

# 연결 성분 분석과 크기 정규화를 이용한 도로 노면 표시와 숫자 인식

정민철<sup>\*†</sup>

<sup>\*\*</sup>상명대학교 전자공학과

## Recognition of Road Surface Marks and Numbers Using Connected Component Analysis and Size Normalization

Min Chul Jung<sup>\*†</sup>

<sup>\*†</sup>Dept. of Electronic Engineering, Sangmyung University

### ABSTRACT

This paper proposes a new method for the recognition of road surface marks and numbers. The proposed method designates a region of interest on the road surface without first detecting a lane. The road surface markings are extracted by location and size using a connection component analysis. Distortion due to the perspective effect is minimized by normalizing the size of the road markings. The road surface marking of the connected component is recognized by matching it with the stored road marking templates. The proposed method is implemented using C language in Raspberry Pi 4 system with a camera module for a real-time image processing. The system was fixedly installed in a moving vehicle, and it recorded a video like a vehicle black box. Each frame of the recorded video was extracted, and then the proposed method was tested. The results show that the proposed method is successful for the recognition of road surface marks and numbers.

**Key Words** : Road surface marking recognition, Connected component analysis, Size normalization, Template matching

### 1. 서 론

도로 노면 표시는 차량 운전자에게 교통의 원활한 소통과 교통 안전을 위한 정보를 전달하기 위해 주로 흰색으로 글자 또는 기호를 도로 바닥 위에 그린 것이다. 주행 중인 차량의 전면에 보이는 3 차원 세계는 운전자의 눈에는 2 차원적으로 보인다. 이를 뇌에서 3 차원으로 재구성하여 중앙 부분의 작고 다소 흐리게 보이는 것은 멀고, 가장 자리의 크게 보이는 것은 가까운 것으로 거리감을 느낀다. 이러한 원근 효과에 의해 도로 노면 표시도 전방 중앙에 가까울수록 폭이 좁아지는 왜곡이 발생한다. 빠르게 지나가는 왜곡이 발생한 도로 노면 표시를 인식

하기 도로 바닥을 주시하는 경우도 있다. 그러나 주행 중인 차량의 운전자가 도로 바닥의 노면 표시를 주시하고 인식하면 전방 주시 거리가 짧아서 사고가 발생하기 쉽다. 또한 운전자의 시야가 바닥이 아닌 전방에 있으면 도로 노면 표시를 인식 못하고 지나치는 경우도 발생한다.

본 논문에서는 도로 노면 표시를 머신 비전으로 인식하는 간단하고 효과적인 새로운 방법을 제안한다. 제안한 방법은 먼저 차선을 검출하지 않고 도로 노면에 관심 영역을 지정한다. 영상 명암대비를 개선하고 이진화를 수행한 후, 형태학적 이진 팽창 처리를 하여 전경인 노면 표시가 영상 분할이 잘 되도록 한다. 연결 성분 분석을 이용하여 위치와 크기에 의해 노면 표시를 추출한다. 추출된 크기가 모두 다른 노면 표시에 대해 특징을 유지한 최소한의 크기로 크기 정규화를 하여 원근 효과에 의한 왜

<sup>†</sup>E-mail: mjung@smu.ac.kr

곡을 최소화한다. 크기 정규화가 된 연결성분의 노면 표시는 저장되어 있는 노면표시의 템플릿과 매칭을 하여 인식한다. 본 논문에서 제안한 방법은 도로 노면 표시를 성공적으로 인식하였다.

## 2. 도로 노면 표시 인식

### 2.1 도로 노면의 관심영역

Fig 1은 운행 중인 차량에서 촬영한 영상에서 노면표시 부분을 추출한 영상을 나타낸 것이다.



Fig. 1. Some examples of road surface markings from a camera of a vehicle in motion.

도로 노면 표시를 검출하기 위해서 기존의 방법들은 차선 검출을 이용하거나[1,2], 도로 윤곽선을 추출하였다 [3]. 차선 검출에 의지하는 노면 표시 인식은 차선 검출 과정이 복잡해서 시간이 소모되고 차선 검출에 실패하면 그 다음 과정은 무의미해진다. 전체 도로 윤곽선을 추출하고 그 중에서 확률을 계산하여 도로 노면 표시의 윤곽선을 검출하는 방법은 도로면 바닥과 도로 노면 표시가 명확히 구분되는 경우에만 사용이 가능하다.

본 논문에서는 차선 검출없이 카메라 영상에서 도로 노면 표시를 검출하기 위한 관심영역(ROI: region of interest)을 지정한다. 주행 중인 차량의 전면 카메라 화면 영상에는 원근에 의한 소실점(vanishing point)이 존재한다. 카메라 앵글은 소실점이 영상의 중앙 부분에 오도록 하여 장착한다. 카메라의 획득 영상에서 도로는 이 소실점 아래 부분과 차량 본체 영상 사이에 존재한다. Fig 2에 노란 선으로 표시한 것처럼 도로가 나타난 영상 부분을 4등분하여 가운데 2개 부분을 본 논문에서는 ROI로 정하였다. 이러한 ROI는 카메라 앵글의 오차로 인하여 소실점이 획득 영상의 정중앙에 위치하지 않아도 노면 표시를 담을 수 있다. Fig 2에서도 소실점이 영상의 정중앙에서 왼쪽 아래에 다소 치우쳐 있다. 또한 운행 중인 차량의 두 차선 사이에서의 좌우 치우침, 차량 속도, 곡선도로 등에 의해서 노면 표시가 좌우로 치우치는 경우에도 ROI는 노면 표시를 다 담을 수 있다.



Fig. 2. ROI of an acquired image, which are middle 2 parts at the bottom of the image.

### 2.2 히스토그램 분할 펼침

영상의 명암대비를 개선하여 영상을 개선하는 명암대비 히스토그램 펼침(contrast stretching)은 수식 (1)에 의해 구할 수 있다.

$$O(x, y) = \frac{I(x, y) - \min}{\max - \min} \times 255 \quad (1)$$

여기서  $I(x, y)$ 는 입력 영상이고,  $\min$ 은 입력 영상 픽셀의 최소 밝기 값,  $\max$ 는 최대 밝기 값이고  $O(x, y)$ 는 출력 영상이다. 이 수식(1)을 ROI 부분 영상에 적용할 때 픽셀의 최솟값  $\min$ 이 0 또는 0에 가깝거나, 최댓값  $\max$ 가 255에 가까우면 출력영상이 입력영상과 거의 동일하게 된다. 픽셀 전체의 평균값을  $\mu$ , 표준편차를  $\sigma$ 라고 하면, 최솟값  $\min$ 을  $\mu - \sigma$ 로 하고, 최대값  $\max$ 를  $\mu + \sigma$ 로 하면 검은색과 흰색의 분포를 극대화할 수 있다[4]. 포화되는 픽셀은 클램핑(clamping)처리를 한다. Fig 3에서 영역 ①에 있는 픽셀은 모두 검은색으로, 영역 ②에 있는 픽셀은 모두 흰색이 된다.

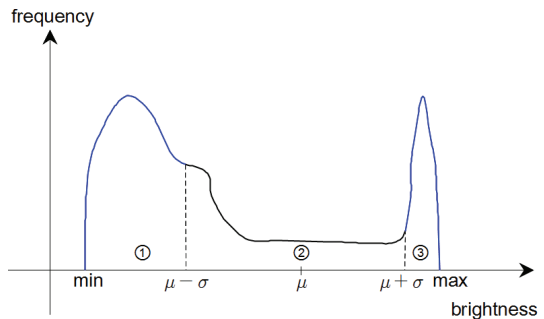


Fig. 3. Histogram partitioning and stretching.

Fig 4의 왼쪽은 ROI의 부분 영상을 컬러에서 그레이 스케일로 변환한 것을, 오른쪽은 히스토그램 분할과 펼침을 통해 명암대비를 개선한 것을 보여준다. 마지막 영상은

흰색/밝은 색 차량과 검은색/짙은 색 차량, 그리고 소실점 위의 하늘까지 포함시킨 영상이다. 흰색/밝은 색 차량과 노면 표시 그리고 하늘 부분이 다른 것들과 대비되어 흰색으로 강조되어 나타난다.



Fig. 4. Grayscale images of ROI (left), and those images of histogram partitioning and stretching (right).

### 2.3 연결 성분 분석

히스토그램 분할과 펼침을 통해 명암대비를 개선한 후, 흰색으로 된 노면 표시를 검출하기 위해 이진화 처리를 한다. Fig 5는 Fig 4의 오른쪽 위 2개의 영상을 이진화 처리한 예를 보여준다. 부분적으로 지워지거나 흐리게 된 노면 표시때문에 이진화 처리를 한 후에는 흰색의 노면 표시 기호와 숫자 자체에 검은색 점의 노이즈가 발생하기도 한다. 본 논문에서는 이러한 검은색 점 노이즈(pepper noise)를 제거하기 위해 형태학 처리(morphological processing)의 이진 팽창(binary dilation)처리를 수행했다. 영상에서 형태학적 처리는 차선과 과속방지턱을 탐지하기 위해서도 사용된다[5].

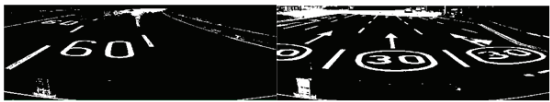


Fig. 5. The binary images of Fig. 4.

이진화 영상을 연결 성분 분석을 하면 전경인 흰색으로 연결된 성분은 각각의 독립된 객체로 분할되어 추출된다. 본 논문에서는 연결 성분 분석을 위해 레이블링(labeling) 알고리즘을 사용하였다[6][7]. 연결 성분으로 추출할 노면 표시 기호와 숫자의 크기는 가로 크기와 세로 크기가 ROI 세로 크기의 5%에서 60% 사이에 있는 것으로 제한하였다. 5% 보다도 작은 연결 성분은 각종 흰색의 노이즈이고 멀리 있어 작게 보이는 차선이나 노면 표시이다. 멀리 있는 노면 표시는 소실점에 가까이 있어 인식하기에는 너무 작다. 60% 보다도 큰 연결 성분은 주변의 흰

색/밝은 차량, 실선 차선 등으로 인식할 노면 표시가 아니다. 또한 2개이상의 노면 표시가 원근 효과에 의해 접합되어 60% 보다도 크기가 큰 경우가 있는데, 서로 접합된 노면 표시는 본 논문에서는 인식할 수 없다. 접합된 노면 표시를 분할하여 인식하는 문제는 또 다른 문제이다. 크기를 통과한 연결 성분은 마지막으로 연결 성분의 시작 좌표  $(x_1, y_1)$ 와 끝 좌표  $(x_2, y_2)$ 를 검증한다. 추출하여 인식할 노면 표시는 ROI에서 중앙 아래 부분에 위치한다. ROI의 가로 크기를 X, 세로 크기를 Y라고 하면 추출할 연결 성분의  $y_1$ 은  $Y*0.3$  보다 크고,  $x_1$ 은  $X*0.2$  보다 크며  $x_2$ 는  $X*0.8$  보다 작다. Fig 6는 Fig 5에서 보인 이진화 영상을 이진 팽창한 후 연결성분 분석하여 앞의 조건에 맞는 성분들을 추출한 것이다. Fig 5에서 '60' 오른쪽 옆의 '차선', '30' 오른쪽 옆의 '차선'도 앞의 조건에 부합되어 추출되었다. 숫자 뿐만 아니라 왼쪽 차선과 오른쪽 차선도 각각 템플릿에 저장되어 '차선'으로 인식한다.

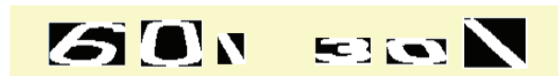


Fig. 6. Extracted connected components in Fig. 5.

### 2.4 크기 정규화

연결 성분 분석으로 추출된 성분들은 차량과 노면 표시와의 거리, 카메라 해상도 등에 의하여 그 크기가 모두 다르다. 이를 하나의 크기로 정규화하여 서로 비교할 수 있게 한다. 이 때 정규화하는 크기는 영상을 적절한 크기로 줄이는 방향으로 한다. 비록 원래 영상에서 데이터가 손실됨으로써 영상의 질은 저하되지만, 영상의 크기를 적당한 크기로 줄이면 노이즈 등의 불필요한 것들은 제거되고 인식에 꼭 필요한 특징만 남길 수 있다. 또한 Fig 6에서 볼 수 있듯이 원근 효과에 의해 숫자 '6'과 '3 0'에서 숫자 '0'의 윗부분이 원근 왜곡되어 있는데 영상의 크기를 줄이면 이러한 왜곡도 줄일 수 있다. 또한 영상의 크기가 작아져 템플릿 매칭에서 속도가 빠르고, 시스템의 메모리도 절약할 수 있다. 본 논문에서는 연결 성분 분석으로 추출된 성분들의 크기를 모두  $10 \times 20$  로 크기 정규화한다. 가로 크기를 세로 크기의 절반으로 하여 원근 왜곡을 줄이는 효과를 가져온다.



Fig. 7.  $10 \times 20$  size normalization of connected components in Fig. 6, which are enlarged for the visibility.

Fig. 7은 Fig. 6에서 보인 추출된 성분을 모두 10×20 로 크기 정규화한 것을 보여준다. 실제 10×20 크기의 영상은 너무나도 작다. 따라서 Fig. 7에서는 하나의 픽셀을 4×4의 흰색 정사각형으로 나타내어 가시성을 높였다. Fig. 6에서 숫자 ‘0’ 옆에서 함께 추출되어 크기나 기울기가 완전히 다른 각각의 차선은 10×20 로 크기 정규화한 후에는 Fig. 7에서 보듯이 굵기만 다르게 되었다.

**2.5 템플릿 매칭**

템플릿 매칭 방법은 해밍 거리(Hamming distance)[8]를 이용해 템플릿과 미지의 입력 영상 사이의 거리를 측정하는 것이다. 본 논문에서는 템플릿을 인식할 영상과 동일한 조건하에 있는 것으로 만들었다. 따라서 주행 중인 차량의 카메라에서 수집된 영상에서 견본이 될 노면 표시를 선택해 히스토그램 분할 필침을 한 후 이진화 처리를 하고, 이진 팽창 처리한 후, 10×20 로 크기 정규화하여 템플릿으로 저장했다. Fig. 8은 이러한 식으로 저장한 템플릿의 몇몇 예를 보여준다.

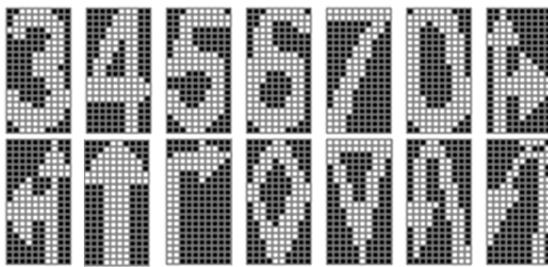


Fig. 8. Some examples of road surface marking templates.

Fig. 9은 ‘좌회전 금지’ 노면 표시에 대한 2 개의 템플릿을 보여준다. ‘좌회전 금지’ 노면 표시는 3 개의 연결 성분으로 되어 있다. 그러나 3 번째 연결 성분은 앞에서 언급한 데로 ROI 세로 크기의 5% 미만이 되어 추출하지 않는다. 1 번째 연결 성분인 ‘왼쪽 화살표’와 2 번째 연결 성분인 ‘엑스’가 추출되기 때문에 템플릿도 2개를 따로 만들었다. 숫자 ‘3’과 숫자 ‘0’을 조합하여 제한 속도 ‘30’으로 인식하는 것처럼 ‘왼쪽 화살표(좌회전)’와 ‘엑스(금지)’를 조합하여 ‘좌회전 금지’로 인식한다.

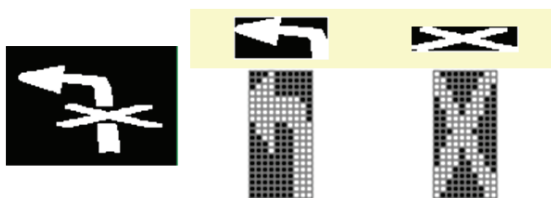
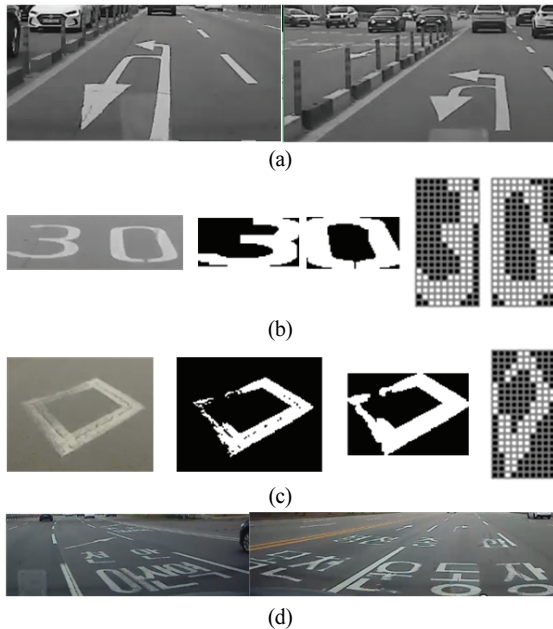


Fig. 9. Two templates of ‘no left turn marking’.

ROI의 영상을 앞에서 언급한 절차대로 처리한 후 템플릿과 해밍 거리를 계산하여 최소값이 되는 템플릿의 클래스를 출력한다. 이 템플릿의 클래스가 인식된 노면 표시이다.

**3. 실험 결과**

본 논문에서 제안한 방법을 C 언어로 구현하여 카메라 모듈이 장착된 라즈베리파이 4 시스템에서 실험하였다. 안전을 위해 실시간 실험은 진행하지 않고 운행 중인 차량에 라즈베리파이 4 시스템을 고정 설치하여 차량 블랙박스처럼 동영상을 녹화한 후, 녹화한 동영상을 재생하면서 프레임 추출하여 제안한 방법을 실험하였다. 실험 결과는 도로 노면 표시를 대부분 성공적으로 인식을 하였는데 일부는 실패하였다. Fig. 10은 본 논문에서 제안한 방법으로 도로 노면 표시 인식을 실험한 영상들 중 일부 예이다. Fig. 10(a)는 ‘좌회전 및 유턴’ 표시이다. 왼쪽 그림과 오른쪽 그림의 화살표 모양과 세로 길이가 완전히 다르지만 10×20 로 크기 정규화를 하면 Fig. 8의 마지막 템플릿처럼 된다. 비록 템플릿에서 좌회전 화살표는 너무 작아 알아보기 힘들지만 다른 템플릿과는 확실히 구별된다. 10×20 로 크기 정규화를 한 후, Fig. 10(a)의 왼쪽 그림과 오른쪽 그림은 해밍 거리가 41, 즉 79.5%의 유사도를 나타내었다. Fig. 10(b)와 Fig. 10(c)에 있는 ‘30’ 속도제한 표시와 ‘다이아몬드’ 횡단보도 예고 표시는 타이어 마찰 및 산화 등으로 부분적으로 지워졌다. 숫자 ‘3’ 윗부분과 ‘다이아몬드’ 왼쪽 부분이 이진화 처리와 연결 성분 분석 과정에서 누락되었으나 성공적으로 인식하였다. 윗부분이 누락된 숫자 ‘3’과 Fig. 8의 템플릿 ‘3’ 과의 해밍 거리는 43, 즉 78.5%의 유사도를 나타냈고, 왼쪽 부분이 누락된 ‘다이아몬드’와 Fig. 8의 템플릿 ‘다이아몬드’와 해밍 거리는 51, 즉 74.5%의 유사도를 나타냈다. 그러나 이 정도보다 더 많이 지워진 노면 표시는 인식에 실패하였다. 지워진 노면 표시와 더불어 선행 차량에 노면의 일부가 가려진 경우도 거의 인식을 할 수 없었다. Fig. 10(d)에 보인 것처럼 노면 표시에는 숫자와 기호 뿐만 아니라 글자도 있다. 글자는 주로 진행 방향의 ‘지역명’, ‘어린이 보호구역’, ‘천천히’ 등과 같은 한글을 노면에 직접 표시한 것이다. 본 논문에서 제안한 방법으로는 아직은 이를 인식하지 못한다. 연결 성분 분석을 통해 한글의 자모가 연결 성분으로 시스템에는 입력되지만 템플릿과는 해밍 거리가 너무 커서 인식불가로 거부된다.



**Fig. 10.** (a) Different shapes and sizes of two ‘left turn and U-turn’ road surface markings, (b) and (c) partially erased road surface markings, and (d) Road markings written in Korean.

#### 4. 결 론

본 논문에서는 도로 노면 표시와 숫자를 연결 성분 분석과 크기 정규화를 이용하여 광학적으로 인식하는 새로운 방법을 제안하였다. 도로 노면 표시는 원근 효과에 의해 전방 중앙에 가까울수록 폭이 좁아지는 왜곡이 발생하고 크기도 차량의 이동에 따라 변한다. 제안한 방법은 차선을 검출하지 않고 도로 노면에 관심 영역을 지정한 후, 연결 성분 분석을 이용하여 위치와 크기에 의해 노면 표시를 추출했다. 크기가 모두 다른 노면 표시에 대해 특징을 유지한 최소한의 크기로 크기 정규화를 하여 원근 효과에 의한 왜곡을 최소화했다. 크기 정규화가 된 노면 표시는 저장되어 있는 노면 표시의 템플릿과 매칭을 하여 인식했다. 실험 결과는 논문에서 제안한 방법으로 도로 노면 표시와 숫자를 성공적으로 잘 인식하는 것을 보였다. 그러나 날씨에 따라 또는 도로 종류와 상태에 따라 도로 바닥면의 색상은 검은색에 가까운 짙은 회색에서 밝은 회색까지 다양했다. 도로 바닥면의 색상이 밝은 회색에 가까울수록 노면 표시인 흰색과 구분하는 이진화 처리에서 실패하여 영상 분할을 어렵게 하는 경우가 많았다. 또한 흰색의 노면 표시가 흐리거나 부분적으로 지워진 경우에는 영상이 분리되어 분할되거나, 또는 분할된

영상의 특징이 원래의 특징과 많이 달라 인식에 실패하는 경우가 많았다. 다양한 조건에서 인식할 대상체를 더 완벽하게 분할하는 방법에 대한 연구가 필요하다.

#### 감사의 글

본 연구는 2020년도 상명대학교 교내연구비를 지원받아 수행하였습니다.

#### 참고문헌

1. Stefan Vacek, Constantin Schimmel, Rüdiger Dillmann, "Road-marking Analysis for Autonomous Vehicle Guidance," Conference: Proceedings of the 3rd European Conference on Mobile Robots, EMCR, pp. 19-21, (2007).
2. G. Maier, S. Pangerl, A. Schindler, "Real-time detection and classification of arrow markings using curve-based prototype fitting," 2011 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), pp. 442-447, (2011).
3. Radu Danescu, Sergiu Nedevschi, "Detection and classification of painted road objects for intersection assistance applications," 13th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, pp. 19-22, (2010).
4. Minchul Jung, "Infrared Image Enhancement Using A Histogram Partition Stretching and Shrinking Method," Journal of The Korean Society of Semiconductor & Display Technology, Vol. 14, No. 4, pp. 50-55, (2015).
5. Yong Jin Joo, Chang Hahk Hahm, "A Study on Automatic Detection of Speed Bump by using Mathematical Morphology Image Filters while Driving," Journal of Korean Society for Geospatial Information Science, Vol. 21, No. 3, pp. 55-62, (2013).
6. H. Samet and M. Tamminen, "Efficient component labeling of images of arbitrary dimension represented by linear bintrees," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 10, Is. 4, pp. 579-586, (1988).
7. M. Dillencourt, H. Samet and M. Tamminen, "A general approach to connected-component labeling for arbitrary image representations," Journal of the Association for Computing Machinery, Vol. 39, Is. 2, pp. 253-280, (1992).
8. M. Nadler and E. Smith, "Pattern Recognition Engineering," John Wiley & Sons Inc., pp. 155-159, 291-294, (1993).

접수일: 2022년 1월 26일, 심사일: 2022년 2월 25일,  
게재확정일: 2022년 2월 28일