

역원근 변환과 신경망을 사용한 효율적인 도로노면 방향지시기호 검출 연구

김종배

서울디지털대학교 컴퓨터정보통신학과

e-mail: jbkim@sdu.ac.kr

Detection of direction indicators on road surfaces using Inverse Perspective Mapping and NN

Jong-Bae Kim

Dept of Computer Engineering, Seoul Digital University

요 약

본 논문은 차량에 설치된 블랙박스 영상으로부터 도로 노면에 표시된 방향지시 기호를 효율적으로 검출하는 방안을 제안한다. 차량 내부에 설치된 블랙박스 영상은 카메라의 원근 효과로 인해 방향지시 기호 영역을 올바르게 검출하지 못하는 문제점이 존재한다. 따라서 제안한 연구에서는 원근 효과를 가진 입력 영상에서 역원근 변환 방법을 통해 원근 효과를 제거한 실세계 좌표로 맵핑한 평면 영상에서 방향지시 기호 영역을 신경망 검출기를 통해 검출한다. 입력 영상에서 역 원근 변환은 높은 계산량으로 인해 실시간 처리가 어려운 점이 존재한다. 이를 보완하기 위해 제안한 방안에서는 입력 영역의 도로노면 방향지시 기호 영역의 특징을 분석하여 도로노면 기호가 포함된 후보 ROI영역을 정의하고 후보 ROI 영역의 Gray 색상에서 역원근 변환을 수행한다. 제안한 방안을 도로노면 방향지시 기호 검출 및 인식 연구에 적용한 결과, 약 87% 이상 비교적 정확히 검출율을 제시하였으며, 다양한 도로 환경에서도 높은 검출율을 제시하였다. 따라서 제안한 방안을 운전자의 안전운전지원시스템에 적용함으로써 보다 정확한 도로정보 제공시스템 적용이 가능함을 알 수 있다.

1. 서론

최근 자동차에 비전기술을 적용하여 운전자의 안전운전지원시스템에 대한 개발 및 연구가 활발히 진행되고 있다[1-8]. 자동차 운전은 운전자의 시각정보에 의존하는 작업이 대략 90% 이상이기 때문에 운전자의 시각정보에 대한 처리를 지원하기 위한 시스템 개발로 운전자의 피로도 및 사고 감소를 피하고자 함이다. 인간의 시각은 입력된 시각정보들 중 모든 것을 처리하는 것이 아니라 운전자 작업 중심에 대한 관심 대상만을 처리함으로써 불필요한 소모를 줄이고 처리 복잡도를 줄이는 작업으로 정보를 처리한다. 운전 중 관심 대상정보들에는 주행 중인 차량정보, 보행자 정보, 도로 표지판 정보, 도로 인프라 정보 등이 해당한다. 특히 도로 인프라 정보들 중 신호등, 차선, 도로표지판, 노면 기호는 주행 중 운전자가 필히 인지해야 하는 정보들이다. 기존의 많은 자동차를 위한 비전 기술들에는 차선 인식, 신호등 인식, 표지판 인식 등이 활발히 개발되고 있다[1,2]. 이러한 비전 기술들은 다양한 센서들의 부가적인 도움이 요구된다. 예를 들어 GPS, 레이더, 초음파, 적외선 센서 등 부가적이 장치의 지원으로 보다 향상된 검출과 인식이 가능하다. 또한, 도로 상에 존재하는

지형지물들의 위치 및 모양 판별을 통해서도 이러한 센서들을 대체할 수도 있다. 예를 들어, 차선, 도로표지판, 도로노면 기호 등이 부가적인 센서들을 대체할 수 있을 것이다. 본 연구의 초점은 도로노면 방향지시 기호의 검출로써 차량에 설치된 블랙박스 영상에서 수집된 영상데이터로부터 노면 방향지시 기호를 실시간으로 검출하여 운전자에게 그 정보를 제공하는 연구이다.

도로노면 방향지시 기호를 검출하는 기존 연구들에는 대부분 차선인식을 위한 연구들이 주류를 이루고 있다. 우선 에지 픽셀의 히스토그램 변화를 이용한 영상분할과정을 통해 도로노면 방향지시 기호 영역을 검출하는 연구[5]가 있으며, 도로노면 방향지시 기호의 그래픽 모델 기반의 검출[6], Hough 변환을 통한 검출 연구[7], 역원근 변환을 통한 연구[8]들까지 다양한 연구들이 존재한다. 기존 연구들은 입력 영상의 전체를 대상으로 처리를 수행함으로써 수행시간의 증가로 인한 실시간 적용에 어려운 점이 존재하며, 특히 입력 프레임 내에 기호영역의 포함여부 판별을 위해 모든 프레임을 대상으로 원근효과를 제거함으로써 실시간 운전자 지원시스템에 적용하는데 한계가 존재하였다. 따라서 제안한 연구에서는 기호영역이 포함되어 있는

가능성이 높은 특정 프레임상의 사전에 설정된 후보 ROI 영역 내에서만 역원근 변환 처리를 적용함으로써 실시간 적용을 가능하게 한다.

제안한 연구에서는 입력 영상의 색상, 에지, 텍스처 변환율을 계산하고 설정 임계치 이상일 때 노면 방향지시 기호 포함 여부를 판별한다. 그리고 도로노면 방향지시 기호가 포함된 영상에서 사전에 정의한 기호 후보영역 ROI를 선택하고 해당 영역에서 역원근 변환을 통해 원근 효과를 제거한다. 이후 적응적 임계치 변환을 통한 이진화와 후처리 단계(연결성분조사, 모폴로지 연산 등)를 수행한 후 노면 방향지시 기호 영역들을 검출한다. 최종적으로 해당 기호영역들의 인식을 위해 신경망을 통한 판별과정을 거침으로써 도로노면 방향지시 기호들을 검출한다.

2. 제안한 방안

제안한 방안은 5단계로 수행되며 첫 번째 단계는 영상 분석단계로써 입력된 영상 내에 도로노면 기호가 포함되어



(그림 1) 제안한 방안의 처리 흐름도

어 있는지를 판별하는 단계이다. 다음 단계에서는 입력된 영상 프레임에 사전에 정의한 ROI 영역을 역원근 변환을 수행하고 적응적 임계치 방법을 적용한 이진화를 수행한다. 그리고 잡음 픽셀 및 문자 영역들과 같이 분리된 영역들을 결합하기 위해 후처리 과정을 수행함으로써 최종 도로노면 방향지시 후보 영역들을 검출한다. 이후, 검출된 영역들을 최종 인식하기 위해 신경망을 통한 검출기를 통해 최종 노면 방향지시 기호 영역들을 검출하는 과정으로 수행한다.

2.1 영역분석

본 단계에서는 입력된 영상 프레임에 도로노면 방향지시 기호가 포함되어 있는지를 판별하는 단계이다. 방향지시 기호는 운전자의 시인성과 가독성을 높이기 위해 아스팔트인 검은색 도로 바닥에 백색의 페인트로 그려져 있으며 인쇄체 형태의 기호 및 문자로 도색되어 있다. 도로 차선과 같은 색상과 모양을 가지고 있으며 차이점은 직선 형태가 아닌 사전에 정의된 기호 및 문자 형태로 표현되어 있다. 따라서 입력 프레임에서 해당 방향지시 기호 포함 여부를 판별하기 위해 배경과 구분되는 특징 정보를 분석함으로써 가능하다. 도로노면 방향지시 기호 영역의 특징은 배경과 확연히 구분되는 단일 색상을 가지고 있으며, 국부영역에 특정 명암도 분포가 균일하게 분포하고, 최저 밝기값에서 최고 밝기값으로 급격하게 변화는 정도가 다수 존재하는 특징을 가지고 있다. 따라서 이러한 특징을 기반으로 입력 프레임에서 도로노면 방향지시 기호가 포함되어 있는지 판별한다. 그림 2는 노면 방향지시 기호 후보 ROI영역 검출과정을 나타낸다. (나)는 입력영상에 노면기호 분석을 위한 영역을 의미하고, (다)는 해당 영역을 밝기값차이, 분산, 에지 등의 정보를 활용하여 영상을 분할한 후 각 영역별로 다른 색상으로 군집화한 결과이다. 그리고 (라)는 (나)영역에서 밝기값의 평균을 히스토그램으로 표현하고, 밝기값 평균 이상의 히스토그램 값에서 인접한 20픽셀 간격으로 급격하게 해당 값이 변화하



(그림 2) 영역분석을 통해 노면기호 ROI 검출 결과

는 피크 위치를 검출한 그래프이다. 실험과정에서 해당 영역의 밝기 평균은 99.82 이고 검출된 피크 개수는 18개가 검출됨을 알 수 있다.

2.2 역원근 변환

본 단계에서는 도로노면 방향지시 기호가 포함된 영상에서 사전에 정의한 후보 ROI 영역의 원근 효과를 제거한 역원근 변환 영상을 출력한다. Bertozzi[8]의 역원근법 계산에 의해 2차원 ROI 영상을 3차원 실세계 좌표로 표현하고 이를 다시 2차원 평면으로 투영함으로써 원근효과가 제거된 영상을 획득한다. 3차원 실세계 좌표계를 2차원 유클리디안 공간으로 정의하고, $W=(x,y,z) \in E^3$, 여기서 2차원 영상 공간 $I=(u,v) \in E^2$ 로 정의한다. 실제 자동차에 설치된 카메라의 화각(α), 설치된 높이(h), 좌우 뒤틀림 정도 (r : 상하 카메라 각도, θ :수평 카메라 각도), 입력 영상의 크기($n \times m$ 픽셀 크기) 정보를 활용하여 식 (1)과 같이 2차원 영상을 3차원 실세계 좌표계로 변환을 수행한다. 그림 2는 영상분석단계에서 검출된 영상에서 사전에 정의한 위

치를 선택한 후보 ROI 영상이고, (나)는 IPM 변화를 통해 원근 효과가 제거된 영상이다. 그리고 (다)는 (나)에서 후처리과정을 통해 검출된 후보 방향지시 기호 영역이다.

$$\begin{aligned} u &= h \tan \left[\left(\bar{\theta} - \alpha \right) + u \frac{2\alpha}{n-1} \right] \times \cos \left[\left(r - \alpha \right) + v \frac{2\alpha}{n_v-1} \right] + l \\ y(u,v) &= h \tan \left[\left(\bar{\theta} - \alpha \right) + u \frac{2\alpha}{n_u-1} \right] \times \sin \left[\left(r - \alpha \right) + v \frac{2\alpha}{n_v-1} \right] + d \\ z(u,v) &= 0 \end{aligned} \tag{1}$$

2.3 이진화 및 후처리

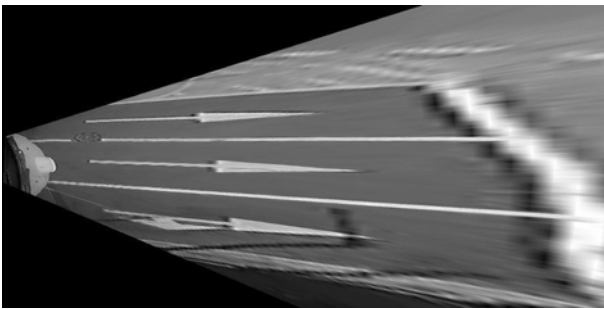
본 단계는 원근 효과가 제거된 ROI 영상에서 도로노면 기호 영역을 검출하기 위해 이진화를 수행하는 단계이다. 노면기호는 운전자의 시인성과 가독성을 높이기 위해서 어두운 배경에 밝기 색상으로 표현되어 있어 이진화를 위해서는 색상 임계치 기반의 방법으로 해결이 가능하다. 하지만, 다양한 도로 상황 하에서 적응적으로 임계값이 반응하는 지역적 적응적 임계치 방안[9]을 적용함으로써 효율적으로 ROI 영역을 이진화 한다. 그리고 이진화한 ROI 영역에서 잡음 영역 제거 및 단절된 문자 영역들을 하나의 단일 영역으로 레이블링 과정을 수행하고 각각의 노면 기호 영역의 특성(크기, 비율, 이심률, 밝기변화율, 임계값 등)을 비교하여 최종 방향지시 후보영역들을 검출한다.

2.4 인식

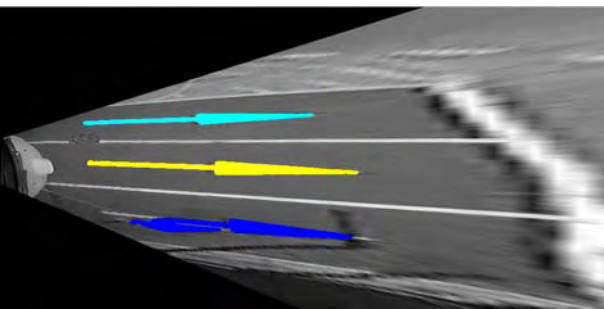
이전 단계에서 검출된 ROI 후보 영역들을 신경망 검출기를 사용하여 최종적으로 노면기호 영역을 판별한다. 신경망 학습을 위해 사전에 기호영역을 약 12개의 클래스별로 학습하였다. 학습을 위해 입력 패턴의 크기 정규화를 수행하고 입력 노드의 크기는 200개, 히든 노드는 100개, 은닉층의 개수는 2개로 설정하였다. 따라서 결과는 12개의 클래스의 결과 값들로서 가장 해당 클래스와 유사한 값을 출력으로 가질 때 해당 클래스로 판별한다. 그림 3은 학습을 위해 사용된 입력 패턴들의 샘플들이고, 그림 4는 신경망 검출기의 구조도를 나타낸 그림이다.



(가) 후보 ROI의 하단부 분할 영역



(나) IPM를 사용한 원근효과 제거 결과 영상

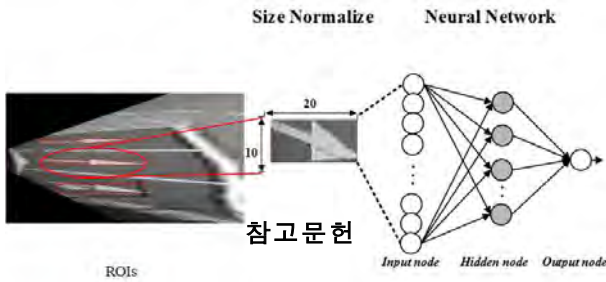


(다) 후처리과정을 통한 도로기호 영역검출 결과

(그림 2) 영역분석을 통해 노면기호 ROI 검출 결과



(그림 3) 도로노면 방향지시 기호 영상 샘플



(그림 4) 신경망 검출기 구조

3. 실험 결과

제안한 방안은 자동차에 설치된 Full-HD급 블랙박스로부터 획득하였으며 영상처리는 윈도우 64bit Dual Hexa core 3.33 GHz에서 GUP를 사용한 Matlab 언어를 사용하였다. 블랙박스로부터 영상신호 출력을 통해 실시간 처리 PC로 전달받아 검출을 수행하였으며 입력된 영상의 크기는 1920×1080 칼라 영상이다. 실제 입력된 영상의 크기는 HD급 영상으로써 실시간 처리에 불가능하므로 영상의 크기를 내부 처리과정에서 50%로 줄였으며 사전에 정의된 도로노면 기호 영역을 설정한 400×800 픽셀 ROI 영역에서 수행하였다. 또한, 처리시간 소모가 가장 많은 IPM 변환을 위해 ROI 영역에 배경 부분인 하늘과 좌, 우측 픽셀 약 50픽셀을 제거하고, 크기를 50%로 줄인 150×200 픽셀 영역의 그레이 값을 사용하여 원근효과 제거 과정을 수행하였다. 제안한 방안을 실험한 결과, 초당 약 4 프레임의 처리 속도를 제시하였으며 검출정확도 약 87.4%로 제시되었다. 대부분의 오류는 도로노면에 포함된 다양한 이물질 및 오염에 따라 부정확한 검출결과를 제시하였다. 그림 5는 각 방향지시들의 검출율을 나타낸 그림이다.

	좌회전	우회전	직좌	직우	서행	유턴	직진금지	좌회전금지	기타
좌회전	88.3		4.3			2.9	1.0	1.7	0.18
우회전		86.2		2.7		1.8		0.5	8.8
직좌	3.5		90.2			0.8	2.3	0.4	2.8
직우		2.4	1.2	89.7		3.1			5.6
서행					90.1	4.5		3.6	1.8
유턴	2.1				5.9	88.3		1.8	1.9
직진금지					3.7		84.4	4.2	7.7
좌회전금지	3.1		2.3					82.7	11.9

(그림 5) 방향지시 기호 검출율

4. 결론

제안한 방안은 자동차 운전자의 안전운전지원을 위한 방안으로 효율적인 도로상에 도색된 노면 방향지시 기호를 검출하는 방안을 제안한다. 제안한 방안을 역원근 변환

과 신경망을 사용하여 도로영상으로부터 방향지시 기호 영역을 검출하였다. 입력된 도로영상을 자동차에 설치된 블랙박스 영상에서 처리함으로써 차량형 블랙박스가 단순히 영상녹화 기능뿐만 아니라 영상인식정보를 제공함으로써 운전자에게 다양한 정보를 제공해주는 장비로 개발이 가능함을 알 수 있다. 하지만, 일부 도로노면 기호 영역에서는 오인식률이 다소 높게 제시되었으면 특히 횡단보도나 문자 및 제한속도 문자 영역에서는 도로노면 방향지시 기호로 오인식하거나 처리속도가 많이 소모되는 경우가 발생하였다. 따라서 향후 연구에 학습기 방안보다 처리 속도가 빠른 패턴 매칭 기반의 연구를 수행하고자 한다.

Acknowledgment

이 논문은 2014년 정부(교과부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(2010-0021071).

참고문헌

- [1] J. B. Kim, "Detection of Traffic Signs Based on Eigen-color Model and Saliency Model in Driver Assistance Systems", International Journal of Automotive Technology, Vol.14. No.3, pp. 429-439, 2013.
- [2] J. C. McCall, M. M. Trivedi, "Video-Based Lane Estimation and Tracking for Driver Assistance: Survey, System, and Evaluation", IEEE Trans. Intell. Transport. Syst., Vol.7, pp.20-37, 2006.
- [3] L. Fletcher et al., "Driver assistance systems based on vision in and out of vehicles", IEEE Proc. of IVS., pp.322-327, 2003.
- [4] S. Vacek, C. Schimmel and R. Dillman, "Road-marking analysis for autonomous vehicle guidance", Proc. of European Conference on Mobile Robots, pp.1-6, 2007.
- [5] J. P. Gonzalez and U. Ozguner, "Lane Detection Using Histogram-Based Segmentation and Decision Trees", Proc. of IEEE Proc. Intelligent Transportation Systems, pp. 346-351, 2000.
- [6] J. Coughlan and H. Shen, "A fast algorithm for finding crosswalks using figure-ground segmentation", Workshop on Applications of Computer Vision, Vol.5, pp. 1-10, 2006.
- [7] M. Uddin and T. Shioyama. "Robust zebra-crossing detection using bipolarity and projective invariant", Proc. of the Int. Sym. on Signal Processing and Its Applications, Vol.2, pp.517-574, 2005.
- [8] T. Wu and A. Ranganathan, "A practical system for road marking detection and recognition", IEEE Conf. on IVS., pp.25-30, 2012.
- [9] Mathworks, <http://www.mathworks.com/>