

조도를 고려한 표지판 인식

Traffic Sign Recognition Considering the Intensity of Illumination

차 연 화¹, 전 창 목[†], 권 태 범², 강 성 철³

YeonHwa Cha¹, Changmook Chun[†], Tae-Bum Kwon², Sungchul Kang³

Abstract Recognition of traffic signs helps an unmanned ground vehicle to decide its behavior correctly, and it can reduce traffic accidents. However, low cost traffic sign recognition using a vision sensor is very difficult because the signs are exposed to various illumination conditions. This paper proposes a new approach to solve this problem using an illuminometer which detects the intensity of illumination. Using the intensity of illumination, the recognizer adjusts the parameters for image processing. Therefore, we can reduce the loss of information such as the shape and color of traffic signs. Experimental results show that the proposed method is able to improve the performance of traffic sign recognition in various weather and lighting conditions.

Keywords: Traffic Sign Recognition, Intensity of Illumination, Unmanned Ground Vehicle, Navigation

1. 서론

대부분의 교통 사고는 운전자의 잘못된 인지와 판단에 의해 발생된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 advanced driver assistance systems(ADAS) 연구가 시작되었다. 오늘날 이 시스템은 운전자의 실수를 감소시켜 운전자 본인 뿐 아니라 타 운전자와 보행자의 안전에 모두 기여하고 있다. 교통 표지판에 대한 인식 또한 ADAS 기능 중의 하나로 운전자의 안전 운행을 돕는다^{1,2}. 본 연구는 무인 자동차를 플랫폼으로 한다. 따라서 운전자의 잘못된 인지와 판단이라는 문제는 발생하지 않지만 운전자가 할 수 있는 인지를 대신할 교통 표지판 인식 기능이 필요하다.

본 연구에서는 단순히 운전자에게 위험, 안내, 경고의 역할을 하는데 사용 되었던 표지판 인식 기능을 무인 자동차의 주행에 활용함으로써 사람이 타고 있지 않아 발생할 수 있는 위험을 감소시키려 한다². 여기서 인식 대상이

되는 표지판은 제한 속도 표지판과 정지 표지판으로 안전 운행에 중요한 역할을 하는 표지판이다. 제한 속도 표지판은 자동차의 주행속도를 결정하는데 활용된다. 그리고 정지 표지판은 속도를 줄여야 하는 구간내에서 활용함으로써 주행의 안정성을 높인다.

교통표지판 인식은 실외에서 이루어지기 때문에 빛과 그림자의 영향을 많이 받는다. 따라서 빛과 그림자의 영향력을 최소화하는 과정이 필요하다. 기존의 연구를 통해 제시된 빛의 영향력을 감소시키기 위한 방법 중 하나는 RGB 색깔 영역을 빛의 영향력에 강인한 HSV와 YUV 색깔 영역으로 바꾸는 것이다³. 그러나 이 방법은 여전히 빛과 그림자에 의한 영상의 손상문제를 해결하지 못한다. 뿐만 아니라 빨간색 표지판 추출시 햇빛을 붉은색으로 인식함으로써 표지판 이외의 불필요한 영역이 추출된다는 단점을 가지고 있다. 따라서 손실된 영상에 대한 복원 알고리즘이 필요하고, 영상 내에서 필요한 정보만을 추출해 내는 것이 어렵다.

빛의 영향력을 감소시키기 위한 또 다른 방법으로는 그림 1과 같이 region growing 알고리즘을 사용하여 빛과 그림자에 의해 손실된 정보를 복원하는 것이다⁴. 그러나 이 방법은 빛과 그림자의 영향을 받아 손실된 정보에 대한

Received : Jan. 21. 2011; Reviewed : May. 04. 2011; Accepted : May. 04. 2011

※ 본 연구는 지식경제부 산업원천기술개발사업의 일환으로 수행하였음.
[10035354, 실외환경에 강인한 도로기반 저가형 자율주행기술 개발]

[†] 교신저자 : 한국과학기술연구원 인지로봇센터 연구원.

¹ 연세대학교 컴퓨터과학과 석사과정

² 한국과학기술연구원 인지로봇센터 Post Doc.

³ 한국과학기술연구원 인지로봇센터 책임연구원

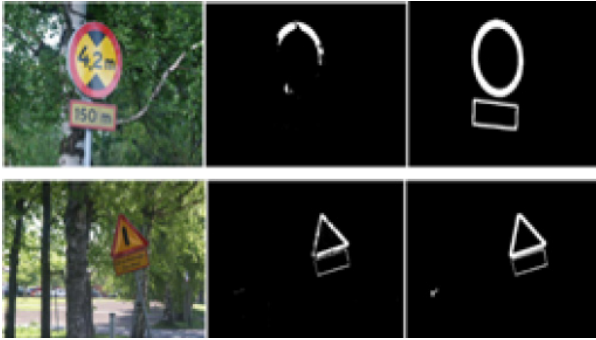


그림 1. 빛과 그림자에 의해 손실된 정보를 region growing 알고리즘을 사용하여 복원한 영상

복원이기 때문에 손실 정보량이 많을수록 연산량이 많아지는 단점이 있다.

본 논문에서는 기존의 방법에서 제시되었던 햇빛에 의한 불필요한 정보의 추출과 복원할 정보의 손실을 감소시키기 위한 방법으로 조도를 고려한 영상처리방법을 제시한다. 조도는 단위 면적이 단위 시간에 받는 빛의 양이다. 각기 다른 날씨와 다른 시간대에 조도를 측정하면 날씨에 따

른 빛과 그림자의 영향을 정량화 할 수 있다. 따라서 측정된 조도를 기준으로 색깔 정보 추출시 사용되는 이진화 임계값을 달리 함으로써 햇빛에 의해 발생했던 불필요한 정보를 제거할 수 있고, 표지판 인식 과정에서 pictogram에 대한 이진화 임계값을 달리 함으로써 손실 정보를 최소화하고 복원과정에서의 연산량을 줄일 수 있다.

본 논문은 다음과 같이 구성되었다. 2장에서는 표지판의 색깔, 모양 정보를 추출하여 탐지하는 방식을 서술하고, 조도가 어떻게 영향을 미치는지를 서술한다. 3장에서는 표지판의 의미를 나타내는 pictogram 정보를 인식할 때 조도가 어떻게 영향을 미치는지를 설명한다. 4장에서는 제안한 방법의 성능과 유용성을 실험을 통하여 보인다. 마지막으로, 5장에서는 본 연구의 결론과 향후 연구과제를 언급한다.

2. 조도를 고려한 관심 영역 추출

일반적으로 표지판은 한정된 색깔과 모양을 가지고 있기 때문에, 표지판의 색깔과 모양 정보를 활용하면 이미지에서 표지판이 들어있는 관심 영역 (ROI, region of interest)을 찾기가 쉽다^[5]. 그러나 동일한 색깔도 빛의 양에 따라 다르게 인식될 수 있고 모양 또한 그림자 때문에 형태가 일그러지거나 손상될 수 있다. 이러한 빛에 의한 정보 손상 문제를 해결하기 위해 기존의 연구들은 빛의 영향을 덜 받는 색깔 영역을 사용하거나 복원 알고리즘을 사용하였다. 하지만 본 연구에서는 조도 정보를 활용한다.

2.1 빨간색 채널을 강조한 단색 이미지 추출

표지판은 빨간색, 파란색, 노란색의 한정된 색깔을 갖는다. 본 연구에서는 빨간색 표지판만을 실험 대상으로 한다. 따라서 입력 영상의 모든 픽셀들에 대하여 빨간색, 녹색, 파란색으로 채널 별 강도를 분리해 낸다. 영상의 i 번째 픽셀이 갖는 빨간색, 녹색, 파란색 강도가 각각 R_i, G_i, B_i 라 하면, 아래의 식에 의하여 각 픽셀마다 빨간색 채널이 강조된 단색 이미지(GSVred; gray scaled value)를 얻는다^[2].

$$GSV_{red} = 2R_i - G_i - B_i \quad (1)$$

2.2 빨간색 채널이 강조된 단색 이미지의 이진화

빨간색 채널이 강조된 단색 이미지는 동일한 장소에서 얻은 이미지임에도 불구하고 조도에 따라 빨간색 채널이 강조된 영역이 차지하는 정도가 다르다; 구체적으로, 조도

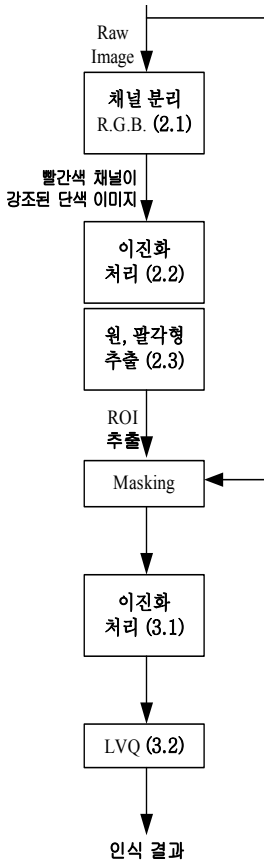


그림 2. 알고리즘 흐름도

가 높을수록 빨간색 채널이 강조된 단색 이미지가 차지하는 비율이 높다. 이것은 필요한 정보인 표지판의 빨간색 영역뿐 아니라 빛에 의한 영역까지 함께 추출했기 때문이다. 따라서 빨간색 채널이 강조된 단색 이미지를 이진화한 후 손실된 정보에 대해 영상 복원을 할 때, 햇빛에 의한 빨간색 영역까지 복원함으로써 불필요한 영역까지 복원할 가능성이 높다. 이러한 문제를 해결하기 위해 기존의 연구들은 Otus의 임계값 알고리즘^[7], adaptive thresholds를 이용한 segmentation 방식^[8] 등의 능동적인 임계값 결정 방법들을 제시하였다. 하지만 위의 방식들은 표지판에 해당하는 색깔 영역이 주변환경과 확실히 구별될 것이라는 가정하에 제시한 방법이다. 본 연구의 실험 환경에서 Otus의 임계값 알고리즘을 적용할 경우 표지판영역이 아닌 영역을 확실한 표지판 탐지 영역으로 정하고 Otus의 임계값을 적용하는 경우 표지판 영역이 사라지는 문제가 발생할 수 있다. 그리고 adaptive thresholds를 이용한 segmentation 방식은 표지판 영역에 해당하는 픽셀개수가 일정 범위 안에 존재한다는 가정하에 적당한 임계값을 설정한 방법이다. 이 임계값은 조도에 따라 달라질 수 있다. 본 연구에서는 날씨와 시간대에 따라 달라지는 조도를 측정 한 후, 영상에서 표지판 영역을 추출하는 임계값을 설정하기 위한 기준으로 사용하여, 빨간색 채널이 강조된 단색 이미지를 이진화함으로써 좀더 효율적으로 표지판 영역을 탐지하고자 한다.

그림 3의 (a)와 (b)는 각각 맑은 날과 흐린 날 실험구간 내에서 도로를 따라 이동하며 측정 한 조도다. 그림3에서도 쉽게 알 수 있듯이 흐린 날과 맑은 날의 조도는 확연히 구별되어 나타남을 확인할 수 있다. 맑은 날과 흐린날 측정 한 조도의 평균은 각각 45.34kLux와 3.15kLux이다. 그림 3과 같이 각기 다른 날씨환경에서 조도가 다른 것으로 날씨에 따라 불필요한 빨간색 채널이 강조된 단색이미지의 정도를 판단할 수 있다.

그림 4(a)는 맑은 날의 입력 영상이고 그림 4(b)는 흐린 날의 입력 영상이다. 이들 각각 영상을 식 (1)을 이용하여 빨간색 채널이 강조된 단색이미지로 변환하면그림 4(c)와 그림 4(d)를 얻을 수 있다. 그림에서 알 수 있듯이 그림 4(c)영상의 밝은 부분이 그림 4(d)의 밝은부분보다 차지하는 비율이 높다. 즉, 맑은 날의 영상이 빛의 영향으로 더 많은 빨간색 영역을 가진다. 위의 결과에 대해 손상된 영역들을 복원시킨 결과로 그림 4(e)와 그림 4(f)를 얻었다. 실험 중 그림 4(e)는 처리 이전영상에서 빛의 영향을 받아

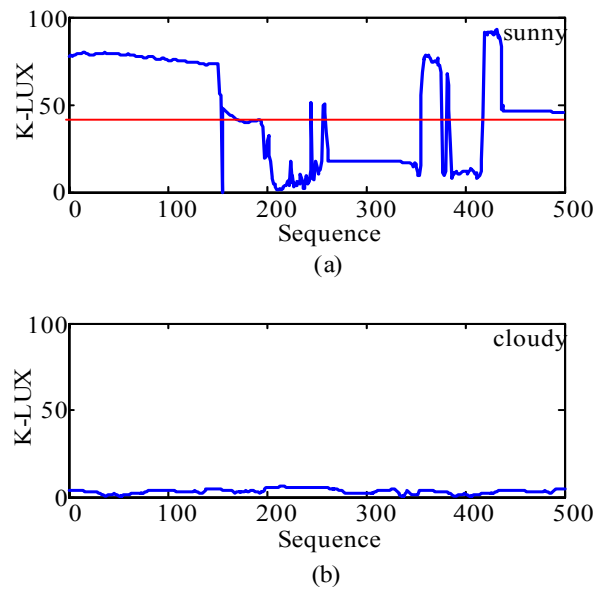


그림 3. 조도 비교: (a) 맑은 날의 조도, (b) 흐린 날의 조도, 가로축은 실험 구간에서 이동하며 측정 한 횟수.

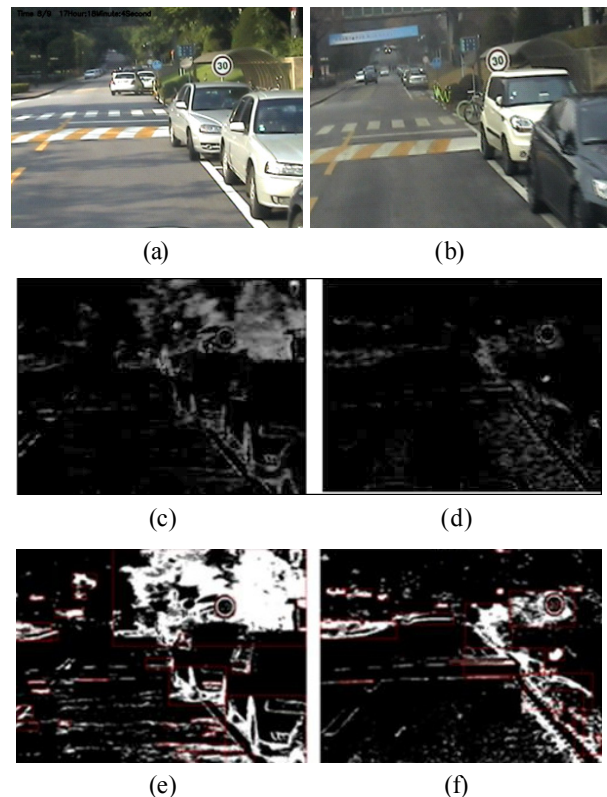


그림 4. (a) 맑은 날의 입력 영상, (b) 흐린 날의 입력 영상, (c) (a) 영상에서 빨간색 채널을 강조한 단색 이미지, (d) (b)영상에서 빨간색 채널을 강조한 단색 이미지, (e) (c)영상을 이진화 시킨 영상, (f) (d)영상을 이진화 시킨 영상.

빨간색 영역이 많아짐으로써 불필요한 영역까지 복원되어 표지판 주변으로 불필요한 정보들이 많이 생긴 것을 확인할 수 있다. 그에 비해 그림 4(f)는 다소 불필요한 영역의 복원이 4(e)에 비해 적음을 확인할 수 있다.

그림 5는 그림4(e)에서 햇빛에 의해 발생한 불필요한 영역의 복원 문제를 해결하기 위해, 이진화 과정에서 높은 이진화 임계값을 적용한 결과이다. 그림 5를 그림4(e)와 비교하면 이진화 임계값을 높임으로써 빛에 의해 생긴 불필요한 영역이 많이 제거된 것을 확인할 수 있다.

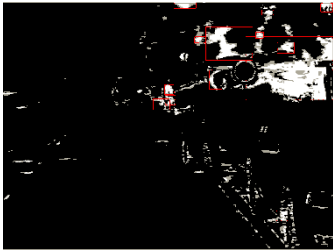


그림 5. 그림 4(c)와 동일한 환경에서 이진화 임계값을 높인 영상.

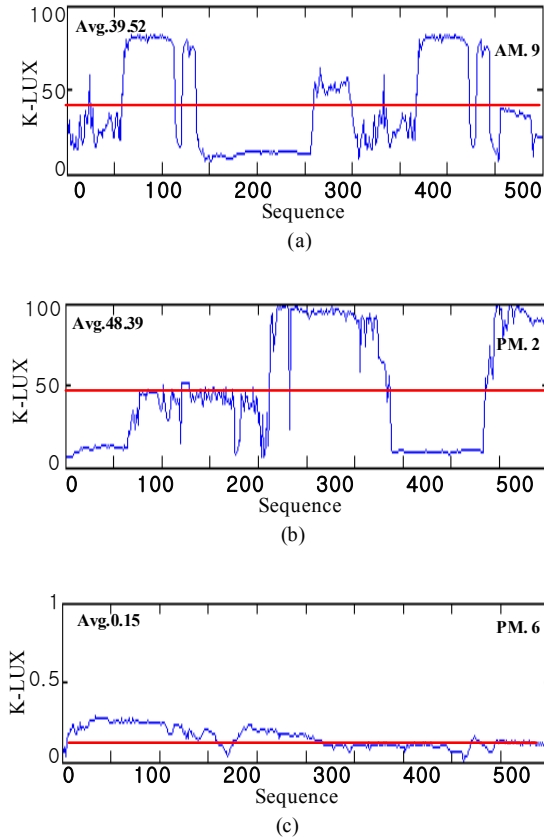


그림 6. 조도 비교: (a) 아침(AM. 9)시간대의 조도, (b) 점심(PM. 2) 시간대의 조도, (c) 저녁(PM 6)시간대의 조도, 가로축은 실험 구간에서 이동하며 측정된 횟수.

그림 6의 (a) (b) (C)는 아침, 점심, 저녁 시간 실험구간 내에서 도로를 따라 이동하며 측정된 조도다. 그림 6에서도 쉽게 알 수 있듯이 아침, 점심, 저녁 시간대에 따라 조도가 다르다는 것을 알 수 있다. 아침, 점심, 저녁을 기준으로 측정된 조도의 평균은 각각 39.52kLux, 48.39kLux, 0.15kLux이다. 그림 6과 같이 각기 다른 시간대에서 조도가 다른 것을 근거로 불필요한 빨간색 채널이 강조된 단색 이미지의 정도를 판단할 수 있다.

그림 7 (a)는 아침 시간, (b)는 점심 시간, (c)는 저녁 시간의 입력 영상을 동일한 이진화 임계값 1을 적용하여 빨간색 채널이 강조된 단색 이미지를 이진화한 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 아침, 점심, 저녁 시간대에 동일한 이진화 임계값을 적용했을 때 빨간색 채널이 강조된 단색 이미지의 정도가 다른 것을 확인할 수 있다. 따라서 조도를 기준으로 이진화 임계값을 달리 적용하면 불필요한 영역의 이진화를 줄일 수 있다.

그림 8은 조도에 따른 최적의 이진화 임계값을 나타내는 그래프이다. 위의 그래프를 얻기 위해서 일기 예보 상

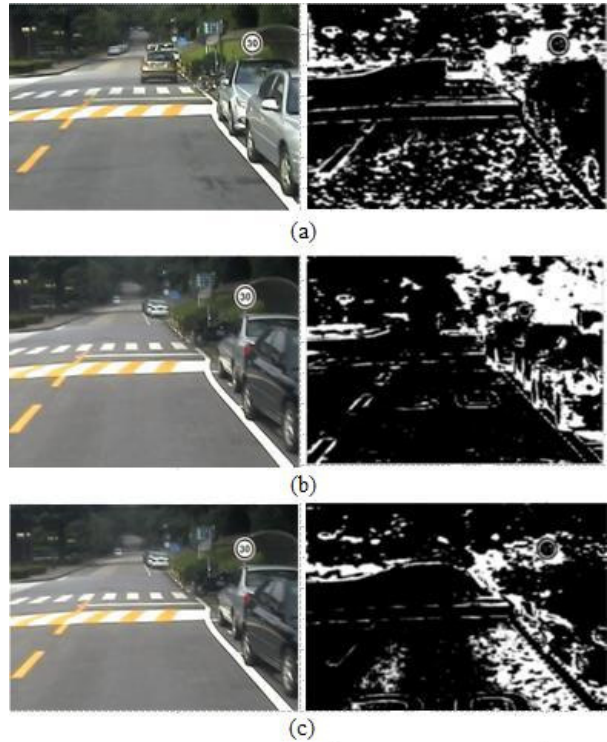


그림 7. (a) 아침(AM. 9)시간대의 영상에서 빨간색 채널을 강조한 단색 이미지, (b) 점심(PM. 2)시간대의 영상에서 빨간색 채널을 강조한 단색 이미지, (c) 저녁(PM 6)시간대의 영상에서 빨간색 채널을 강조한 단색 이미지

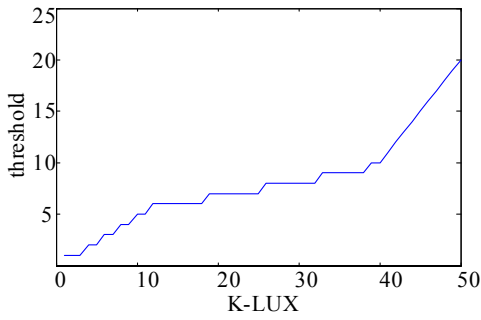


그림 8. 조도에 따른 빨간색 채널이 강조된 단색이미지를 이진화하는 임계값.

에 흐린 날과 맑은 날로 나타나는 각각의 10날과 맑은 날이라 대표되는 10날의 아침, 점심, 저녁 시간대를 선정하여 실험 구간내에서의 조도를 측정하고 표지판 영역이 손상되지 않으면서 이진화 결과영상의 빨간색 영역의 픽셀 수가 최소가 되는 임계값을 찾았다. 그리고 나서 각각의 입력 프레임에서의 조도와 임계값을 매칭시킨 후 평균값을 구하여 얻은 그래프이다. 위의 그래프 결과를 바탕으로 붉은 색 영역의 그레이 스케일영상을 이진화하는 임계값을 측정한 조도에 따라 달리 적용한다. 그러면 색깔 정보의 추출에서 불필요한 영역의 생성을 최소화할 수 있고, 이진화된 영상에서 표지판의 모양을 찾기 위해 비교 매칭할 labeling 영역들을 줄여 연산량을 줄일 수 있다.

2.3 원형율과 팔각율에 의한 영역 추출

본 연구에서 대상으로 삼은 표지판의 형상은 원형과 팔각형이다. 따라서 ROI 영역 내에서 원과 팔각형에 대한 모양 정보를 매칭하여 원 또는 팔각형이 아닌 영역을 걸러냄으로써 연산량을 줄일 수 있다. 본 연구에서 shape measure 방법을 사용하여 원과 팔각형을 찾는다⁹⁾.

우선, Affine moment invariants 공식에 의해 영차 중심 모멘트(zero order central moment) μ_{00} 와 이차 중심 모멘트(second order central moment) $\mu_{20}, \mu_{02}, \mu_{22}$ 을 구한 후 다음 식과 같이 어파인 모멘트(affine moment) I_1 를 구한다⁹⁾.

$$I_1 = (\mu_{20}\mu_{02} - \mu_{11}^2) / \mu_{00}^4 \quad (2)$$

식(2)에서 얻은 어파인 모멘트 I_1 과 원주율 π 를 이용하여 다음과 같이 원형률 E 를 구한다.

$$E = \begin{cases} 16\pi^2 I_1, & \text{if } I_1 \leq 1/(16\pi^2) \\ 1/(16\pi^2 I_1), & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

원형률 E 는 도형이 얼마나 원에 가까운지를 나타내는 정도로, $0 \leq E \leq 1$ 이며 1에 가까울수록 도형이 진원에 가깝다. 팔각율 O 또한 위의 식 (2)에서 얻은 어파인 모멘트 I_1 과 원주율 π 를 이용하여 다음 식과 같이 구한다.

$$O = \begin{cases} 15.932\pi^2 I_1, & \text{if } I_1 \leq 1/(15.932\pi^2) \\ 1/(15.932\pi^2 I_1), & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

팔각율 O 는 도형이 얼마나 팔각형에 가까운지를 나타내는 정도로, $0 \leq O \leq 1$ 이며 1에 가까울수록 도형이 정팔각형에 가깝다.

위의 shape measure 방법으로 이진 영상에서 표지판 모양과 크기에 해당하는 원과 팔각형을 찾아냄으로써 입력 영상에서 표지판에 해당하는 탐지 영역의 좌표값을 찾을 수 있다.

3. 조도를 고려한 표지판 인식

표지판을 인식하는 방법에는 학습을 통해 표지판에 대한 데이터베이스를 수집하고 SVM(support vector machine) 분류기로 해당 표지판을 찾는 방법⁵⁾, 템플릿 매칭을 통해 일치하는 표지판을 찾는 방법²⁾ 등이 있다. 2장에서 설명한 방법으로 찾은 탐지 영역의 좌표값을 이용하여 입력 영상에서 표지판 영역만을 추출한다. 대부분 표지판의 의미는 검은색 글자나 그림으로 표시되어 있다. 따라서 입력영상의 탐지영역만을 이진화시키면 의미를 얻을 수 있다. 그리고 그 의미를 파악하기 위해 문자인식 알고리즘으로 사용되는 LVQ(learning vector quantization) 알고리즘을 사용하였다^{9),10)}.

3.1 조도를 고려한 표지판 탐지영역의 이진화

인식 알고리즘을 사용하기에 앞서 입력 영상으로부터탐지영역에 해당하는 영역을 추출하여 이진화 했을 때,조도에 따라 다른 결과가 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

그림 9는 흐린 날에 추출한 탐지영역에 맑은 날과 동일한 이진화 임계값을 적용한 결과이다. 그림9에서 알 수 있듯이 숫자 2를 따로 추출해 낼 수 없을 정도로 숫자 2와 0이 붙어 있는 것을 확인할 수 있다. 따라서 흐린 날에 들어온 입력 영상은 흐린 날의 조도를 고려하여 임계값을 결정함으로써 위의 문제를 해결할 수 있다.즉 빛의 양에 따라 원본 영상의 ROI 영역의 이진화 임계값이 달라야 한다는 것을 알 수 있다. 따라서 여러 번의 실험을 통해

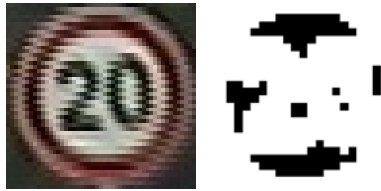


그림 9. 조도의 영향으로 영상이 제대로 출력되지 않은 경우 (이진화 임계값: 180, 평균 조도: 31.5kLux).

ROI 영역내의 흑백 영상의 이진화 임계값을 달리 해주며 각각의 날씨에 대한 적당한 임계값을 찾았다.

그림 10은 실험을 통해 각각의 조도에 따른 이진화 임계값을 그래프로 나타낸 것이다. 위의 그래프 결과를 바탕으로 조도에 따라 표지판의 의미에 대한 이진화 임계값을 달리 적용한다. 그러면 그림 9에서와 같은 표지판의 의미 추출의 어려움을 해결할 수 있다. 그림 11는 그림 10의 그래프를 바탕으로 흐린 날의 이진화 임계값 90을 적용하여 얻은 영상이다. 그림에서 알 수 있듯이 숫자 2와 0이 분리되어 문자 인식을 통하여 의미를 쉽게 파악할 수 있다.

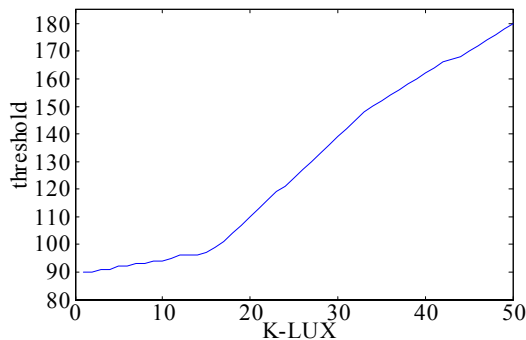


그림 10. 조도에 따른 원본이미지의 ROI 영역에 대한 이진화 임계값.

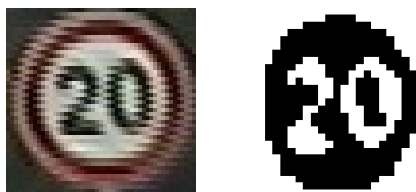


그림 11. 그림 8과 동일한 영상에 대해 다른 임계값을 적용한 경우 (이진화 임계값: 90, 평균 조도: 45kLux).

3.2 LVQ 알고리즘을 이용한 표지판 인식

위와 같이 표지판의 의미에 대한 이진화 결과를 얻은 후 LVQ 알고리즘을 이용하여 의미를 파악하였다. LVQ 알고리즘은 필기체 인식에 활용되는 알고리즘이다. 필기체는

사람에 따라 각기 다른 형태를 갖는다. 즉 정형화된 형태가 아니어도 글자를 어느 정도 정확히 인식할수 있는 장점이 있다. 따라서 빛과 그림자에 의해 손실된 표지판의 숫자 인식에 적합한 알고리즘이라 할 수 있다.

LVQ 알고리즘에서는 먼저 초기 학습률 α_0 과 현재 반복횟수 τ , 전체 반복횟수 T 를 이용하여 다음 식과 같이 학습률 α_t 를 구한다.

$$\alpha_t = \alpha_0 \left(1 - \frac{\tau}{T}\right) \quad (5)$$

입력패턴 X_k 와 가장 유사한 참조패턴 V_p 에 대하여, 입력패턴 X_k 과 같은 부류일 경우 다음 식을 이용하여 참조패턴 V_p 를 입력패턴 X_k 과 더욱 가깝게 수정한다.

$$v_{p,t+1} = v_{p,t} + (x_k - v_{p,t}) \quad (\alpha_t > 0) \quad (6)$$

반면에 입력패턴 X_k 과 다른 부류일 경우 다음 식과 같이 입력 패턴 X_k 과 더욱 멀어지도록 조정한다.

$$v_{p,t+1} = v_{p,t} - \alpha_t (x_k - v_{p,t}) \quad (\alpha_t > 0) \quad (7)$$

그림 12은 LVQ 알고리즘을 이용하여 표지판의 의미를 추출한 결과이다. 제한 속도 표지판의 경우 2개의 숫자로 구성된다. 제한 속도 표지판의 경우 2개의 숫자로 구성된다. 제한 속도 표지판의 두 숫자 중 뒤의 것은 '0'으로 동일하므로 첫 번째 글자를 인식하여 표지판의 의미를 파악한다. 따라서 여러 번의 실험을 통해 제한 속도 표지판의 앞 숫자에 대한 16x16 픽셀 크기의 정형화된 데이터베이스를 획득한다. 그리고 LVQ 알고리즘을 이용하여 입력된 영상

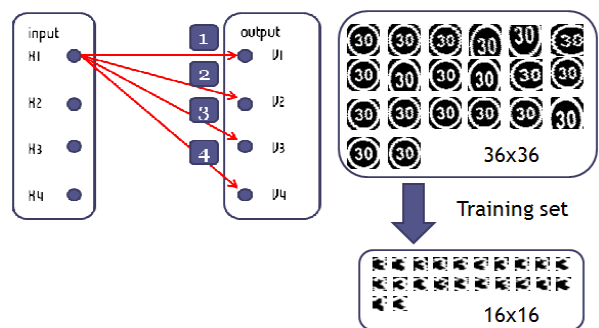


그림 12. 제한 속도 30표지판에 대해 실험을 통해 얻는 데이터베이스

과 데이터베이스를 비교하여 표지판의 의미를 파악한다.

4. 실험 결과

4.1 실험 구성

제안한 방법을 이용한 실제 표지판 인식실험을 수행하기 위해 본 연구에서는 그림 13(a)의 무인 주행 차량을 이용하였다. 본 연구에서는 줌 기능이 있는 Samsung의 고해상도 WDR(wide dynamic range) 카메라 SHC-735 모델을 사용하였다. 카메라의 줌 기능이 필요한 이유는 차량이 표지판의 지시에 따라 안전하게 대응할 수 있는 충분한 거리에서 표지판을 인식하기 위함이다. 카메라의 위치는 대부분의 표지판이 도로의 오른쪽에 위치해 있음을 고려하여 그림 13(b)와 같이 자동차의 오른쪽 측면에 설치하였다. 그리고 조도계는 그림 13(c)의 DT-8808A 모델을 사용하였다.

그림 14는 실험에 사용한 무인 자동차의 속도 범위인 1m/s ~ 5m/s에서 여러 번의 실험을 통해 얻은 정지 거리이다. 무인 차량 정지 거리는 주행 중 전방의 위험상황을 발견하고 브레이크를 밟아 실제 제동이 걸리기 시작할 때까지 진행한 거리(공주거리)와 제동거리합으로 이루어진다. 따라서 그림 13의 실험 결과를 바탕으로 최대 정지 거리를 12m로 설정하여 표지판으로부터 12m 거리에서 표지판을 인식하도록 했다.

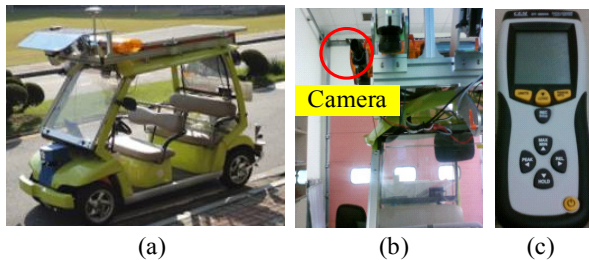


그림 13. 실험장치 구성: (a) 무인차량, (b) 카메라, (c) 조도계.

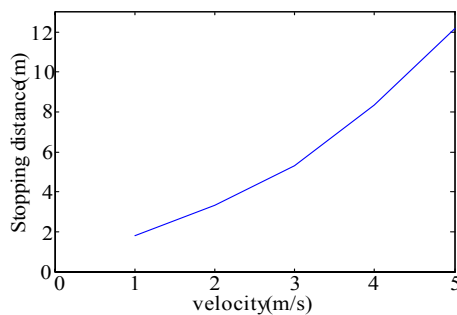


그림 14. 차량의 속도에 따른 정지 거리.

4.2 날씨 변화에 따른 실험 결과

동일한 환경 동일한 장소에서 각기 다른 날씨에 표지판 인식 실험을 하였다. 그림 15는 실험 대상이되었던 표지판의 예를 보여 준다.

표 1은 흐린 날과 맑은 날에 대해 조도를 측정 한 후 제안한 방법대로 표지판 탐지와 표지판 인식을 한 결과와 맑은 날 흐린 날에 관계없이 흐린 날의 이진화 임계값을 동일하게 적용한 결과를 비교한 표이다. 조도를 고려한 경우는 다양한 날씨와 밝기 조건에서 가변적인 이진화 임계값을 미리 설정하였기 때문에 날씨에 관계없이 매우 높은 인식 정확도를 가진다. 하지만 조도를 고려하지 않은 경우는 조도를 고려한 경우에 비해 인식률이 낮은 것을 확인할 수 있다.



그림 15. (a) 맑은 날 인식 대상 표지판 (b) 흐린 날의 인식 대상 표지판.

표 1. 다른 날씨에서 측정 한 결과: 조도를 고려하여 임계값을 적용한 표지판 인식과 조도를 고려하지 않은 임계값을 적용한 표지판 인식 결과

	True Positive	False Positive	False Negative
조도를 고려한 임계값 적용	90.30 %	32.55 %	83.28%
조도를 고려하지 않은 임계값 적용	87.61%	36.20%	70.22%

4.3 시간 변화에 따른 실험 결과

동일한 환경 동일한 장소에서 각기 다른 시간대에표지 판 인식 실험을 하였다. 표2는 조도를 고려한 결과와 조도를 고려하지 않은 경우 인식률 차이를 보여주는 표이다. 시간대에 따른 조도를 고려하여 임계값을 적용한 경우의 정확도가 조도를 고려하지 않은 경우보다 높음을 확인할 수 있다.

표 2. 다른 시간대에서 측정된 결과: 조도를 고려하여 임계값을 적용한 표지판 인식과 조도를 고려하지 않은 임계값을 적용한 표지판 인식 결과

	True Positive	False Positive	False Negative
조도를 고려한임계 값 적용	89.30%	33.56%	73%
조도를 고려하지 않은 임계값 적용	86.61%	35.28%	71.23%

5. 결론

카메라는 저가의 인식 센서로서 많이 활용되고 있다. 하지만 실외 환경에서 사용할 때 빛과 그림자에 매우 약하다는 단점을 가지고 있다. 본 연구에서는 각기 다른 날씨에서 빛과 그림자의 영향을 조도의 크기로 예측하였다. 그리고 실제 환경에서의 여러 실험을 통해 얻은 조도를 바탕으로 이진화 임계값을 각기 달리 적용함으로써 빛의 영향력을 낮출 수 있다는 가능성을 확인했다. 또한 본 연구에서는 필기체 문자 인식에 활용되는 LVQ 알고리즘을 속도 제한 표지판에서 숫자를 인식하는데 활용함으로써 빛과 그림자에 의해 숫자가 약간 손실된 경우에도 인식이 가능함을 확인하였다.

본 연구에서는 측정된 조도를 활용하여 영상처리에서의 조명의 영향을 감소시키는 방법을 제안하였지만, 맑은 날과 흐린 날을 평균 조도로 일반화 시켜정의 내리고 그 값을 바탕으로 색깔영역과 ROI 영역에서 추출한 pictogram에 대한 이진화 값을 결정했기 때문에 급격한 날씨변화에는 대응하기가 어렵다는 단점이 있다. 따라서 추후 연구에서 이에 대한 문제를 해결해야 할 필요성이 있다.

참고문헌

[1] J.-M. Armingol, J.-P. Carrasco, and J.-M. Collado, Autonomous Robots Research Advances, Nova

Science Publishers, 2008.

[2] J.-P. Carrasco, “Advanced Driver Assistance System based on Computer Vision using Detection, Recognition and Tracking of Road Sign”, thesis doctoral, Universidad Carlos III DE Madrid, 2009.

[3] W. G. Shadeed, D. I. Abu-Al-Nadi, and M. J. Mismar, “Road traffic sign detection in color images”, Proc. of IEEE International Conference on Electrics, Circuits, and Systems, Sharjah, United Arab Emirates, 2003.

[4] H. Fleyeh, “Shadow and Highlight Invariant Colour Segmentation Algorithm for Traffic Signs”, Proc. of IEEE International Conference on Cybernetics and Intelligent Systems, Bangkok, Thailand, 2006.

[5] C. Bahlmann, Y. Zhu, and V. Ramesh. “A system for Traffic Sign Detection, Tracking, and Recognition Using Color, Shape, and Motion Information” Proc. of Intelligent Vehicles Symposium, pp 255-260, 2005.

[6] D.-L. Escalera, J.-M. Armingol, and M. Mata, “Traffic sign recognition and analysis for intelligent vehicles”, Image and vision computing, Vol.21, pp.247-258, 2003.

[7] M. HuAn, S. Zhu and K. Chen. “An Effective Method for Traffic Signs Segmentation”, Proc. of IEEE International Conference on Intelligent Human System and Cybernetics, 2009.

[8] C. Liao, T.-T. Zin, T. Kaneko and H. Hama, “Robust segmentation of road traffic signs using adaptive thresholds”, IEICE Electronics Express, 2005.

[9] H. Fleyeh, “Traffic and Road Sign Recognition”, thesis doctoral, Napier University, 2008.

[10] D.-H. Kim, M.-K. Kang, and E.-Y. Cha, “퍼지 멤버쉽 함수로 최적화된 LVQ를 이용한 패턴 분류 모델”, 정보과학회논문지, Vol.29, pp 573-583, 2002.



차 연 화

2010 숭실대학교 정보통신전
자공학부 (공학사)
2010~현재 연세대학교 컴퓨
터과학과 석사과정
2010~현재 한국과학기술연구원
인지로봇센터 학생연구원

관심분야 : Computer vision, Pattern Recognition



전 창 목

- 1997 서울대학교 기계설계학과(공학사)
- 1999 서울대학교 기계설계학과 (공학석사)
- 2005 서울대학교 기계항공공학부 (공학박사).

2006~2010 KIST 연구원

2011~현재 한국과학기술연구원 인지로봇센터 선임 연구원.

관심분야: 확률 비선형 시스템, 추정이론, 무인자율주행



강 성 철

- 1989 서울대학교 기계설계학과 (공학사)
- 1991 서울대학교 기계설계학과 (공학석사)
- 1998 서울대학교 기계설계학과 (공학박사)

1991~1999 한국과학기술연구원 휴먼로봇연구센터 연구원.

1999~2000 일본 기계기술연구소(MEL) 로봇연구부 박사후 연구원.

1999~2005 한국과학기술연구원 선임연구원

2005~현재 한국과학기술연구원 책임연구원

관심분야: 지능형 dependable 매니플레이션, 위험 작업용 필드 서비스로봇, Haptic interface.



권 태 범

- 2003 고려대학교 기계공학과 (공학사)
- 2009 고려대학교 기계공학과 (공학박사)
- 2010 한국과학기술연구원 인지 로봇센터 박사 후 연구원

관심분야: 이동로봇의 지도 작성 및 위치추정, 실외주행