. 칼라모델은 RGB(Red, Green, Blue)와 HSV(Hue, Saturation, Value) 등이 있으며 RGB 칼라 모델은 태양각, 날씨, 구름 등의 빛에 매우 민감한 칼라 모델이므로 영상의 밝기값을 이용하여 도로표지의 영역을 추출하는 것은 쉽지 않다(Escalera et al., 2003).

이에 반해 HSV 칼라모델은 색상, 채도, 명도(밝기값)의 세 가지로 구성된 칼라모델로서 밝기값의 변화에 민감하지 않은 장점이 있으며 RGB 칼라모델로부터 명도를 추출해 낼 수 있다.

본 연구에서 수행한 도로표지 영역검출 방법은 그림 6과 같다.

MMS를 통해서 원본 도로표지 영상이 입력되면 잡영(image noise)을 제거하기 위하여 가우시안 필터를 적용하고 RGB 칼라모델을 HSV 칼라모델로 변환한다. Hue와 Saturation을 이용하여 청록색 계열의 도로표지를 추출한 후 영상을 이진화 한다.

도로표지의 영역정보만을 추출할 목적이므로 팽창(Dilation)과 침식(Erosion) 연산을 먼저 수행하고(하영호 등, 1998), 도로표지의 경계선은 Canny 연산자를 이용하여 추출하였다(John, 1986). 추출된 경계선으로부터 사각형형태의 영역을 설정하고 사각형의 면적, 정점(vertex)의 개수, 각도 등을 고려하여 최종적인 도로표지의 영역을 추출한다.

4.2 도로표지의 문자인식

도로표지에는 그림 7과 같이 한글, 영문, 숫자, 단위,



그림 7. 도로표지의 구성내용

심볼 등이 표시되어 있다.

도로표지에서 이러한 문자와 심볼을 자동으로 추출하여 DB로 구축할 수 있다면 사용자가 수작업으로 정보를 입력하는 불편을 해소할 수 있다. 뿐만 아니라 문자인식의 자동화를 통하여 사용자의 입력오류를 줄일 수 있다(조두영 등, 2011).

그림 8은 도로표지에서 문자를 인식하는 흐름을 나타내며, 먼저 추출된 도로표지 영역을 기하학적인 변환을 통해 기울기를 보정한다. 보정된 도로표지 영상의 필터링 작업을 통해서 문자영역만을 분할하여 추출한다. 추출된 문자영역은 기존에 저장된 문자정보와의 매칭을 통해 한글, 영문, 숫자, 단위 등의 문자 종류별로 분류를 실시한다. 그리고 문자인식알고리즘을 적용하여 개별문자를 인식한다. 인식된 개별문자는 다시 그룹화 과정을 통해 최종적인 DB형태로 구축된다(김의명

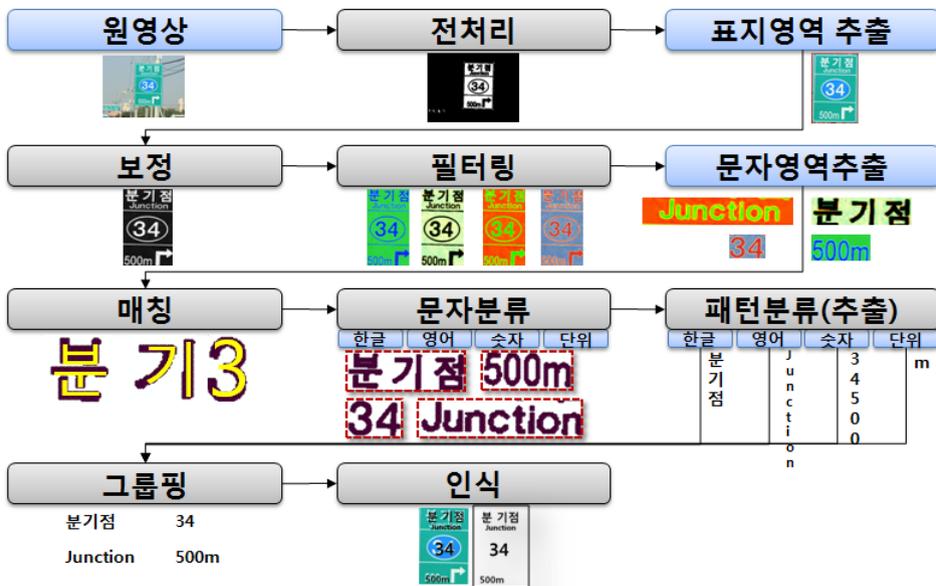


그림 8. 도로표지 문자인식 과정

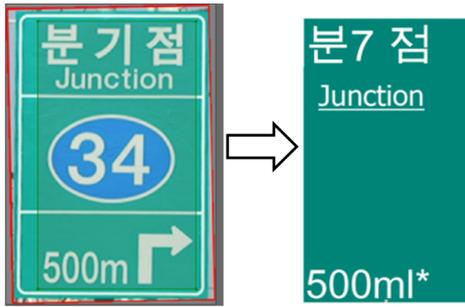


그림 9. 문자인식 실험 결과

등, 2010).

본 연구에서는 기존에 상업용으로 판매되고 있는 문자인식 소프트웨어 중 ABBYY사의 FineReader Professional 10 버전을 이용하여 자료처리를 수행하였다. 그림 9는 입력 도로표지영상과 문자를 인식한 결과를 나타낸다.

실험에 사용된 FineReader 소프트웨어는 한글과 영문을 동시 인식이 불가능하며, 한글과 숫자, 영문과 숫자는 각각 동시 인식만 가능하였다. 영상의 입력과 함께 문자영역의 자동탐지와 영상의 해상도를 자동으로 조정하는 기능을 확인할 수 있었다. 이전에 설명한 도로표지의 구성내용을 중심으로 인식 결과를 살펴보면, 한글인식에서는 표지 상단의 한글 “기”를 숫자 “7”로 인식하였으며, 영문과 단위의 인식에서는 정확한 인식 결과를 확인할 수 있었다. 표지 중앙의 원형 심볼을 포함한 숫자 “34”와 표지 하단의 우측을 향하는 방향 심볼에 대해서는 인식하지 못하는 결과를 얻었다. 실험을 통해서 한글 인식은 일부 오류를 보였으며, 도형에 포함된 숫자와 심볼은 인식되지 않는 결과를 확인하였다.

현재 국내의 문자인식 소프트웨어는 다수 존재하나 주로 문서, 명함 등의 스캐닝 자료에 대한 인식만이 가능하며, 영상에서 문자를 인식하는 소프트웨어는 부족한 실정이다(김의명 등, 2010). 따라서 도로표지의 내용정보를 자동으로 구축하는 측면에서 도로표지에 최적화된 문자인식 기술의 개발이 필요하다.

5. 결론

본 연구에서는 도로표지의 DB를 효율적으로 구축할 수 있는 방안에 대해서 연구를 수행하였으며 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 도로표지의 정보획득을 위해서 디지털카메라, GPS/IMU/DMI, 지상 레이저스캐너를 이용한 MMS를

설계하였다. 이를 통해 도로표지의 지점위치정보와 도로노선에 대한 정보는 레이저스캐너를 이용하고 도로표지의 내용정보는 디지털카메라를 이용하여 수집할 수 있는 방안을 제시하였다.

둘째, 도로표지의 내용정보를 자동으로 데이터베이스화하기 위해 디지털카메라를 통해 수집된 영상에서 도로표지영역을 추출하는 방법론을 제시하고 샘플 영상의 자료처리를 통해서 실제 도로표지 영상에서 도로표지 영역을 자동으로 추출하였다.

셋째, 추출된 도로표지 영역에서 문자인식을 통해서 도로표지 정보를 DB화하는 절차를 제시하고 상업용 소프트웨어(FineReader)를 이용하여 자료처리를 수행하여 실제 도로표지의 문자를 인식하였다.

본 연구는 도로표지의 DB를 효율적으로 구축하는 방안을 제시하는 연구로서 다음과 같은 한계점이 있어 향후 연구가 필요하다. 디지털카메라에 의해서 수집된 도로표지 영상의 다양한 형태, 예를 들면 그림자의 영향, 디지털카메라의 촬영각도에 따른 형상의 변형 등에 대하여 고려하지 못하였다. 또한 문자인식 과정에서 발생하는 오류의 유형분석을 위해 다양한 형태의 도로표지를 사용한 실험이 실시되어야 할 것이다.

향후 도로표지 전용의 문자인식을 위한 문자인식 기술이 적용된 최적의 솔루션 개발이 이루어진다면 실제 업무에 적용가능하리라 사료된다.

참고문헌

1. 건설교통부, 2002, “도로표지 전산관리시스템 구축사업”, pp.291-299.
2. 김의명, 조두영, 2010, “도로표지영상의 문자인식에 관한 연구”, *시스템건축도시환경연구소 논문집 Archi Info*, 제2권 제1호, pp.65-75.
3. 이우식, 나준엽, 우제윤, 2007, “도로표지 관리 효율성 향상을 위한 Web GIS기반 통합시스템 개발”, *한국GIS학회지*, 제15권 제3호, pp.335-346.
4. 이정윤, 김주영, 2004, “도로표지 설계에 사용성 평가기법 도입방안 검토 연구”, *도로교통*, 제96호, pp.32-47.
5. 정규수, 김의명, 조두영, 도로표지의 효율적 관리를 위한 현지조사차량의 개발방안, *대한교통학회 제63호 학술발표회 자료집*, 2010, pp.485-490.
6. 조두영, 김의명, 2011, “도로표지영역의 검출을 위한 영상처리기법 개발”, *2011 한국지형공간정보학회 춘계학술대회 논문집*, pp.125-126.
7. 조두영, 김의명, 정규수, 2010, “도로표지조사를 위한 모바일매핑시스템의 설계”, *2010 한국지형공간정보학회*

- 회 추계학술대회 논문집, pp.153-154.
8. 하영호, 임재권, 남재역, 김용석, 1998, “디지털 영상 처리”, 도서출판 그린, pp.524-535.
 9. 한국건설기술연구원, 2010, “건설 기술 동향 2010”, pp.528-529.
 10. Escalera, A., Armingol, J., Mata, M., 2003, “Traffic Sign Recognition and Analysis for Intelligent Vehicles”, *Image and Vision Computing Volume 21*, Issue 3, pp.247-258.
 11. Ishikawa, K., Takiguchi, J., Amano, Y., Hashizume, H., 2006, “A Mobile Mapping System for Road Data Capture based on 3D Road Model”, *IEEE International Symposium on Intelligent Control*, pp.638-643.
 12. John, C., 1986, “A Computational Approach to Edge Detection”, *Pattern Analysis and Machine Intelligence*, IEEE Transactions on, PAMI 8(6), pp.679-698.
 13. Kingston, T., Gikas, V., Laflamme, C., Larouche, C., 2007, “An Integrated Mobile Mapping System for Data Acquisition and Automated Asset Extraction”, *ISPRS Symposium on Mobile Mapping Technology*, pp.1-5.
 14. Paulo, C.F., Correia, P.L., 2007, “Automatic Detection and Classification of Traffic Signs”, Eight International Workshop on Image Analysis for Multimedia Interactive Services, *WIAMIS '07*, pp.11-14.
 15. 영국 교통부 : <http://www.dft.gov.uk/>
 16. 일본국토교통성도로국 : <http://www.mlit.go.jp/road/sign/sign>
 17. 일본 전국도로표지·표시업협회 : <http://www.zenhyokyo.or.jp>