

# 차세대 실감 내비게이션을 위한 실시간 신호등 및 표지판 객체 인식<sup>†</sup>

## Real-time Identification of Traffic Light and Road Sign for the Next Generation Video-Based Navigation System

김용권\* / Yongkwon Kim, 이기성\*\* / Kisung Lee, 조성익\*\*\* / Seong Ik Cho  
박정호\*\*\*\* / Jeong Ho Park, 최경호\*\*\*\*\* / Kyoungho Choi

### 요약

차세대 실감 내비게이션 시스템은 2D 기반 내비게이션 시스템의 단점을 보완하고 보다 안전한 운전을 할 수 있도록 다양한 서비스를 제공하기 위해 연구되고 있다. 실감 내비게이션 시스템은 차선인식과 도로시설물 객체 DB, 교차로 인식 모듈 등의 기능 블록들로 구성된다. 본 논문에서는 실감내비게이션의 중요 요소 중 하나인 교차로 인식을 위한 신호등과 표지판 인식 시스템을 개발하였다. 개발된 알고리즘은 색상 정보를 이용해 인식 대상을 검출하고 객체의 특징을 이용하여 신호등과 표지판을 객체별로 인식할 수 있도록 하였으며 실험을 통해 검증하였다. 실험결과 신호등의 경우 60-30m의 거리에서 평균90%의 인식률을 보였으며, 표지판의 경우 90-40m의 거리에서 평균 97%의 인식률을 보였고, 프레임 당 평균 처리시간이 46msec로서 실시간 처리가 가능함을 보였다.

### Abstract

A next generation video based car navigation is researched to supplement the drawbacks of existed 2D based navigation and to provide the various services for safety driving. The components of this navigation system could be a load object database, identification module for load lines, and crossroad identification module, etc. In this paper, we proposed the traffic lights and road sign recognition method which can be effectively exploited for crossroad recognition in video-based car navigation systems. The method uses object color information and other spatial features in the video image. The results show average 90% recognition rate from 30m to 60m distance for traffic lights and 97% at 40-90m distance for

† 본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 IT신성장동력핵심기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [2005-S114-02, 텔레매틱스용 실감 콘텐츠 구축/관리 기술 개발]

- 논문접수 : 2008.2.13      ■ 심사완료 : 2008.4.21
- \* 고려대학교 보건과학대학 보건과학연구소 연구교수(enki@korea.ac.kr)
- \*\* 교신저자 고려대학교 방사선학과 조교수(kisung@korea.ac.kr)
- \*\*\* 한국전자통신연구원 책임연구원(chosi@etri.re.kr)
- \*\*\*\* 한국전자통신연구원 선임연구원(parkjh@etri.re.kr)
- \*\*\*\*\* 국립목포대학교 조교수(khchoi@mokpo.ac.kr)

load sign. The algorithm also achieves 46msec/frame processing time which also indicates the appropriateness of the algorithm in real-time processing.

**주요어 :** 신호등 인식, 표지판 인식, 실감 내비게이션, 교차로, 텔레매틱스

**Keyword :** traffic light, road sign, video-based car navigation, crossroad, telematics

## 1. 서 론

내비게이션 시스템은 유비쿼터스 컴퓨팅 환경과 지능형 운송 시스템(Intelligent Transportation System)에 있어 매우 중요한 요소이다. 기존의 내비게이션은 2D 기반의 지도 정보와 GPS 정보를 이용하여 차량의 위치를 지도 위에 표시해주고 진행방향을 안내하는 역할을 수행하고 있다. 하지만 맵의 오차나 GPS오차 등에 의해 운전자에게 정확한 정보를 알려주는데 한계를 가지고 있다. 먼저 운전자의 시각과 2D 맵의 불일치로 인해 운전자에게 혼돈된 정보를 제공할 수 있다. 예를 들어 두 개의 교차로가 인접해 있거나 우회하는 도로가 있는 경우 GPS오차로 인해 운전자에게 정확한 방향을 알려주지 못해 잘못된 방향으로 운전할 수 있다. 이러한 문제점을 극복하고 더 나은 서비스를 사용자에게 제공하기 위해 연구되고 있는 것이 실감 내비게이션 시스템이다[1]. 실감 내비게이션은 차량 내부에 장착된 카메라를 통해 입력되는 영상정보에 차량의 위치 정보와 진로 정보 등을 디스플레이 하고 운전자와 동일한 시각 정보를 통해 보여줌으로써 운전자에게 보다 정확한 정보를 제공할 수 있다. 예를 들어 전방에 근접한 사거리가 두 개 있는 경우 어느 사거리에서 우회전해야 하는지를 운전자가 보고 있는 전방 영상과 동일한 영상에 디스플레이하여 정확한 위치에서 차량을 회전할 수 있도록 해줄 수 있다. 그림 1은 한국전자통신연구소에서 개발 중인 실감 내비게이션 시스템의 예로서 운전자가 보는 전방의 모습과 동일한 영상위에 진행 방향을 표시하고 있다. 2D 기반에서는 GPS의 오차로 도로에서 차량의 위치를 정확히 알 수 없지만 실감 내비게이션에서는 차량이 현재 몇 차선에 있으며 교차로가 어느 정도에 위치해 있는지를 영상처리를

통해 알 수 있기 때문에 보다 정확한 진행 방향을 서비스 할 수 있게 된다.



〈그림 1〉 차세대 실감 내비게이션

실감 내비게이션 시스템에서 영상처리를 통해 카메라 영상에서 신호등과 표지판을 인식하게 되면 여러 가지 장점이 있을 수 있다. 그 중 한 예로서 교차로에 인접한 표지판과 신호등을 인식할 수 있으면 교차로의 정확한 위치를 판단할 수 있게 되고 영상에 차량의 진행 방향을 표시할 때 기준으로 활용할 수 있다. 이를 위해서는 신호등의 검출뿐만 아니라 인식도 가능해야 한다. 즉 영상 내에 복수개의 신호등이 있는 경우 신호등을 개별적으로 인식할 수 있어야 정확한 디스플레이가 가능하다. 나아가 신호등의 색을 검출함으로써 운전자에게 교차로의 상태를 음성으로 제공해 안전한 운전을 유도할 수 있는 서비스도 가능할 것이다.

이를 위해 본 논문에서는 카메라로부터 입력되는 영상의 칼라 정보와 객체의 특징 그리고 데이터베이스의 정보를 이용하여 신호등과 표지판을 검출하고 인식할 수 있는 알고리즘을 개발하였다. 특히 본 연구는 연구실 차원에서의 구현에 그치는 것이 아니고 실제 상용화를 목표로 하였으므로 고가의 장

비를 사용하지 않고 비교적 저렴하고 취득된 영상 또한 중간 수준의 영상으로부터 인식을 수행 할 수 있으며, 처리속도를 높일 수 있는 인식방법에 관한 연구라는 점에서 기존의 연구와 차별화 될 수 있다.

본 논문의 구성은 2장에서 기존 연구와 객체 검출을 위한 시료 데이터 분석 결과를 기술하였으며, 3장에서는 실감 내비게이션 시스템에 적용된 신호등과 표지판 인식 시스템에 대해 설명하고, 4장에서 제안 알고리즘의 검증을 위한 실험 시나리오와 실험 결과를 기술하였다. 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 연구에 대해 제시하였다.

## 2. 기존 연구 및 영상 데이터 분석

### 2.1 기존 연구 분석

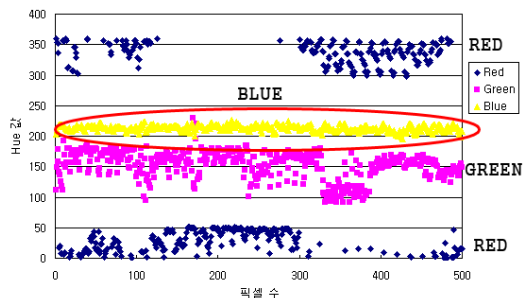
표지판 인식에 대한 연구는 일반적으로 표지판의 기하학적 형태를 이용하여 검출하는 방안이 제시되어 있다. Chiung-Yao는 HSI 칼라 시스템을 이용해 표지판을 검출하고 기하학 모델을 이용해 표지판을 인식하는 방법을 사용했으며 [2], Yasuo Inoue는 HSI 칼라와 edge를 이용한 표지판 인식 연구를 수행하였다 [3]. 또한 RGB 색상 정보를 사용하거나 혹은 영상처리기법을 사용한 다양한 표지판 인식 연구가 있었다 [4-7]. 이러한 기존 연구의 목표는 표지판의 역할 즉 정지, 주의, 속도 제한 등을 인식하여 사용자에게 제공하기 위함이었다. 신호등 인식과 관련된 논문 [8,9]은 극히 적은데 이는 신호등의 크기 자체가 매우 작기 때문에 실제 카메라의 영상 이미지에서 차지하는 정보량이 다른 객체에 비해 적어 인식이 힘든 것으로 판단된다. 실제 신호등과 차량의 거리가 60m 이상 떨어지면 영상 내에서 신호등의 크기는 수 픽셀 밖에 안 되기 때문에 이를 인식하는 것이 쉽지 않다. 색상 정보를 이용해 신호등 램프만을 검출한 연구 [9]에서는 영상에서 신호등 램프를 검출할 뿐 복수개의 신호등이 검출되는 경우 각각 인식하지 못하였으며, 검출된 신호등 램프가 실제 신호등 객체의 램프인지 아니면 다른 객체인지를 판단하는 부분이 미흡하다.

또한 동일한 신호등에 연결되어 있는 신호등을 하나의 신호등 객체로 인식하지 못하고 따로 검출하게 되어 실감내비게이션 시스템에 적용하기에는 다소 문제가 있다.

### 2.2 색상 정보기반 영상 데이터 분석

카메라로부터 입력된 RGB 색상 정보는 각 성분이 명암도와 밀접한 관련을 가지고 있으므로 주위 밝기 변화에 대해서 같은 색상이라도 RGB 값이 모두 변하게 되는 문제점을 가지고 있다. 이에 반해 인간의 눈이 색을 인식하는 시스템을 모델로 만들어진 HSI 칼라 시스템은 밝기 변화에 덜 민감하기 때문에 이미지 처리에 많이 사용되고 있다 [2,3,9].

본 연구에서는 신호등과 표지판의 색상에 따른 HSI 값의 유용성을 검증하기 위해 차량에 부착된 카메라를 이용하여 취득된 20개 구간의 영상에서 표지판과 신호등 영역을 추출하여 HSI 분포를 확인하였다. 그림 2는 빨간색, 청색, 녹색에 대한 HSI 분포를 나타낸 그래프이다. 이와 같이 실제 영상에서 검출하고자하는 객체의 HSI 값을 분석하여 시스템 구현 시 파라미터로 사용하였다.



〈그림 2〉 신호등/표지판의 Hue 값 분석

### 2.3 신호등과 표지판

신호등과 표지판은 정부 규정에 의해 일반적으로 규격화 되어 있다. 신호등은 가로형태와 세로 형태가 있으며 하나의 신호등은 2개에서 4개까지의 신호등 램프로 구성되어 있고 그 크기는 모두 일정하

다. 그림 3은 신호등의 구성 요소를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 신호등 면은 복수개의 램프로 구성되어 있으며 신호등 객체는 하나의 신호등 면 혹은 복수개의 신호등 면과 부속적인 표지판으로 구성되어 있다. 신호등 객체는 영상에서 차지하는 정보량이 적은 편이며, 특히 램프는 더 작기 때문에 검출이 쉽지 않다. 또한 신호등 램프와 유사한 패턴의 객체를 오인식할 소지가 많다. 그러므로 알고리즘의 개발 시 작은 신호등 램프를 검출하고 실제 신호등 인지를 검증할 수 있는 방안을 고려해야 한다.

표지판의 종류는 교통안전 표지판, 방향 표지판, 경계 표지판, 노선 표지판 등으로 구분된다. 도로 객체를 인식하려는 목적이 교차로 등 차량이 회전해야 하는 상황을 미리 감지하기 위한 것으로서 교차로에 근접한 방향 표지판이 인식 대상이 된다. 방향 표지판은 사각형의 형태를 가지며, 표지판의 내용에 따라 크기가 달라지고, 일반적으로 바탕색이 파란색 또는 녹색이다.



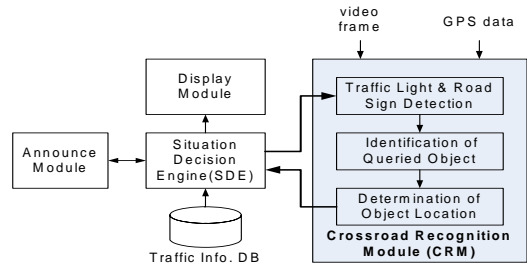
<그림 3> 신호등 객체의 구성 요소

### 3. 신호등과 표지판 인식 시스템

#### 3.1 실감 내비게이션 시스템

신호등과 표지판 인식 시스템이 장착될 모체가 되는 실감 내비게이션 시스템은 기존 내비게이션 시스템에 카메라와 교차로 인식 모듈, 객체 데이터베이스가 추가된 형태를 가진다. 그림 4는 실감내비게이션 시스템을 간략히 나타낸 것이다. 교차로

인식 모듈(Crossroad Recognition Module, CRM)은 상황 인식 모듈(Situation Decision Engine, SDE)의 요구가 있는 구간에서 영상정보와 GPS 정보 등을 이용하여 신호등과 표지판을 인식하고 그 결과를 상황인식 모듈에 전달하고, 상황 인식 모듈은 교차로 인식 모듈의 결과를 이용하여 사용자에게 진행 방향을 디스플레이 한다.



<그림 4> 실감 내비게이션 시스템

CRM은 SDE의 요구와 객체(신호등과 표지판) 데이터베이스 정보를 이용하여 입력된 영상 내에 SDE가 요구하는 객체가 존재하는 지를 검출하고 인식하여 그 위치 정보를 SDE에 전달하게 된다. SDE는 GPS 정보와 2D맵 정보를 이용하여 차량이 교차로에 근접하면 먼저 신호등과 표지판 관련 DB를 CRM에 전달하고 객체를 인식하도록 요구하게 된다. 그러면 CRM은 영상 정보와 GPS정보, DB 정보를 이용하여 입력된 영상에서 객체를 인식하고 관련정보를 SDE에게 전달한다. 교차로에 진입하면 더 이상 교차로 정보가 필요 없기 때문에 SDE는 CRM에게 인식을 종료하도록 요구하고 CRM은 관련 DB를 삭제하고 영상처리를 종료한다.

객체 인식에 필요한 DB는 객체의 특징들을 반영하여 구축되었다. 신호등의 경우 신호등의 위치와 신호등 램프 수, 신호등 면 수, 부속표지판의 수로 이루어져 있으며, 표지판의 경우 표지판의 위치, 모양, 크기, 색상 등의 정보가 포함되어 있다. GPS 정보는 차량의 위치와 차량의 속도, 차량의 진행 방향, GPS 시간 등이 기록된다. 본 연구에서는 차량의 위치와 객체 위치를 나타내기 위해 Transverse Mercator (TM) 좌표계를 사용하였다.

인식 결과는 인식된 객체의 X, Y 좌표와 가로, 세로 길이를 기본적으로 제공하며, 인식을 요구한 객체가 복수 개일 때 현재 인식된 결과가 어떤 객체인지와 인식의 정확도를 확률로 제공한다.

### 3.2 신호등/표지판 인식시스템

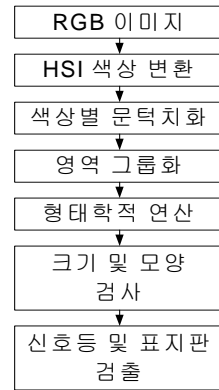
CRM은 크게 신호등 램프와 표지판을 검출하는 과정과 인식하는 과정으로 나누어져 있다. 신호등과 표지판 검출은 HSI 색상 값에서 신호등과 표지판 영역을 검출하고, 인식 과정에서는 검출 결과와 실제 신호등과 표지판 인지를 확인하고 신호등의 경우 동일 위치에 있는 복수개의 신호등을 하나의 신호등 객체로 인식하는 과정을 포함하여 신호등과 표지판을 인식하게 된다.

#### 3.2.1 신호등/표지판 객체 검출 과정

신호등 램프 및 표지판 검출과정은 RGB 칼라를 HSI 색상으로 변환한 후 파라미터에 부합하는 영역을 검출하는 것이다. 기존의 HSI 색상 정보를 이용한 표지판[2,3]과 신호등 램프[9] 검출 연구에서와 마찬가지로 기본적으로 색상 문턱값(color thresholding)을 이용하여 객체가 있을 것으로 예상되는 영역을 검출하도록 하였다. 기존 논문과 다른 점은 표지판과 신호등 램프 검출에 있어 형태 검사를 수행하고 거리에 따른 객체의 크기를 미리 예측하여 검출하고자 하는 객체 이외의 것을 검출 과정에서 필터링 한 것이다. 또한 본 연구는 실제 상용화를 목표로 하고 있기 때문에 기존 연구에서 사용하는 높은 품질의 고가 카메라를 사용하지 않고 실용적으로 사용할 수 있는 중저가의 카메라를 사용함으로써 열악한 영상에서도 신호등과 표지판을 인식할 수 있는 알고리즘을 개발하였다.

검출을 위한 전체적인 과정은 그림 5와 같다. RGB 영상이 입력되면 HSI 색상으로 변환 후 표 1의 파라미터 값에 해당하는 픽셀만 추출한다. 각 색상 이미지에서 분할(segmentation)을 통해 그룹화하고 형태론적 영상처리를 통해 노이즈를 제거한다.

형태론적 연산이 끝나면 객체의 사이즈 파라미터와 형태 특징을 이용하여 필터링한 후 최종적으로 남은 영역을 신호등 램프와 표지판 영역으로 판단하게 된다. 검출과정에서 처리시간에 가장 많은 영향을 주는 형태론적 연산의 시간을 단축하기 위해 본 연구에서는 MMX2[10]을 사용하였다.



<그림 5> 신호등/표지판 검출 과정

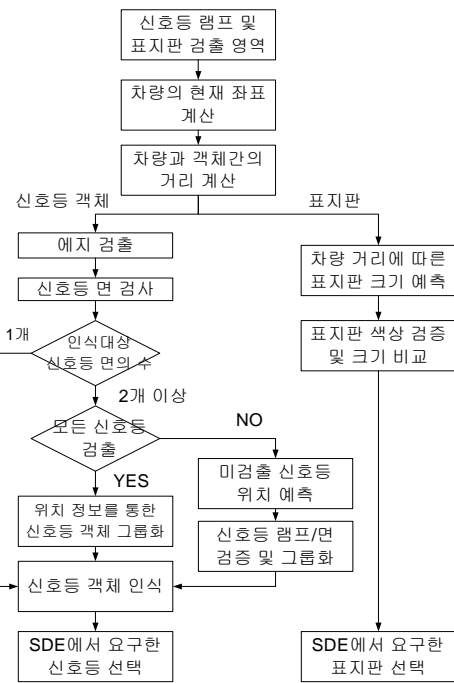
<표 1>은 신호등 검출 과정에 사용된 HSI 파라미터와 크기 파라미터를 나타낸 것이다. 사용된 파라미터는 2장의 색상 분석과정과 카메라 성능 등을 고려하여 실험적으로 추출된 것이다. 예를 들어 빨간색 신호등 램프의 경우 hue 값은 30도에서 340도까지이며 채도(saturation)는 45이하인 값이 된다. 크기 파라미터는 차량과 객체의 거리가 30m에서 110m까지 떨어져 있을 경우 영상 이미지에서 인식 대상이 차지하는 크기를 나타낸 것이다.

<표 1> 객체 인식을 위한 파라미터

	minH	maxH	Sth	Ith	min Size	max Size
Red lamp	30	340	45	-	10	300
Green lamp	110	190	30	40	10	300
Blue sign	200	260	40	-	320	3000
Green sign	120	190	30	-	320	3000

3.2.2 신호등/표지판 객체 인식

신호등과 표지판 객체 인식은 3.2.1에서 검출된 신호등 램프와 표지판 영역에 대해 실제 신호등 여부를 검사한 후 GPS 정보와 SDE에서 제공한 데이터베이스 정보를 이용하여 신호등 객체와 표지판 객체를 인식하는 과정이다. 객체 인식에 사용된 시설물 DB와 GPS정보 내용은 3.1에 기술하였다. 그림 6은 인식과정을 블록도로 나타낸 것이다.



<그림 6> 신호등 표지판 인식과정

인식 과정은 먼저 객체 DB와 GPS 정보를 이용하여 객체와 차량의 거리를 계산한다. 하지만 GPS 정보를 프레임 마다 제공하는 것이 아니고 시스템의 전체적인 리소스를 고려해 1초에 한번씩 만 일정하게 차량의 위치 정보를 알려주기 때문에 차량과 객체간의 거리를 정확히 계산하기 위해서는 차량의 속도와 영상 처리 시간을 이용하여 차량의 이동 거리를 계산해야 한다. 예를 들어 자동차가 60km/h의 속도로 이동하고 표지판의 크기가

300x150cm일 때 60m 지점에서 이미지 내에서 표지판은 51x26[pixel] 크기가 된다. 1초 후 차량은 16.667m를 진행하고 이때 표지판이 이미지에서 차지하는 면적은 72x36[pixel]이 되며 면적으로 볼 때 약 2배의 크기로 증가하게 된다. 그러므로 매 프레임 마다 차량의 이동 거리를 계산해줄 필요가 있다. 아래 식은 객체가 거리에 따라 화면에서 차지하는 픽셀을 계산한 식이다. 식에서 사용된 상수는 본 연구에서 사용된 카메라 성능을 분석해서 얻은 결과이다.

$$P = \frac{O}{L}, L = a \times D, a = 0.000968$$

P: 이미지에서 객체가 차지하는 픽셀 수

O: 객체의 길이

L: 이미지에서 한 픽셀이 차지하는 실제 길이

D: 객체와 차량 간의 거리

a: 상수(카메라에 따라 달라질 수 있음)

가. 신호등 객체 인식

검출과정에서는 신호등의 램프만을 검출하기 때문에 신호등 외에 차량의 브레이크등 또는 간판 등이 신호등 램프와 유사한 패턴이면 같이 검출하게 된다. 그러므로 검출된 신호등이 실제 신호등인지 아니면 다른 객체인지를 먼저 검사해야한다. 이를 위해 본 논문에서는 에지정보를 이용하여 신호등 램프가 신호등 면에 있는지 아니면 다른 객체에 있는 램프인지를 검사하였다. 그림 7은 신호등 에지 검출 예를 나타낸 것이다. 에지는 Canny 에지 방법을 이용하였으며 신호등이 있을 것으로 추정되는 영역에 대해서만 에지를 추출하여 배경에 있는 객체에 의한 노이즈를 최소화 시키고 처리시간을 단축하도록 하였다.



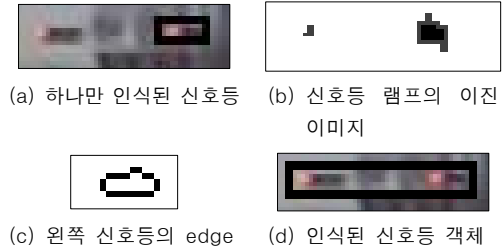
<그림 7> 신호등 면의 에지 이미지

검출된 신호등 램프가 위의 과정을 통해 신호등 면이 확실하게 되면 신호등 객체를 인식하는 과정을 수행한다. 신호등 객체 DB에 신호등 면이 2개 이상이면 2개의 신호등 면을 검색하고 하나의 객체로 인식하는 과정을 부가적으로 수행하며, 인식해야 하는 신호등 면이 1개이면 이 과정을 수행하지 않는다. 신호등 면을 그룹화해서 하나의 객체로 인식하는 것은 정확한 기준점을 찾기 위한 것이다. 기준점이 다르게 되면 진행방향을 화면에 디스플레이 할 때 부정확하기 때문에 운전자에게 정확한 정보를 전달할 수 없는 경우가 발생할 수 있다.

2개 이상의 신호등 면을 하나의 객체로 인식하는 데에는 2가지 경우가 있다. 2개의 신호등 램프를 모두 검출하는 경우와 2개의 신호등 면 중 하나만 인식하는 경우이다. 첫 번째 경우에는 신호등 면의 위치와 크기를 비교해 쉽게 하나의 객체로 인식할 수 있다. 하지만 두 번째의 경우처럼 2개중 하나만 인식한 경우에는 인식하지 못한 다른 하나의 신호등 면을 찾아내야 한다. 신호등 램프를 검출하지 못하는 이유는 다양하지만 크게 (1)신호등 램프가 정상적으로 점등이 안 되는 경우와 (2)영상에서 램프가 매우 작게 보이는 경우, (3)배경이 너무 밝기 때문에 램프색이 정상적으로 표현되지 못하는 경우로 나눌 수 있다. (1)의 경우 램프가 소등된 상태에서 영상에 램프가 전혀 나타나지 못한다. 하지만 (2), (3)의 경우 미약하지만 영상 내에서 램프의 흔적을 찾을 수 있다. 그림 8은 검출하지 못한 신호등 램프를 에지와 패턴인식을 통해 검출하는 과정을 나타낸 것이다.

그림에서 (a)는 두 개의 신호등 중 오른쪽 신호등 면을 인식한 것이며 (b)는 HSI 이미지에서 해당 영역을 나타낸 것이다. (a)에서 인식한 신호등 램프는 정상적인 크기를 보이지만 왼쪽의 신호등은 배경이 밝아서 빨간색 값이 정상적으로 검출되지 못해 매우 작은 크기로 보이기 때문에 신호등 램프로 검출되지 못한 예이다. 이 경우 검출되지 못한 신호등 면이 있을 것으로 추정되는 영역에서 (c)와 같이 edge 검출을 통해 검출되지 못한 영역에 신호등 면의 에지가 있는지 검사하고 또한 그 영역 내에 신

호등 램프가 있는지 검사해서 존재하는 경우 (d)와 같이 두 개의 신호등 면을 하나의 신호등 객체로 인식하게 된다.



<그림 8> 신호등 객체 인식 예

신호등 객체를 인식하게 되면 SDE에서 요구한 신호등 객체인지를 검사한다. 이미지에 두 개 이상의 신호등 객체가 존재하면 실제 DB에서 요구한 신호등 객체가 어느 객체인지를 찾아내야 한다. 이 경우 DB의 신호등 면의 수와 신호등과 차량과의 거리를 이용하여 신호등 면의 크기를 계산하고 이를 통해 어느 신호등이 SDE가 인식을 요구한 신호등인지를 판단하게 된다.

#### 나. 표지판 인식

표지판은 검출과정에서 추출한 영역과 SDE에서 제공한 표지판 DB의 내용을 이용해 인식한다. 먼저 DB에서 제공한 표지판의 색상과 검출된 표지판이 동일 색상인지를 검사하고, 검출된 표지판 영역의 크기를 계산한다. 다음으로 GPS 정보와 표지판 위치 정보를 이용하여 차량과 표지판의 거리를 계산한 후 실제 표지판의 크기를 유추하여 검출된 표지판의 크기와 비교한다. 이를 통해 표지판을 인식하게 된다. 표지판 인식의 결과 역시 확률로 나타낸다. 이는 표지판이 가로수나 다른 인공물에 의해 가려지는 경우 표지판 전체를 인식하지 못하는 경우가 발생할 수 있기 때문에 SDE가 판단할 수 있도록 확률로 제공하는 것이다.

<그림 9>는 앞에서 기술한 알고리즘의 수행 예를 나타낸 것이다. (a)는 카메라로부터 입력받은 영

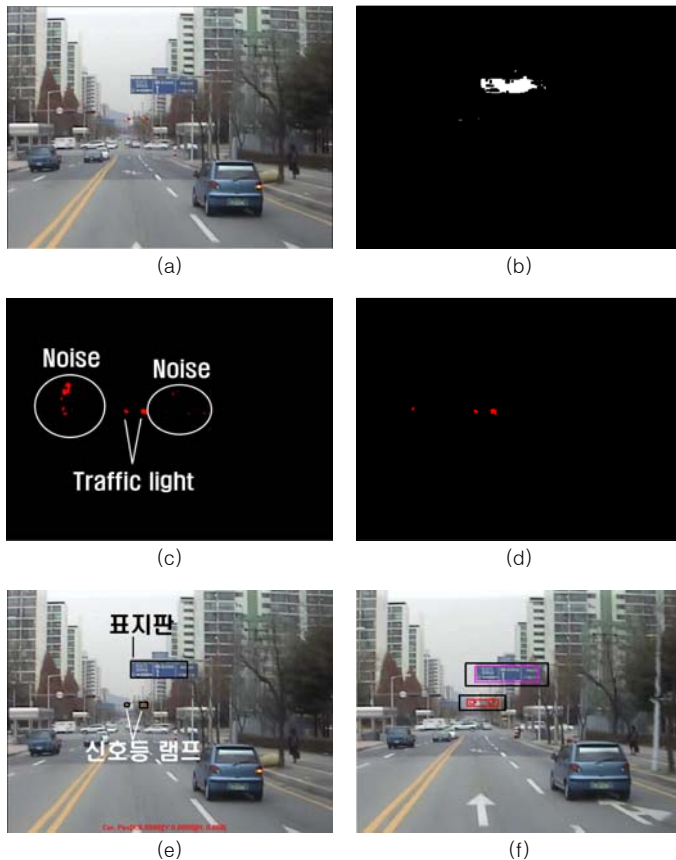


상이며, (b)는 HSI 칼라로 변환한 후 표 1의 파라미터를 이용하여 표지판 검출을 위해 파란색에 대해 범위 내의 값만 추출한 이미지이다. 그림 (c)는 신호등 검출을 위해 빨간색에 대해 파라미터를 이용하여 범위 내의 값만 추출한 이미지이고, (d)는 (c) 이미지에서 형태학적 연산과 신호등 램프 특징 정보를 이용하여 노이즈를 제거한 것이다. (e)는 최종적으로 검출한 신호등 램프와 표지판 영역을 사각형으로 나타낸 것이며, (f)는 (e)의 결과를 이용하여 객체를 인식한 그림이다. 그림에서 알 수 있듯이 (e)에서 검출한 신호등 램프를 이용하여 신호등 면이 있을 가능성이 있는 영역에 대해 에지 검출을 통해 신호등 면을 인식하고 떨어져 있는 두 개의 신호등 면을 하나의 신호등 객체로 인식하였다. 신

호등의 인식 결과를 보면 사각형이 두 개 있는데 신호등에 가까이 있는 사각형은 신호등 객체를 인식한 영역이며 외부 사각형은 다음 프레임에서 신호등 객체가 나타날 수 있는 영역을 예측한 것이다.

#### 4. 교차로 인식모듈 실험 및 결과

본 논문의 목적은 교차로에 근접한 신호등과 표지판을 인식하여 SDE에 제공함으로써 운전자에게 보다 정확한 진행 방향을 안내하는 것이다. 그러므로 실험에서는 모든 주행구간에서 신호등과 표지판 인식을 수행하지 않고 교차로에 인접한 경우에만 객체를 인식하도록 하였다. 객체 인식의 시작은 객체와 차량의 거리가 110m 떨어진 지점에서부터

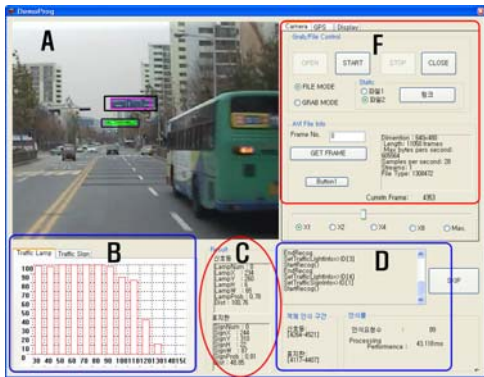


<그림 9> 알고리즘 적용 예



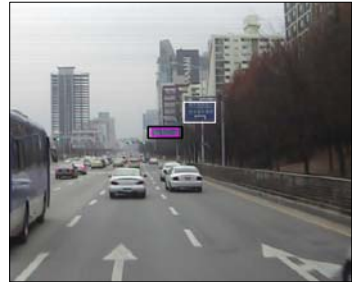
30m까지로 제한하였다. 30m이면 이미 교차로에 들어온 상황으로 판단하여 인식을 수행하지 않았다. 실험에 사용된 컴퓨터는 Intel core2 2.0GHz의 CPU와 1G RAM을 사용하였으며, Visual Studio 6.0의 C++ 언어를 사용하여 구현하였고, 사용된 이미지의 해상도는 640x480이다.

<그림 10>은 실험을 위해 구현된 응용프로그램을 나타낸 것이다. 프로그램의 왼쪽(A)에 카메라로부터 입력된 영상이 있으며 신호등과 표지판 객체를 인식하는 경우 화면에 사각형 형태로 표시된다. 왼쪽하단(B)의 그래프는 통계 그래프로써 거리별 인식률을 신호등과 표지판 객체별로 나타내었으며 중앙(C)에는 현재 인식된 객체의 정보를 나타내었다. 오른쪽 하단(D)에는 SDE와 주고받는 메시지를 객체인식에 소요되는 시간을 보여준다. 그 외(F)에 GPS 정보와 화면을 조절할 수 있는 display 탭 등이 있다.



<그림 10> 구현된 신호등/표지판 객체 인식 프로그램

<그림 11>은 객체 인식 실험 결과의 다른 예를 나타낸 것이다. (a)는 두 개의 표지판이 검출되었지만 SDE의 요구에 의해 실제 인식된 표지판은 굵은 검정 선으로 나타난 표지판이며 흰색 선으로 된 사각형 내의 표지판은 검출만 된 것이다. (b)의 경우는 신호등 객체는 정상적으로 검출하고 인식하였다. 하지만 신호등 뒤쪽에 있는 표지판은 검출은 하였지만 SDE로부터 인식요구가 없었기 때문에 인식하지 않았다.



(a)



(b)

<그림 11> 실험 결과의 예

실험에 사용된 영상은 대전 시내에서 상가와 주거 지역을 중심으로 취득하였다. 실험에 사용된 전체 프레임은 신호등의 경우 4349프레임이며 표지판의 경우 892프레임이다. 이 프레임 수는 취득된 영상에서 실험 시나리오에 해당하는 구간의 프레임이다. 표 2는 거리별 신호등의 프레임 수를 나타낸 것이다.

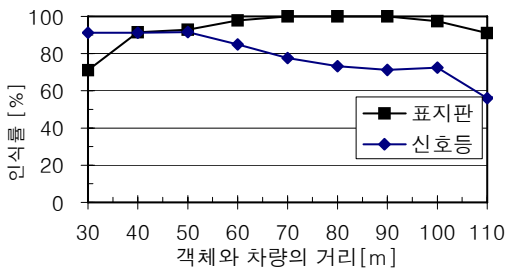
<표 2> 거리에 따른 프레임 수

거리[m]	신호등 프레임 수	표지판 프레임 수
110 -90	978	267
80-60	1119	290
50-30	2252	335
합계	4349	892

<그림 12>는 신호등과 표지판 객체의 인식 결과를 거리별 인식률로 나타낸 것이다. 신호등의 경우 차량과의 거리가 50m 이하이면 90%의 인식률을 보이지만 70m 이상이 되면 신호등 램프의 픽셀이 작아지기 때문에 인식률이 떨어지는 것을 볼 수 있다. 표지판은 110m - 40m 구간에서 평균 90%

이상의 인식률을 보이지만 30m에서는 오히려 인식률이 떨어지는 경향을 보이고 있다. 이는 거리가 짧아지게 되면 이미지에서 차지하는 표지판의 면적이 너무 커서 파라미터 범위를 벗어나기 때문이다.

교차로 인식을 위해서는 신호등과 표지판 객체 중 어느 하나만을 인식하면 되므로 원거리에서는 표지판을 기준으로 하고 근거리에서는 신호등을 기준으로 인식하면 충분히 교차로를 인식할 수 있다.



〈그림 12〉 거리별 인식률 결과

본 논문에서 제시하는 신호등과 표지판 인식 알고리즘은 차세대 네비게이션 방식으로 여겨지고 있는 실감네비게이션 시스템에 적합하도록 개발된 방법이다. 본 알고리즘은 교차로인식모듈인 CRM(그림4)의 핵심부분으로서 신호등 램프 하나하나를 인식하는 데에 그치지 아니하고, 신호등과 표지판의 DB자료를 참조하여 이들을 객체단위로 인식하고 그 결과를 확률모델로서 상황인식 모듈인 SDE(그림4)에 전달하도록 구성되어 있다. 그러므로 기존에 다른 목적으로 개발되어 발표된 알고리즘들과 그 성능을 비교할 수 있는 직접적인 방법을 찾기는 쉽지 않다.

가장 유사한 목적으로 초기단계에 개발되어진 색상기반 방법[9]과 실험조건이 유사하도록 조정하여 비교한 결과 색상기반 방법은 현재의 시험영상에 대하여 평균 52%의 낮은 인식률을 나타내었다. 이는 [9]에서 보고된 평균 90% 이상의 인식률과는 현격한 차이가 있다. 이러한 현상의 주요 원인 중 하나는 [9]에서 사용한 카메라와 그것으로 취득한 이미지의 품질이, 상용화를 위하여 보다 현실성

있는 장비로 교체된 현재의 이미지 크기와 품질과 상당한 격차가 있기 때문으로 판단된다. 또한 보다 다양한 외부환경으로 구성된 시험구간의 선정과 여기에서 취득된 영상 품질의 다양성도 본 연구를 통하여 향상된 성능을 입증하기에 좋은 배경이 되었다.

〈그림 13〉은 한국 전자통신연구소에서 데모용으로 개발한 실감 네비게이션 시스템에 교차로 인식을 위한 신호등과 표지판 객체 알고리즘을 적용한 예이다. 화면의 왼쪽은 2D 맵 기반의 기존 네비게이션 화면이며, 오른쪽은 차량에 탑재된 카메라로부터 입력된 영상에 운전자에게 필요한 정보를 디스플레이한 모습이다. 화면의 중앙에 신호등을 인식한 부분이 사각형으로 표시되어 있으며, 중앙에 화살표로 진행 방향을 알려주고 있다.



〈그림 13〉 실감네비게이션 실행화면

## 5. 토의 및 결론

기존 2D 맵 기반의 네비게이션 시스템은 GPS와 2D 맵의 오차로 인해 운전자에게 잘못된 진행 방향을 알려주거나 인접한 두 개의 교차로나 우회도로 등에서 부정확한 회전 위치를 알려줌으로써 운전자에게 혼돈된 정보를 제공하여 안전한 운전을 방해하는 문제점을 가지고 있다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 보완하고 보다 다양한 서비스를 제공할 수 있는 차세대 실감 네비게이션 시스템의 필수 요소인 교차로 인식을 효율적으로 하기 위한 신호등 및 표지판 객체 인식시스템을 개발하고 이의 성능평가를 수행하였다. 개발된 알고리즘은 칼라정보를 기반으로 신호등 램프와 표지판 각각을 분할

(segmentation)을 통하여 검출한 후, 객체의 특징과 DB 정보 등을 이용하여 신호등 객체와 표지판 객체를 인식하도록 하였다.

실험결과 신호등 객체 인식의 경우 60-30m의 거리에서 평균 90%의 인식률을 보였으며, 표지판의 경우 90-40m의 거리에서 평균 97%의 인식률을 보였다. 또한 Core2 2.0GHz의 CPU를 사용할 경우 한 프레임 당 평균 처리시간이 46msec로서 실시간 처리가 가능하였다.

신호등 인식의 경우, 그림 12에서 보듯이 70미터 이상의 원거리 영상에서 인식률이 80% 이하로 떨어지는 것을 알 수 있다. 이는 전구 하나가 차지하는 영역의 이미지 픽셀수가 현저히 작기 때문에 색상정보에 대한 잡음 성분의 비중이 올라가고, 이에 따라 실제 신호등이 존재함에도 불구하고 객체 검출 단계까지 진행이 되지 않는 데에 주된 원인이 있다. 따라서 향후 연구로는 현재 사용하고 있는 색상, 에지 등의 이미지 특징과 더불어, 보다 다양한 환경에서 취득된 영상에서 균일한 성능을 낼 수 있는 특징들을 추출하여, 날씨와 주야간의 환경 그리고 신호등의 크기와 색깔 등의 변화에서도 유사한 성능을 나타낼 수 있도록 알고리즘을 보완할 예정이다.

본 연구의 결과는 텔레매틱스 응용분야에서 유망한 분야중 하나인 실감 내비게이션 시스템의 상용화에 기여할 것으로 기대된다.

## 참고문헌

1. Wen Wu, Jie Yang, Jing Zhang, "A Multimedia System for Route Sharing and Video-based Navigation," Proceedings of IEEE International Conference on Multimedia & Expo 2006(ICME 2006), Toronto, Canada, July 9-12, 2006, pp. 73-76.
2. Chiung-Yao Fang, Sei-Wang Chen, Chiou-Shann Fuh, "Road-sign detection and tracking," IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 52, no. 5, September 2003, pp. 1329-1341.
3. Yasuo Inoue, Yuuichirou Kohashi, Naoto Ishikaw, Masato Nakajima, "Automatic Recognition of Road Signs", Proceedings of SPIE Vol. 4790, 2002, pp. 543-550
4. Thi Thi Zin and H. Hama, "Robust Road Sign Recognition Using Standard Deviation", 2004 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference, Washington, D.C., USA, 2004, pp.429-434.
5. A. Soetedjo and K. Yamada, "Traffic sign classification using ring partitioned method," IEICE Trans. Fundamentals, vol.E88-A, no.9, Sept. 2005, pp.2419-2426.
6. Torresen J., Bakke J.W., and Sekania L., "Efficient recognition of speed limit signs", Proc. IEEE Conf. on Intelligent Transportation Systems (ITS), Washington DC, 2004.
7. Zhu Shuang-dong, Zhany Yi, Lu Xiao-feng, "Detection for triangle traffic sign based on neural network," Lecture Notes in Computer Science, vol. 3973, 2006, pp. 40-45
8. 정준익, 노도환, "성분차 색분할과 검출마스크를 통한 실시간 교통신호등 검출과 인식", 전자공학회 논문지, 제43권 SP편, 제2호, 2006년 3월, pp. 65-72
9. T. H. Hwang, I. H. Joo, and S. I. Cho, "Detection of traffic lights for vision-based car navigation system," Lecture Notes in Computer Science, vol. 4319, 2006, pp. 682-691
10. A. Peleg and U. Weiser, "MMX Technology Extensions to the Intel Architecture," IEEE Micro, vol. 16, no. 4, 1996, pp. 42-50.

**김응권**

1999년 공주대학교 학사  
2001년 공주대학교 석사  
2006년 공주대학교 박사  
2007년~현재 고려대학교 보건과학대학 보건과학연구소 연구교수  
관심분야 : Telematics, 영상처리  
E-mail : enki@korea.ac.kr

**이기성**

1986년 고려대학교 전자전산공학과(공학사)  
1990년 고려대학교 전자공학과(공학석사)  
2003년 University of Washington (공학박사)  
2004년~2005년 UW Medical Center, Senior Fellow  
2005년~2007년 국립공주대학교 정보통신공학부 조교수  
2007년~현재 고려대학교 방사선학과 조교수  
관심분야 : 영상신호처리, 텔레매틱스 응용, uHealth 응용, 의료영상  
E-mail : kisung@korea.ac.kr

**조성익**

1984년 연세대학교 천문기상학과(이학사)  
1987년 연세대학교 천문기상학과(이학석사)  
1987년~1996년 시스템공학연구소 선임연구원  
1996년~현재 한국전자통신연구원 책임연구원  
관심분야 : 원격탐사, 컴퓨터비전, 텔레매틱스  
E-mail : chosi@etri.re.kr

**박정호**

1991년 전북대학교 컴퓨터공학과(공학사)  
1994년 전북대학교 컴퓨터공학과(공학석사)  
2001년 전북대학교 컴퓨터공학과(공학박사)  
2002년~현재 한국전자통신연구원 선임연구원  
관심분야 : 영상처리, 텔레매틱스  
E-mail : parkjh@etri.re.kr

**최경호**

1989년 인하대학교 전자공학과(공학사)  
1991년 인하대학교 전자공학과(공학석사)  
2002년 워싱턴주립대학교 전기공학과(공학박사)  
1991년~2004년 한국전자통신연구원 선임연구원  
2004년~2005년 한국전자통신연구원 텔레매틱스콘텐츠연구팀장  
2005년~현재 국립목포대학교 조교수  
관심분야 : 텔레매틱스, 미래형자동차, 센서네트워크, 멀티미디어신호처리  
E-mail : khchoi@mokpo.ac.kr