
루프 마크를 이용한 특수차량 인식

김석영 · 이재성

한국교통대학교

Recognition of Special Vehicles Using Roof Marks

Seok-Young Kim · Jaesung Lee

Korea National University of Transportation

E-mail : skybluekim@naver.com · jaesung.lee@ut.ac.kr

요 약

복잡한 도심의 도로 상황에서 긴급 상황 발생 시 이동하는 특수목적 차량(경찰, 소방, 구급 등)에 대한 신속한 양보가 필요하다. 이러한 긴급 차량의 이동 상황을 도로 인프라가 인지해 교통 신호 제어기 및 일반 차량들에 WAVE나 TPEG 등 무선 네트워크를 통해 먼 곳까지 메시지를 전달한다면 일반 차량들이 길을 양보하기 위한 사전 준비 작업이 가능해져 특수목적 차량들이 훨씬 더 신속하게 이동할 수 있게 된다.

본 논문에서는 마크 인식 알고리즘을 통해 특수차량의 지붕에 설치한 루프 마크를 활용하여 마크의 투영 변환 및 정보 디코딩으로 마크를 검출하고 내부의 정보를 획득한다.

실험 결과 마크의 크기가 88cm x 88cm 이상일 때 50Km/h의 속도에서 100% 인식이 되고 마크 내부의 디지털 데이터도 93.3% 인식 가능함을 확인하였다.

ABSTRACT

In case of an emergency on a busy road of a city, drivers should make way for special vehicles such as police cars, fire engines, or ambulance as soon as possible.

If road infrastructures recognize the movements of special vehicles, and transfer alert message to traffic signal controllers and normal cars through wireless network such as WAVE or TPEG, normal cars can prepare to make way in advance. As a result, it help special vehicles move faster.

In this paper, we install a roof mark on the roof of a special vehicle, detect the mark through a mark recognition algorithm which includes perspective transformation, and get the inner information by decoding the digital pattern on it.

The experiment results show that mark can be recognized 100% and 93.3% of inner digital data of the mark can be recognized, when the size of a mark is larger than 88cm x 88cm and the mark moves at a speed of 50km/s.

키워드

Roof Mark, Emergency Vehicle, Road Infrastructure, Perspective Transform, Polygonal Approximation

I. 서 론

도심의 복잡한 도로 상황에서 긴급 상황 발생 시 특수목적 차량(경찰, 소방, 구급 등)의 이동성 확보를 위해 일반 차량들의 신속한 양보가 필요하다. 긴급 차량의 이동 상황을 도로 인프라가 인지해 WAVE나 TPEG 등 무선 네트워크를 통해 교통 신호 제어기 및 일반 차량들에게 메시지를 실시간으로 전달할 수 있다면 일반 차량들이 길을 양보하기 위한 사전 준비 작업이 가능해져 특수목적 차량들이 훨씬 더 신속하게 이동할 수 있게 된다. 이러한 필요에 따라 본 논문은 특수차량의 지붕에 기존 사이렌 뿐만 아니라 루프 마크(Roof Mark)를 설치하여 도로 인프라 카메라가 영상 처리(투영 변환 및 정보 디코딩 등)를 통해 마크의 인식 및 식별(내부 정보 획득)이 가능하도록 하는 연구를 수행하였다.

II. 마크 인식 알고리즘 파이프라인

본 논문에서는 마크 인식 알고리즘을 통해 특수 차량의 지붕에 설치한 정사각형의 루프 마크를 활용하여 마크의 투영 변환 및 정보 디코딩으로 마크 영역을 검출하고 내부의 정보를 획득한다. 마크의 검출 및 정보 획득을 위한 마크 인식 알고리즘 수행과정을 그림 1에 나타내었다. 도로 교통 카메라가 도로면을 위에서 사선 방향으로 촬영하고, 차량이 통과하는 영역을 관심영역(ROI, Region Of Interest)으로 지정하여 차량이 들어오면 기하 변환을 통해 수직 촬영된 이미지로 변환시킨다. 그런 다음 마크 윤곽 및 내부의 디지털 정보 인식이 용이하도록 모폴로지(Morphology) 연산 및 영상 이진화(Threshold)를 수행하고 직선 윤곽선과 일정 길이 이상의 외곽 직선을 추출하기 위한 Edge 검출을 수행한다. 서로 인접한 화소들을 하나로 그룹핑하는 Labeling 작업을 수행하여 윤곽선(Contour)을 추출, 다각형 근사화(Polygonal Approximation)를 통해 정사각형을 인식하여 마크를 검출한다. 마지막으로 기준 심볼(Standard Symbol)을 중심으로 하여 하부의 dot points들을 배열 모양과 일치하는 격자(Grid)를 생성하여 덧대고 해당 영역의 픽셀들의 밝기 분포를 파악하여 해당 마크의 데이터를 인식한다.[1]

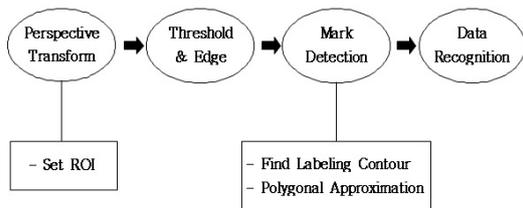


그림 1. 알고리즘 수행과정

III. Perspective Transform

그림 2와 같이 위에서 사선으로 촬영한 영상을 수직으로 바라본 이미지처럼 변환하기 위해 사다리꼴 모양의 관심영역(분홍색)에 투영변환(Perspective Transform)[2]을 적용한다(그림 3).

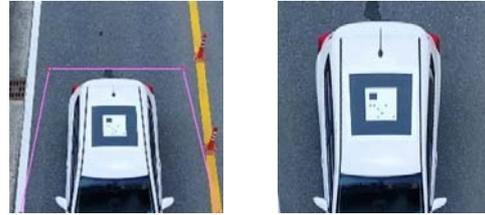


그림 2. 관심영역(ROI) 그림 3. 투영변환

IV. Threshold & Edge

마크 영역 검출을 위해 우선 Thresholding을 통해 이진 이미지(Binary Image)로 변환한다. 본 논문에서는 햇빛의 반사나, 차량의 라이트 등의 영향을 고려하여 단순한 Single Threshold가 아닌 주변 픽셀들의 평균값과 임계값을 더하여 높거나 낮음을 판단하는 Thresholding 방법을 사용하였다.[1] 또한 데이터 영역 부분의 인식이 용이하도록 팽창(Dilation)과 마크와 기준 심볼(Standard Symbol) 검출이 용이하도록 침식(Erosion)을 적용하였다. 팽창(그림 4)과 침식(그림 5)은 이미지의 기하학적 형태를 분석하여 잡음을 제거 또는 도형의 불완전하게 검출된 부분을 채우는 목적으로 사용한다. 그런 다음 직선 윤곽선과 일정 길이 이상의 외곽 직선을 추출하기 위해 그림 6과 같이 Edge 점들을 검출한다.



그림 4. 팽창(Dilation) 그림 5. 침식(Erosion)

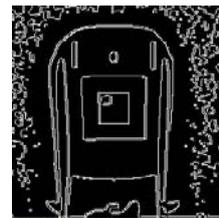


그림 6. Edge 검출

V. Mark Detection

외곽선 추출을 위해 그림 6의 Edge 이미지에서 서로 인접한 픽셀(Pixel)들을 하나의 그룹으로 지정하는 8-neighbor Labeling[3] 작업을 수행하여 윤곽선(Contour)을 추출한다(그림 7 left). 이후 다각형 근사화(Polygonal Approximation)[4][5]를 통해 정사각형을 인식한다(그림 7 right). 즉, 인지된 빨간색 윤곽선들이 만나 꼭지점이 4개를 이루고 인접한 꼭지점간 좌표 거리가 모두 오차 범위 이내로 일정하다면 정사각형으로 판단한다.

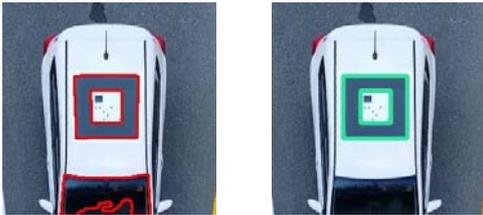


그림 7. Labeling / Polygonal Approximation

VI. Data Recognition

그림 8과 같이 Roof Mark를 검출 후 그 내부의 데이터 영역(그림 9)을 관독한다. 마크의 좌·상단에 위치한 큰 정사각형의 기준 심볼(Standard Symbol)을 기준으로 하부의 가로 4줄 세로 7줄인 총 28비트의 데이터를 읽는다(그림 10). 즉, 하부의 dot points들을 배열 모양과 일치하는 격자(Grid)를 생성하여 덧대고 해당 영역의 픽셀들의 밝기 분포를 판단하여 1 또는 0 으로 처리한다.

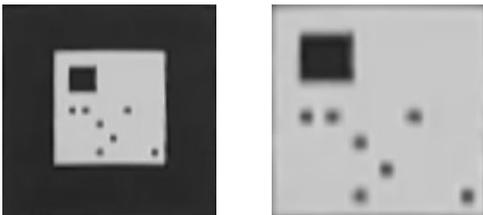


그림 8. Roof Mark



그림 9. Mark Data

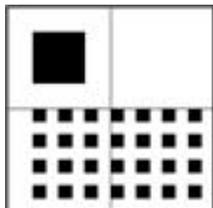


그림 10. Basic Grid

VII. 실험 결과

본 논문의 루프 마크 인식 알고리즘은 OpenCV2.4.9 프로그래밍을 통해 구현되었다. 알고리즘의 성능을 평가하기 위한 실험환경은 경기도 양평군 양평읍 백안리에 있는 성부교 교량 위와, 한국교통대학교 대학본부 구름다리 위에 고정 카메라(Samsung GALAXY Note3 후면 카메라, 해상도 : 1920 x 1080)를 설치하고 실험 차량을 시속 20Km/h ~ 50Km/h 범위 내에서 10Km/h 단위(총 4단계)로 이동하도록 하였다. 루프 마크 크기는 30cm x 30cm, 61cm x 61cm, 88cm x 88cm의 3가지를 준비하였으며 마크 크기는 데이터부분(내부의 기준 심볼과 4 x 7 데이터 dot points)과 전체적인 마크 크기를 비례, 확대하여 제작하였다. 실험은 속도 변화(4단계)와 마크 크기(3종류)를 각각 조합하여 총 15회에 걸쳐 수행하였다.

표 1. 마크 인식률

(A)	(B)	(C)	(D)
20Km/h	26.7%	93.3%	100%
30Km/h	26.7%	86.7%	100%
40Km/h	26.7%	86.7%	100%
50Km/h	20%	86.7%	100%

* (A) 시속, (B) (마크 크기) 30cm x 30cm, (C) 61cm x 61cm, (D) 88cm x 88cm

표 2. 데이터 인식률

(A)	(B)	(C)	(D)
20Km/h	26.7%	86.7%	100%
30Km/h	20%	80%	100%
40Km/h	13.3%	80%	93.3%
50Km/h	13.3%	73.3%	93.3%

실험에 사용된 마크의 모양은 그림 11 (left)과 같으며 실험 결과는 표 1, 표 2에 나타낸 바와 같다. 우선 가장 작은 크기의 30cm x 30cm 마크의 경우 전 시속구간 평균 마크 인식률 25%, 평균 데이터 인식률 18.3%로 가장 낮은 인식률을 보였고 중간 크기의 61cm x 61cm 마크의 경우 전 시

속구간 평균 마크 인식률 88.4%, 평균 데이터 인식률 80%로 비교적 높은 인식률을 보였다. 가장 큰 크기의 88cm x 88cm 마크의 경우 전 시속구간 평균 마크 인식률 100%, 평균 데이터 인식률 96.7%로 가장 높은 인식률을 보였다.

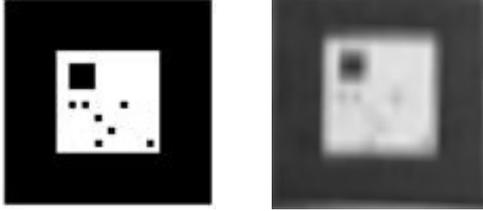


그림 11. 실험에 사용된 마크 (left)
마크만 검출된 경우 (right)

한편 시속과 인식률의 관계를 살펴보면 시속 20Km/h ~ 50Km/h의 순으로 전체 마크 크기에서 평균 마크 인식률이 각각 73.3, 71.1, 71.1, 68.9%로 나타났고 평균 데이터 인식률은 각각 71.1, 66.7, 62.2, 60%로 나타나 시속이 빠를수록 인식률은 낮게 나타났다.

마크의 크기와 인식률은 비례, 시속과 인식률은 반비례 관계를 보였지만 시속은 인식률에 상대적으로 덜 영향을 미친 반면 마크의 크기에 따른 인식률은 크게 차이가 있는 것으로 관찰되었다. 본 실험 결과로부터 마크의 크기 61cm x 61cm 이상, 시속은 40Km/h 미만일 때 평균 마크 인식률(94.5%)과 평균 데이터 인식률(90%) 모두 90% 이상을 달성할 수 있음을 알 수 있다.

마크 인식률에 비해 데이터 인식률이 낮은 것으로 나타났는데 이는 그림 11 (right)과 같이 데이터 영역의 dot points들을 뚜렷하게 확인하기 힘들기 때문이다.

VIII. 결 론

복잡한 도심의 도로 상황에서 긴급 상황이 발생할 경우 이동하는 특수목적 차량(경찰, 소방, 구급 등)에 대한 신속한 양보가 필요하다. 이러한 긴급 차량의 이동 상황을 도로 인프라가 인지해 교통 신호 제어기 및 일반 차량들에 WAVE나 TPEG 등 무선 네트워크를 통해 먼 곳까지 메시지를 전달한다면 일반 차량들이 길을 양보하기 위한 사전 준비 작업이 가능해져 특수목적 차량들이 훨씬 더 신속하게 이동할 수 있게 된다.

이를 위해 본 논문에서는 특수차량의 루프에 마크를 설치하고 이를 일련의 영상 처리 알고리즘을 통해 마크의 투영 변환 및 정보 디코딩 과정을 거쳐 마크를 검출하고 내부의 디지털 정보를 획득하는 방법을 제시하였고 실험 결과 차량 루프에 충분히 설치 가능한 크기의 마크로 높은 인

식률을 확보할 수 있음을 알 수 있었다. 긴급 차량의 이동 상황을 마크 인식을 통해 인지하고, 마크로부터 획득된 정보를 도로 인프라시스템이 실시간으로 브로드캐스팅 한다면 일반 차량들이 길을 양보하기 위한 사전 준비 작업이 가능해져 긴급 차량들의 신속한 이동에 많은 도움이 될 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] 박지훈, 이재성 ‘플로어 마크를 이용한 차량용 실내 정밀 측위 기술 (Indoor Precise Positioning Technology for Vehicles Using Floor Marks)’ 한국정보통신학회 논문지(J. Korea Inst. Inf. Commun. Eng.) Vol. 19, No. 10 : 2321~2330, Oct. 2015
- [2] T Moons, L Van Gool, M Proesmans, and E. Pauwels ‘Affine reconstruction from perspective image pairs with a relative object-camera translation in between’ IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE, VOL. 18, NO. 1, JANUARY 1996
- [3] L. D. Stefano and A. Bulgarelli ‘A simple and efficient connected components labeling algorithm’ in Proceedings of International Conference on Image Analysis and Processing, pp322-327, (1999)
- [4] Ramer, Urs. ‘An iterative procedure for the polygonal approximation of plane curves.’ Computer graphics and image processing 1.3 : 244-256, (1972)
- [5] Douglas, David H., and Thomas K. Peucker. ‘Algorithms for the reduction of the number of points required to represent a digitized line or its caricature.’ Cartographica The International Journal for Geographic Information and Geovisualization 10.2 : 112-122, (1973)