

논문 2015-10-13

교통 신호등과 비전 센서의 위치 관계 분석을 통한 이미지에서 교통 신호등 검출 방법

(Traffic Light Detection Method in Image Using Geometric
Analysis Between Traffic Light and Vision Sensor)

최창환, 유국열, 박용완*

(Changhwan Choi, Kook-Yeol Yoo, Yongwan Park)

Abstract : In this paper, a robust traffic light detection method is proposed by using vision sensor and DGPS(Difference Global Positioning System). The conventional vision-based detection methods are very sensitive to illumination change, for instance, low visibility at night time or highly reflection by bright light. To solve these limitations in visual sensor, DGPS is incorporated to determine the location and shape of traffic lights which are available from traffic light database. Furthermore the geometric relationship between traffic light and vision sensor is used to locate the traffic light in the image by using DGPS information. The empirical results show that the proposed method improves by 51% in detection rate for night time with marginal improvement in daytime environment.

Keywords : Traffic light, Intelligent vehicle, Difference global positioning system

1. 서론

최근 지능형 차량(Intelligent Vehicle)에서 비전 기반의 객체 인식은 매우 중요한 기술로 자리 잡고 있다[1]. 특히, 교통 신호등은 도로 교통법상에 차량 진행에 대한 규정으로 차량의 원활한 소통과 안전에 중대한 영향을 미치기 때문에, 교통 신호등의 정확한 인식은 지능형 차량 연구의 핵심 분야로 널리 연구되고 있다. [2-5].

기존의 지능형 차량에서 교통 신호등 인식 기법들은 교통신호가 색상에 기반하고 있기 때문에 비전 센서를 활용한 연구가 활발히 진행되고 있다. 기존의 비전 기반 연구들은 일반적으로 세 가지 단계로 구성되어 있다. 첫 번째 단계는 비전 센서에서

*Corresponding Author(ywpark@yu.ac.kr)

Received: 3 Sep. 2014, Revised: 13 Oct. 2014,

Accepted: 10 Oct. 2014.

C.H. Choi, K.Y. Yoo, Y.W. Park : Yeungnam University

※ 본 연구는 교육부와 한국연구재단의 지역혁신 인력양성 사업으로 수행된 연구 결과임.(No.2013H1B8A2031879)

획득한 이미지에서 교통신호를 검출하기 위한 후보 영역을 설정 및 전처리 과정을 수행한다. 두 번째 단계에서는 설정된 후보 영역에서 특징 추출(feature extraction) 및 인식(recognition) 과정을 거쳐서 교통 신호의 색상과 형태를 추출한다. 마지막 단계에서는 추출된 신호의 종류를 기반으로 신호가 가지는 의미를 판단한다.

일반적으로 색상 기반의 영상 인식은 환경 변화에 민감한 특성을 가지고 있다. 특히 실외 환경에서 색상기반 인식은 주야간에 따른 밝기 변화(illumination change)와 주변 조명으로 인한 색상의 왜곡 등의 문제점으로 인해 높은 정확도의 객체 인식 및 판단은 매우 어려운 문제이다.

야간 환경에서 교통 신호등의 인식의 문제는 이런 낮은 조도(low illumination)외에도 환경 간섭 요인들이 다양하고, 복잡하기 때문에 높은 정확도를 기대하기 어렵다. 교통 신호등을 구성하는 형태적 특징이 검정색 사각형을 안에 원형의 신호 형태를 가지게 된다. 이는 조명이 부족한 야간 상황에서 영상처리로 교통 신호등의 형태적 근거를 판단하기가 대단히 어려워진다. 또한, 주변 차량의 후미등, 가로등 등의 간섭으로 인하여 높은 교통 신호등 인식률을 기대하기 힘들다. 예를 들면, 대표적인 교통신

호등의 특징 기반 기법의 경우, 주간환경에서는 94%의 교통 신호등 인식률을 보이나 야간 환경에서는 26%에 불과하다 [6].

이런 환경 간섭 요인에 강인한 인식 기법으로 Rubel Biswas 등이 제안한 교통 표지판 인식 알고리즘의 경우 MSRCR(Multi Scale Retinex Color Restoration)을 이용한 표지판의 형태 추출을 통하여 표지판 검출을 제안하고 있다[7]. 이는 조명 변화에 민감한 색상 특징이 아닌 객체의 형태 해석적인 방법을 바탕으로 하고 있다. 또한 Jose M. Mossi 등이 제안한 차량 검출 방법은 차량의 헤드라이트와 바닥에 반사된 헤드라이트의 궤적을 추적하여 차량의 위치를 결정하고 객체로 인식하는 방법을 제시하고 있다[8].

본 논문에서는 이런 야간 교통 신호등 인식 문제를 해결하기 위해, 비전 센서가 제공하는 정보 외에 별도의 정보를 활용하여 인식률을 향상시키는 기법을 제안한다. 제안 기법에서는 DGPS 위치 정보를 바탕으로 교통 신호등의 위치 및 형태적 정보를 DB로 구성한다. 기 구축된 DB 정보와 더불어 DGPS를 활용하여 주행 중인 지능형 차량의 현재 위치의 지속적인 탐색 및 비교를 통해 이미지 영역에서 교통 신호등이 위치하게 되는 후보 영역을 설정하는 방법을 제안한다.

본 논문은 다음과 구성되어 있다. II장에서는 제안하는 교통 신호등 DB 구축방법 및 비전 센서와 교통신호등간의 기하학적인 거리 관계에 대해 설명한다. III 장에서 제안 방법을 주간 환경에서 실험을 통해 검증하고, 본 논문의 결론을 IV에서 맺는다.

II. 본 론

교통 신호등은 차량 주행에 있어서 중요한 도로 정보를 제공하는 요소이다. 교통의 흐름을 제어하는 가장 기본적인 수단으로 높은 신뢰성을 바탕으로 안정적인 교통신호 검출이 이루어져야 한다[9-11].

그림 1 은 우리가 제안하는 교통 신호등 ROI(Region of Interest) 영역 결정 방법의 흐름도이다. 기존의 이미지 처리 기반의 ROI 영역 결정 방법과는 달리 교통 신호등의 위치 정보를 DB로 구축하고 지능형 차량의 위치 정보와 실시간 위치 정보 비교를 통해 주변 교통 신호의 유무를 판단하게 된다. DB와의 정보 교환을 통해 교통 신호등의 존재가 파악되면 본 논문에서 제안하는 교통 신호

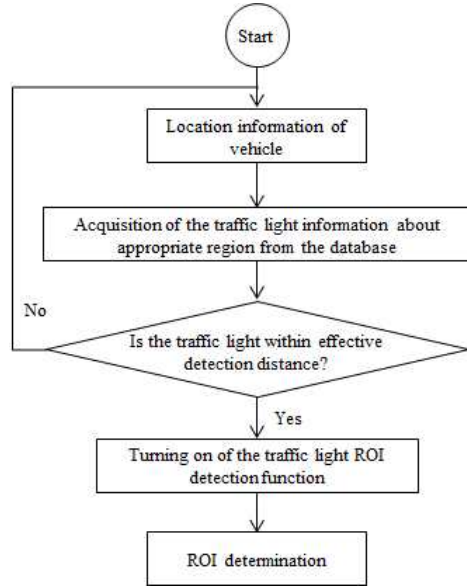


그림 1. 제안 알고리즘 흐름도
Fig. 1 System Flow

등과 차량의 물리적인 위치 관계 모델을 통해 ROI 영역을 결정할 수 있다.

우리가 제안하는 방법은 차량과 신호등의 위치 정보를 활용하여 주간 및 야간 환경에서 많은 연산 처리량을 필요로 하는 영상 인식 기술 없이 비전 센서에서 획득된 이미지에 존재하는 신호등을 빠르게 검출하여 신호를 판별하는 것이 최종 목표이다.

1. 교통 신호등 위치 정보 DB 구성

교통신호의 위치와 형태에 대한 정보를 획득하기 위해서 DB에 교통신호에 대한 기준 정보가 구성되어야 한다. 지능형 차량과의 물리적 위치 관계를 유도하기 위해서 필요한 정보로는 위도와 경도에 대한 위치 좌표 정보, 차량의 진행 방향과 비교를 위한 교통 신호등의 신호 지시방향, 교통 신호등의 형태에 대한 정보가 필요하다.

교통 신호등의 위도와 경도 좌표는 DGPS 정보를 바탕으로 3차원 좌표 체계를 기준으로 작성한다. 교통 신호등의 신호 지시 방향의 경우 북쪽을 기준으로 360도로 나타내어 작성하며, 교통 신호등의 형태 정보로는 신호의 개수가 몇 개인지 작성한다.

이렇게 구성된 DB는 차량과의 실시간 정보 비교를 통해 주변에 교통신호의 유무 판단에 결정적인 요소가 된다.

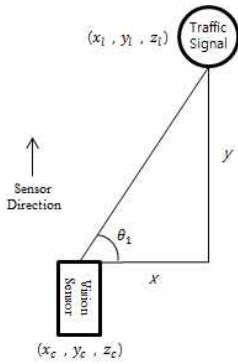


그림 2. 교통 신호등과 비전 센서의 위치 관계(전면)

Fig. 2 The relative positions of traffic light and vision sensor(Front)

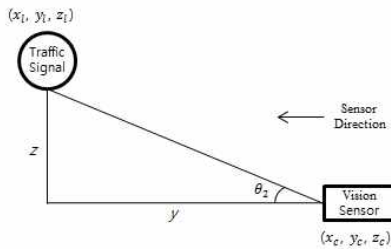


그림 3. 교통 신호등과 비전 센서의 위치 관계(측면)

Fig. 3 The relative position of traffic light and vision sensor(Side)

2. 교통 신호등과 비전센서의 위치 관계 분석

교통 신호등 검출을 위한 ROI 영역 결정을 위하여 교통 신호등과 차량에 장착된 비전 센서의 물리적 위치 관계에 대한 분석이 필요하다. 그리고 비전 센서에서 획득한 이미지와 실제 인식 영역의 관계를 분석하여 교통신호 검출을 위한 ROI 영역 결정의 근거가 된다.

교통 신호등과 차량에 장착된 비전센서의 위치 정보를 수학적 분석을 통해 물리적인 관계를 도출할 수 있다. 우선 차량에 장착된 비전센서의 위치 정보를 위도, 경도 좌표와 지면으로부터의 높이를 획득한다. 그리고 교통 신호등의 정보를 DB로부터 획득한다. 비전센서의 위치 정보와 DB로부터 획득한 위치 정보는 모두 3차원 좌표 체계로 표현 된다. 획득한 비전센서와 교통신호의 위치 정보를 수학적 분석을 통해 물리적인 위치 관계를 결정할 수 있다.

그림 2와 그림 3은 각각 교통 신호등과 비전 센서의 위치 정보를 이용하여 정면과 측면의 관계를 표현한 것이다. 정면에서는 x, y축을 통해 교통 신호등과 비전 센서의 간격, 좌우 방향 및 각도 정보를 획득할 수 있고, 측면 관계에서는 교통 신호등과 비전 센서의 간격, 높이 및 각도 정보를 획득할 수 있다. 교통 신호등과 비전 센서의 관계 정보를 다음의 식으로 간략하게 표현 가능하다.

$$x = |x_c - x_l| \tag{1}$$

$$y = |y_c - y_l| \tag{2}$$

$$z = |z_c - z_l| \tag{3}$$

$$\theta_1 = \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right) \tag{4}$$

$$\theta_2 = \tan^{-1}\left(\frac{z}{y}\right) \tag{5}$$

위에서 나타낸 수식 (1)~(5)는 교통 신호등과 비전센서의 관계를 위치 정보의 오차가 없는 이상적인 위치 관계를 표현한 것으로 실제 위치 오차를 고려한 다음의 수식 (6)~(10)을 사용하여 비전 센서와 교통 신호등의 위치 관계를 유도한다.

$$x' = |(x_c + e_x) - x_l| \tag{6}$$

$$y' = |(y_c + e_y) - y_l| \tag{7}$$

$$z' = |(z_c + e_z) - z_l| \tag{8}$$

$$\theta'_1 = \tan^{-1}\left(\frac{y'}{x'}\right) \tag{9}$$

$$\theta'_2 = \tan^{-1}\left(\frac{z'}{y'}\right) \tag{10}$$

위에서 나타낸 수식 (6)~(10)은 차량에서 발생하여 비전 센서의 위치 정보에 영향을 미치는 오차를 고려하여 나타낸 것이다. 현실적인 간섭 요소를 포함하고 있는 것으로 간섭 요소로 인한 오차 발생은 교통 신호 검출 영역을 결정하는 성능에 영향을 미칠 수 있다. 이러한 부분은 ROI 영역 결정에서 영역의 크기에 여유를 주어 오차에 대한 보상을 한다.

3. 획득된 이미지와 실제 인식 영역 관계

비전 센서에서 획득된 이미지와 실제 인식되는 영역의 관계를 분석하여 ROI 영역 결정을 위한 근거가 된다. 그림 4는 비전 센서에서 획득한 이미지와 인식된 실제 영역의 관계를 표현한 내용이다. P는 비전 센서의 위치, I는 획득된 실제 인식 영역, w와 h는 실제 인식되는 영역의 가로와 세로 길이, a는 비전 센서와 실제 인식된 영역의 거리, α와 β는 각각 비전센서의 가로와

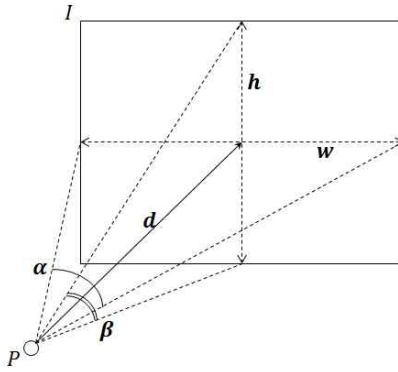


그림 4. 비전 센서와 획득 이미지의 관계
Fig. 4 The relationship between the vision sensor and image recognition

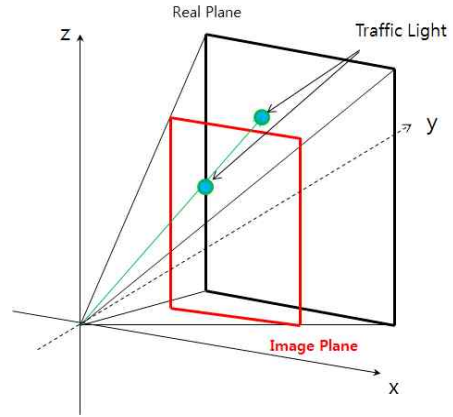


그림 5. 실제 영역과 이미지 영역의 교통신호등 위치 관계
Fig. 5 Traffic light positioning relative between real plane and image plane

세로의 화각을 나타낸다.

비전 센서로부터 획득된 이미지의 크기는 화각의 크기에 결정이 되고 실제 인식된 영역의 크기는 비전 센서의 화각과 인식 영역과의 거리 d 를 기준으로 결정이 된다. 다음 수식 (11), (12)는 실제 인식 영역의 가로와 세로 크기를 결정할 수 있다.

$$w = 2 \times d \times \tan \frac{\alpha}{2} \tag{11}$$

$$h = 2 \times d \times \tan \frac{\beta}{2} \tag{12}$$

수식 (11), (12)를 통해 비전센서가 인식하는 실제 영역의 크기를 도출했다. 이후 ROI 영역을 결정하기 위해서는 하나의 픽셀이 가지는 실제 인식 거리를 알고 있어야 한다. 다음은 이미지의 한 픽셀이 가지는 실제 인식 영역을 계산한다.

$$\frac{w}{(\text{이미지의 가로 픽셀 개수})} = \text{한 픽셀이 가지는 인식 가로 길이} \tag{13}$$

$$\frac{h}{(\text{이미지의 세로 픽셀 개수})} = \text{한 픽셀이 가지는 인식 세로 길이} \tag{14}$$

수식 (13), (14)를 통해 하나의 픽셀이 가지는 가로와 세로 길이를 결정하고 이를 통해 ROI 검출 위치와 영역의 크기를 결정하게 된다.

4. 교통 신호등 영역 결정

ROI 영역을 결정하는 방법은 교통 신호등과 지능형 차량에 장착된 비전 센서의 물리적인 관계와 획득된 이미지와 실제 인식 영역의 관계를 연관시켜 결정하게 된다.

비전 센서와 교통 신호등의 물리적인 관계에서 도출된 두 물체의 거리와 각도를 획득된 이미지와 실제 인식 영역의 관계에 대입하여 ROI 영역을 결정하게 된다. 앞에서 구한 x' 는 비전센서와 신호등의 수평 이격 거리를 z' 는 수직 이격거리를 나타낸다. θ_1 은 신호등과 비전 센서가 이루는 수평각을, θ_2 는 수직각을 나타낸다. 이 값들을 이용하여 실제 영역과 이미지 영역의 중심을 y 축으로 연결하고 x축을 수평, z축을 수직으로 정의하면 그림 5에서와 같이 교통 신호등의 위치를 결정한다.

교통 신호등 검출 영역의 크기는 DB에서 획득한 교통 신호등의 형태에 따라 다음의 식을 이용하여 크기를 결정한다.

$$\frac{\text{검출영역가로 픽셀 개수}}{\text{교통신호등가로 길이}} = \frac{\text{한 픽셀이 가지는 인식가로 길이}}{\text{한 픽셀이 가지는 인식가로 길이}} \tag{15}$$

$$\frac{\text{검출영역세로 픽셀 개수}}{\text{교통신호등세로 길이}} = \frac{\text{한 픽셀이 가지는 인식세로 길이}}{\text{한 픽셀이 가지는 인식세로 길이}} \tag{16}$$

III. 실험 및 결과

우리가 제안한 방법에 대한 검증은 위하여 교통 신호등 위치 정보 DB를 구축해 놓고, 실 환경에서의 실험을 진행하였다. 지능형 차량에 장착된 DGPS를 이용하여 실시간으로 위치 정보를 획득하고, DB와 정보 비교를 통해 해당 지역의 교통 신호등 정보를 획득한다. 교통 신호등의 존재 유무가 판



그림 6. 일반 교차로(좌), 오르막 교차로(우)에서의 획득 이미지

Fig. 6 Acquire image in normal intersection(Left), Uphill intersection(Right)

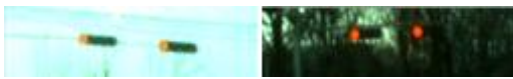


그림 7. 제안 방법 적용 결과(주간 상황)

Fig. 7 The proposed method applies the result(Day Time)

단되면 이미지에서 교통 신호등 영역 검출 기능이 활성화 된다.

본 실험에서는 BASLER 사의 acA750-30gc 비전 센서와 초점거리가 12mm인 렌즈를 사용하여 이미지를 획득하였다. 이미지 포맷은 VGA 규격을 따른다. 위치 정보의 획득을 위해서 사용된 장비는 OXFORD TECHNICAL SOLUTIONS의 RT3002 DGPS 모듈을 사용하였다. DB를 구성하여 처리한 장비는 산업용 임베디드 컴퓨터 ADLink MXC-6000을 사용하였으며, 신호등 DB는 GPS의 위도, 경도 값과 신호등의 높이, 신호 지향 방향으로 구성하였다.

실험 환경은 왕복 4차선 도로 환경을 기준으로 실험을 진행하였다. 우선 주간 환경에서의 성능을 확인하기 위하여 첫 번째 실험을 진행하였다.

그림 6은 우리가 제안한 방법의 적용을 위해 비전 센서에서 획득된 이미지를 나타낸 것이다. 각각 일반 교차로와 오르막 교차로에서 획득하였다.

획득된 이미지에 우리가 제안한 방법을 적용하여 얻은 결과는 그림 7과 같이 추출하게 된다. 제안된 방법을 통해 획득된 교통 신호등 검출 영역 이미지는 교통 신호등이 존재하는 원본 이미지보다 작은 영역만을 추출하게 되고, DGPS 위치 정보를 이용하여 영역 검출을 수행하여 신뢰성을 제공하게 된다.

다음은 우리가 제안한 방법과 기존의 방법인 교통 신호등 특징 기반의 검출 영역 결정 방법 및 도로환경 모델링 기반의 검출 영역 결정 방법과의 인

표 1. 검출 성공률 비교(주간 상황)

Table 1. Performance of Detection(Day Time)

	Straight Road	Curved Road
Traffic light feature-based method	94%	92%
Road environment modeling-based method	92%	76%
Proposed method	96%	94%



그림 8. 제안 방법 적용 결과(야간 상황)

Fig. 8 The proposed method applies the results(Night Time)

식 성공 횟수를 비교한 것이다[12].

표 1은 직선도로와 곡선도로에서 총 100회의 교통 신호등 검출 영역 결정을 시도 했을 때, 교통 신호등에 대한 영역 결정 성공률을 기록한 것이다. 총 100회 중에서 직선도로와 곡선도로의 비율을 동일하게 진행하였다.

위 결과에서 교통 신호등 특징 기반 방법과 도로환경 모델링 기반 방법, 제안 방법을 비교하였을 때, 직선도로에서의 성능은 큰 차이를 보이지 않았

표 2. 검출 성공률 비교(야간 상황)

Table 2. Performance of Detection(Night Time)

	Recognition rate
Traffic light feature-based method	29%
Proposed method	80%

다. 하지만 곡선도로에서는 도로환경 모델링 기반 방법이 상대적으로 낮은 검출 성공률을 보여주었고 교통 신호등 특징 기반 방법과 제안 방법은 유사한 성능을 보여주고 있다. 이러한 차이가 나는 이유는 도로환경 모델링 기반 방법은 곡선도로의 곡률과 교통 신호등의 위치가 일치하지 않아 발생하는 오차가 상대적으로 많았다.

다음은 조도에 의한 영향에 강인한 성능을 확인하기 위하여 두 번째 실험을 진행하였다. 실험 조건은 야간 상황에서 왕복 4차선에서 왕복 8차선까지의 다양한 도로 환경을 바탕으로 실험을 진행하였다.

그림 8은 야간 환경에서 획득된 이미지에 제안 방법을 적용한 결과를 나타낸 것이다. 각각 왕복 6차선과 왕복 8차선 도로 환경이다. 야간 환경에서는 주변 차량 후미등이 교통 신호등의 붉은색 신호와 유사하여 교통 신호등 영역을 판단하는 오차 성분이 된다. 또한, 야간 상황에서는 주변 가로등과 간판들이 오차 성분으로 작용하여 검출 성능 저하 요소로 작용한다.

하지만, 본 논문에서 제안한 방법은 위치 정보를 바탕으로 교통 신호등의 검출 영역을 결정하기 때문에 이러한 문제점을 극복할 수 있다.

다음은 우리가 제안한 방법과 기존의 교통 신호등 인식 방법을 적용하여 검출 성공 횟수를 비교한 내용이다.

제안 방법과 교통 신호등 특징 기반 방법은 야간 환경에서 총 100회에 걸쳐 반복 실험을 진행하였다. 표 2의 결과와 같이 교통 신호등 특징 기반 방법은 30%에 미치지 못하는 신호등 인식 실험 결과를 보여주고 있다. 이는 야간 환경에서 신호등의 형태와 색상을 영상 처리만으로 획득 및 판단하기 어렵기 때문에 저조한 인식률을 보여주고 있다. 반면, 우리가 제안한 방법은 교통 신호등의 검출 영역을 영상 처리가 아닌 DGPS의 위치 정보를 이용하여 결정하기 때문에 80%에 해당하는 실험 결과를 보여주고 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 위치 정보를 이용하여 주간 및 야간 환경에서 강인한 교통 신호등 영역 검출 방법을 제안한다. DGPS와 기구축된 DB를 이용하여 교통 신호등과 차량의 비전 센서 위치 관계를 분석하고, 비전 센서에서 획득한 이미지에 교통 신호등이 위치하는 영역을 결정 및 검출한다. 제안한 방법은 야간 환경에서 발생할 수 있는 차량 후미등과 같은 검출 오류 요소들 및 가로등과 간판등의 주변 간섭 조명으로 인한 간섭에 강인한 성능을 보이고 있다.

향후 연구로서 DGPS가 아닌 보급형 GPS를 활용하여 위치 오차를 고려한 교통 신호등 영역 검출 성능을 향상시킬 수 있는 방법과 다양한 주변 간섭 요소를 고려한 영역 검출 성능 향상 방법에 대한 연구가 진행되어야 한다. 더불어 본 논문의 실험은 저층 빌딩으로 이루어진 환경에서 진행 되었다. GPS는 고층 빌딩이 많은 도심 속에서의 오차가 발생하고 이에 대한 성능 분석이 필요하다.

References

- [1] S. Thrun, M. Montemerlo, H. Dahlkamp, D. Stavens, A. Aron, J. Diebel, "Stanley: the robot that won the DARPA grand challenge," *Journal of Field Robotics*, Vol. 23, No. 9, pp. 661-692, 2006.
- [2] R.D. Charette, F. Nashashibi, "Real time visual traffic lights recognition based spot light detection and adaptive traffic lights templates," *Proceedings of IEEE Symposium on Intelligent Vehicles*, pp. 358-363, 2009.
- [3] Z. Cai, T. Li, M. Gu, "Real-time recognition system of traffic light in urban environment," *Proceedings of IEEE Symposium on Computational Intelligence for Security and Defence Applications*, pp. 1-6, 2012.
- [4] M. Omachi, S. Omachi, "Detection of traffic light using structural information," *Proceedings of IEEE International Conference on Signal Processing*, pp. 809-812, 2010.
- [5] H.K. Kim, J.H. Park, H.Y. Jung, "Vision based traffic light detection and recognition methods for daytime LED traffic light," *IEMEK J. Embed. Sys. Appl.*, Vol. 9, No. 3, pp. 145-150,

2014 (In Korean).

- [6] M. Omachi, S. Omachi, "Traffic light detection with color and edge information," Proceedings of IEEE International Conference on Computer Science and Information Technology, pp. 284-287, 2009.
- [7] R. Biswas, A. Khan, M.Z. Alom, M. Khan, "Night mode prohibitory traffic signs detection," Proceedings of IEEE International Conference on Informatics, Electronics & Vision, pp. 1-5, 2013.
- [8] J.M Mossi, A. Albiol, V.N. Ornedo, "Real-time traffic analysis at night-time," Proceedings of IEEE International Conference on Image Processing, pp. 2941-2944, 2011.
- [9] T.-P. Sung, H.-M. Tsai, "Real-time traffic light recognition on mobile devices with geometry-based filtering," Proceedings of International Conference on Distributed Smart Cameras, pp. 1-7, 2013.
- [10] N. Fairfield, C. Urmson, "Traffic light mapping and detection," Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 5421-5426, 2011.
- [11] J. Levinson, J. Askeland, J. Dolson, S. Thrun, "Traffic light mapping, localization, and state detection for autonomous vehicles," Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 5784-5791, 2011.
- [12] G. Yang, G. Lee, "The detection of signals for auto navigation," Proceedings of Institute of Electronics Engineers of Korea Fall Conference, pp. 1456-1459, 1996 (In Korean).

Changhwan Choi (최창환)



He received the MS degree in Information and Communication Engineering from Yeungnam University, Gyeongsan, Republic of Korea, in 2015. His research interests include Mobile communication, Location Based Service(LBS), Embedded Software systems.
Email: fly_ch@ynu.ac.kr

Kook-Yeol Yoo (유국열)



He received the B.S. degree in Electronics Engineering from KNU in 1991, and the M.S. and Ph.D. degrees in EE from KAIST (Korea Advanced Institute of Science and Technology), in 1993 and 1998, respectively. From 1998 to 2001, he was a senior engineer of the Samsung electronics, and was engaged in the R&D on visual communication systems. He is with the School of EECS at Yeungnam University since 2001. Now he is an associate professor. He is a director of KISTI society. His research interests are video compression and visual communication over mobile network and Internet.
Email: kyoo@yu.ac.kr

Yongwan Park (박 용 완)



He received the MS and Ph.D. degrees in Electrical Engineering from State University of New York at Buffalo, USA in 1989 and 1992.

He joined the California Institute of Technology as a research fellow from 1992 to 1993. From 1994 to 1996, he has served as a chief researcher for developing IMT-2000 system at SK Telecom, Korea. Since 1996, he has been a professor of information and communication engineering at Yeungnam University, Korea. From January to February of 2000, he was an invited professor at NTT DoCoMo Wireless Lab., Japan. He was also a visiting professor at UC Irvine, USA in 2003. From 2008 to 2009 he served as a director of Technology Innovation Center for wireless multimedia by Korean government. Since 2009, he has been a president of IT Convergence Industry Technology Gyeongbuk, Ins., Korea. From 2013 to 2015, he was a Service Subcommittee Chair at 5G Forum, Korea. His current research areas of interest includes beyond Mobile Communication, Telematics, location-based services in wireless communication, etc.

Email: ywpark@yu.ac.kr