

자율주행을 위한 교통신호 인식에 관한 연구

A Study on the Recognition to Road Traffic Sign and Traffic Signal for Autonomous Navigation

* 고현민*, 이호순*, 노도환*

* 전북대학교 전기공학과(Tel:+82-652-70-2398, Fax:+82-652-70-2394, E-mail:dawn@electric.chonbuk.ac.kr)

Abstracts In this paper, we presents the algorithm which is to recognize the traffic sign on the road and the traffic signal in a video image for autonomous navigation. First, the recognition of traffic sign on the road can be detected using boundary point estimation from some scan-lines within the lane deducted. For this algorithm, index matrix method is used to determine what sign is. Then, the traffic signal recognition is performed by using the window minified by several scan-lines which position may be expected. For this algorithm, line profile concept is adopted.

Keywords Autonomous navigation, Road traffic sign , Traffic signal recognition, Scan-lines

1. 서 론

근래의 자동차 산업은 기계적 요소의 개발 뿐만아니라 전기·전자공학을 응용한 기술개발이 활발히 진행되고 있다. 특히 자동차가 주행 환경을 스스로 인식·판단하면서 자신의 경로설정을 통해 목표지점에 도달하도록 할 수 있는 자율주행을 위한 무인 시스템에 관한 연구는 교통사고예방, 운송시스템의 개발등 여러 분야에서 행해지고 있으며 상당한 성과를 거두고 있다.

자동차가 자율적으로 주행하기 위한 선행 조건은 진행하고자 하는 도로환경을 정확히 인식할 수 있는 능력을 보유해야 한다. 도로 환경을 정확히 인식하기 위해 다양한 센서시스템 예를 들어 초음파 센서, 적외선 센서, 비전시스템등을 조합하여 사용하고 있다. 그러나, 이러한 시스템은 다수의 정보 처리시스템들이 요구되어 비효율적이며 시스템 설치의 복잡성, 비경제성, 공간제약등의 문제가 따른다. 따라서 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하고 보완하기 위한 기초연구로써 비전시스템만을 이용하여 주행환경을 인식·판단할 수 있도록 한다.

일반적으로, 비전시스템을 이용하여 주행 환경을 인식하기 위해서는 주행 방향이 결정되어야 하고, 주행중에 장애물을 검출하며, 노면표시등의 도로 표시, 도로 표지판과 신호등의 인식 등이 필요하다.

노면표시 및 교통신호등에 관한 연구는 근접연산자에 의한 방법, 벡터해석에 의한 방법, 이미지 정합 또는 이미지 신호의 moment기법을 이용한 방법이 연구되어 지고 있다. 본 연구에서는 자율주행에 있어 중요하게 요구되는 실시간 처리에 비중을 둔 단일 Vision 시스템을 이용한 주행방향 추정과 이에 근거한 노면표시 및 교통신호등을 인식 할 수 있는 알고리즘을 제안한다.

본 연구에서는 자율주행을 위하여 도로와 카메라 그리고 자동차의 관계를 규정짓는 교정을 행한다. 이로부터 얻어지는 파

라메타를 기준하여 주행방향과 노면표시 그리고 교통신호등을 인식한다. 주행방향 추정은 좌·우차선에 의해 얻어지는 차선의 방정식으로부터 무한원점을 추정하여 이로부터 주행방향을 결정한다[1]. 노면표시와 교통신호등은 결정된 주행방향으로부터 영상면상의 예상 영역을 설정하고 영역내에 Line을 통한 Scan을 실시하여 표시와 신호를 추정하고 인식한다.

이와 같은 실험을 위해 본 연구에서는 포장된 직선도로 혹은 완만한 경사를 이루는 도로를 선정하였고, 노면표시와 교통신호등은 도로교통법 시행규칙에 준하여 설치된 시설이라는 가정하에 영상면상의 검색위치를 제한하여 인식한다.

이상의 내용을 증명하기 위하여 본 연구에서는 50km/h정도의 속도로 운행하여 실험을 행하고 그 결과를 제시한다.

2. 노면표시 인식 알고리즘

차량이 주행하는 노면에는 안전표시를 보완하거나 운전자에게 규제 또는 지시의 정보를 전달함으로써 도로구조를 보존하고 도로교통의 안전과 원활을 도모하기 위한 노면표시가 있다. 따라서 자율주행을 위해 수반되어야 하는 작업중의 하나가 이러한 노면표시의 인식이다.

노면표시는 규제표시와 지시표시로 분류되는데 본 논문에서는 자율주행시의 중요한 요건중의 하나인 실시간처리(Real-Time Processing)의 개념에 비중을 두어 지시표시중의 진행방향표시와 안전표시인 횡단보도예고표시등을 인식할 수 있는 알고리즘을 제안한다.

본 알고리즘의 실현성을 위하여 노면표시는 도로의 중간을 중심으로 도로교통법 시행규칙의 노면표시 규격을 만족하는 것으로 가정한다

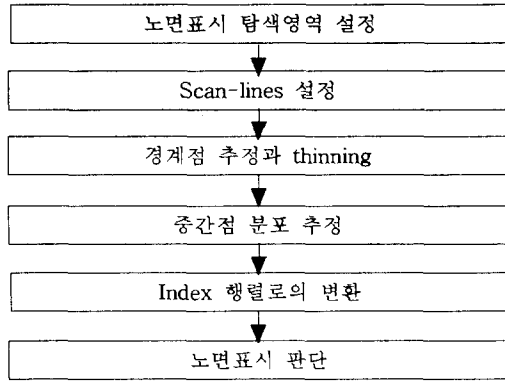


그림 1. 노면표시 인식 알고리즘

Fig. 1. Algorithm of the road traffic sign

STEP 1. 노면표시 탐색영역 설정

차선에 의해 획득되는 직선에지들로부터 임의의 시간(n-1)번째 영상면상에서의 좌우 차선의 직선방정식을 식(1)과 같이 구한다.

$$\begin{aligned} x_l &= a_l y + b_l \\ x_r &= a_r y + b_r \end{aligned} \quad (1)$$

영상면에 투영되어 나타나는 차선의 직선들은 한점에서 교차한다. 이점이 무한원점으로서 자동차의 주행방향을 추정할 수 있는 파라메타를 구할 수 있다.[1] 추정되는 주행방향을 기준하여 그림 2에서 x,y축에서 과 같은 영역을 설정하고 x축방향의 평행한 line을 통하여 노면표시를 탐색한다.

$$\begin{aligned} x &= k \\ b_l + g &\leq k \leq b_r - g \\ y_{\min} &\leq y \leq y_{\max} \end{aligned} \quad (2)$$

(g : 차선과의 Gap)

STEP 2. Scan-Line 설정

설정된 탐색영역의 Y축을 1/54로 나누어 그림 과 같이 구성한다.

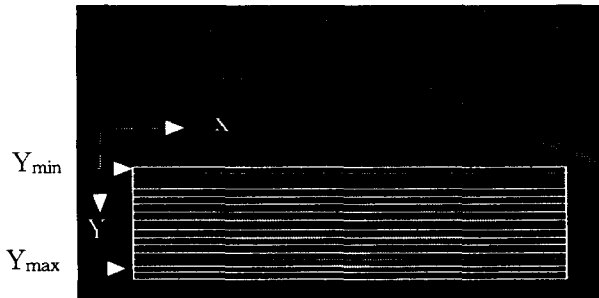


그림 2. 노면표시 처리에

Fig. 2. Road traffic sign processing

STEP 3. 경계점 추정과 Thinning

설정된 Scan-line들로부터 급격한 intensity변화를 일으키는 부분을 경계점으로 보고 이를 추정하여 저장한다. 저장된 경계점들에 대해 thinning한다.

$$\begin{aligned} X_difference(x, y) &= value(x, y) - value(x, y+1) \\ Y_difference(x, y) &= value(x, y) - value(x-1, y) \end{aligned} \quad (3)$$

STEP 4. 수직방향 중간점 분포 추정

수평방향으로 검출된 경계점들의 중간점들을 생성시킨후 이들의 수직방향 분포를 추정한다.

STEP 5. Index 행렬로의 변환

STEP 4에서 추정된 수직방향의 중간점 분포를 위치별로 6×6로 분할한다. 분할된 경계점들의 weight를 index matrix의 row와 column에 저장한다.

STEP 6. 노면표시 인식

STEP 5에서 6×6 index matrix의 각 요소에 저장된 경계점들의 weight 값을 3×3의 이진행렬로 변환하고 이의 연결성을 조사하여 노면표시를 인식한다

$$iff((SUM_WEIGHT) > 4 \text{ then } TRUE(1); \text{ else } FALSE(0))$$

일반적으로 노면표시에는 크게 대칭형과 비대칭형이 있다. 비대칭형의 경우는 위에 제시된 index matrix로 충분히 인식이 가능하지만 대칭형인 경우는 최상단, 중간부분, 최하단의 경계점의 폭을 통해 인식할 수 있다.

안전표시인 횡단보도 예고표시의 경우도 대칭형과 같이 경계점이 가지는 폭의 특성을 통해 인식할 수 있다.

3. 교통신호등 인식 알고리즘

자동차의 원활한 흐름과 안전을 위해 교차로 및 횡단보도 부근에는 차량의 진행에 관한 정보를 주는 교통신호등이 설치되어 있다.

교통신호등은 신호등의 설치에 있어 현수식, 축주식의 중형과 횡형, 중앙주식, 문형식으로 나뉘고 신호등의 등수에 의해 2등식, 3등식, 4등식, 다등식으로 분류할 수 있다.

본 논문에서는 노면표시 인식과 병행하여 자율주행을 목적으로 함에 있어 중요한 정보를 제공하는 교통신호등의 인식과 신호등으로부터 얻을 수 있는 색상정보를 판단하는 알고리즘을 제안한다. 이의 판단으로 인해 자율주행시에 신호에 의한 차량의 제어가 가능하다.

교통신호등 인식 알고리즘의 실현성을 높이기 위해 신호등은 축주식 및 문형식의 횡형 3색 신호등으로 국한한다.

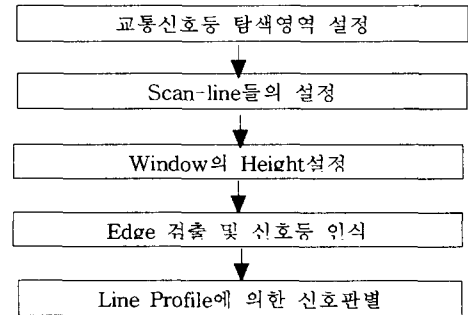


그림 3. 교통신호등 인식 알고리즘

Fig. 3. Algorithm of the traffic signal

STEP 1. 교통신호등 탐색영역 설정

노면표시의 안전표시 중 횡단보도 예고표시를 검출하면 이로부터 50~60m의 전방상단에 신호등이 위치한다. 신호등이 위치하리라고 예상되는 위치에 탐색영역을 설정한다.

STEP 2. Scan-Line 설정

노면표시 인식 방법과 같은 방법으로 Scan-lines을 설치한다.

STEP 3. Window의 Height설정

각 Scan-line들의 Intensity의 최소값을 통해 신호등의 유무를 판단한 다음 먼저 높이(Height)를 설정한다. Scan-line들의 폭(width)은 예상되는 신호의 위치를 통해 결정되어 있으므로 이 단계에서 초기 Window를 생성하게 된다.

STEP 4. Edge 검출

초기 Window로부터 영역내의 Edge를 검출해 영역내에서 사각형을 이루는 물체를 찾아내어 이를 신호등으로 인식하고 그 크기를 최종 Window로 선정한다.

STEP 5. Line Profile에 의한 신호판별

3색 신호등은 적,황,녹의 순서로 되어 있으므로 최종 설정된 Window의 Height 중간에서의 Intensity분포를 Line Profile에 의해 측정하여 Threshold치 중간점의 위치를 Window 크기에 관한 비례관계에 의해 추정해 보면 신호의 색깔정보를 유추해 낼 수 있다.

0	0	6	0	0	0
0	8	2	0	0	0
1	1	7	1	0	0
0	1	6	2	0	1
4	5	1	0	0	0
5	0	0	0	0	0

그림 4. 노면표시 인식의 예
Fig. 4. Road traffic sign recognition

6.2 교통신호등 인식

본 연구에서 신호등은 측주식 횡형 3색 신호등을 기준으로 하여 실험을 행했다. 실험에서 행해진 횡단보도 예고표시가 있을 때의 신호등의 위치는 다음 그림 5와 같다.

그림 5에서 설정된 scan-line을 통해 얻어진 최종 Window의 모습을 overlay시켜보았다.

5. 실험

5.1 실험조건

본 연구에서 제안한 알고리즘을 이용하여 교통신호를 인식하기 위해서는 카메라와 도로의 사이의 설치에 대한 교정과 실제 교통 관계 법령에 기준하여 운영되고 있는 신호체계 및 부착상태등을 가정하여야 해석해야 하는 문제점이 있다.

본 연구에서는 이러한 문제를 극복하기 위하여 현재 우리나라의 교통법령에 대한 조사결과를 기초로 카메라의 배치 및 실험 조건을 설정한다.

본 연구에서 시스템의 구성은 카메라는 자동차의 중앙 높이 1.5m에 위치하며, 도로면과 카메라가 이루는 각은 5°로 설정한다. 자동차의 주행 속도는 50km/h를 기준으로 ±3%의 오차로 직선도로를 진행하며 실험을 행했다.

교통신호등은 시행규칙상 도로면으로부터 4.5~5m 위에 설치되어 있고 측주식 횡형 3색등이며 도로의 중심에 위치한다고 가정하면 도로와 카메라 관계의 교정에 의해 설정된 기준에 의해 영상면상의 예상위치를 유추해 낼 수 있다. 횡단보도 예고표시가 횡단보도의 50~60m전방에 위치하고 실험에서 행해진 차량속도와 신호등이 지면으로부터 4.5~5m위에 위치한다는 설치규정을 기지하고 있으므로 예상위치는 어느 정도 국한되어진다.

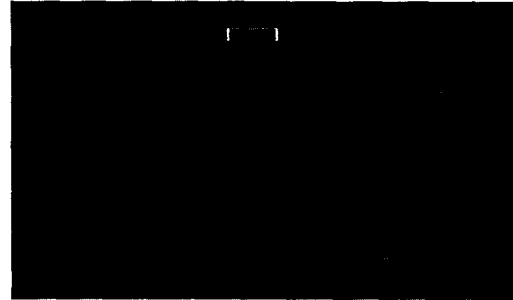


그림 5. 노면표시와 교통신호등
Fig. 5. Road traffic sign and Traffic signal

다음은 신호등의 각 신호가 점등되었을 때의 모습과 그 Intensity 분포를 나타낸 Line Profile Graph이다. Line Profile은 최종 Window의 Height 중간점에서 얻은 분포이다



그림 6. 적색등 점등시의 교통신호등
Fig. 6. Red signal of traffic signal

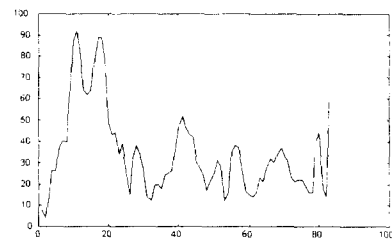


그림 7. 적색등 점등시의 Intensity분포
Fig. 7. Intensity of red signal

6. 실험 결과 및 검토

6.1 노면표시 인식

노면표시는 도로 중앙을 중심으로 도로 교통법 시행규칙에 준거하여 설치된 것으로 가정하며 노면표시는 카메라내의 영상면에서 추정된 주행방향의 중심을 향하는 것으로 한다.

본 연구에서는 노면 표시를 인식하기 위하여 Scan-lines을 추정된 좌우 차선의 안쪽으로 설정 하였고 노면표시가 주행방향에 대해 항상 중앙에 위치한다는 가정하에 실행되었다.

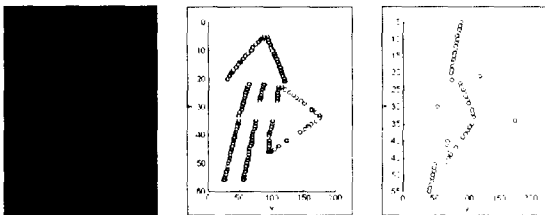




그림 8 황색등 점등시의 교통신호등
Fig. 8. Yellow signal of traffic signal

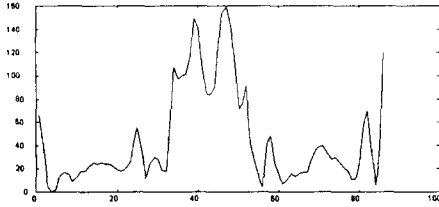


그림 9 황색등 점등시의 Intensity 분포.
Fig. 9. Intensity of yellow signal



그림 10 녹색등 점등시의 교통신호등
Fig. 10. Green signal of traffic signal

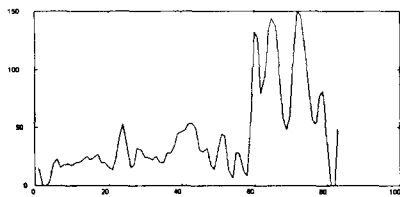


그림 11 녹색등 점등시의 Intensity분포
Fig. 11. Intensity of green signal

위에서 각 신호가 점등되었을 때의 Intensity 분포를 살펴 보았다. 각 그래프에서 Intensity 값을 threshold를 취해 그 중간 값이 Window영역내에서 가지는 위치를 살펴보면 색깔정보를 얻을 수 있다.

7. 결론

본 연구는 자동차의 자율주행을 위해 노면표시와 교통신호등 인식을 위한 알고리즘을 제안하는 기초연구를 수행했다. 본 연구에서 제안한 시스템과 알고리즘은 기존의 다양한 센서들(스테레오 비전시스템에 의한 교통환경 인식 방법이 가지고 있는 설치와 정보처리의 복잡성과 비경제성의 문제를 해결할 수 있었다. 실험에서 노면표시를 인식하는 데 걸린 시간은 39.3ms로 시속 50km 주행시 약1.8m를 진행하므로 주행중 노면표시를 인식하지 못하는 경우가 생길 수 있다. 이에 알고리즘의 단축을 통해 처리시간을 단축시켜 실시간 처리가 가능하도록 발전시켜나가고자 한다. 또 본 논문에서 제시한 교통신호 인식 알

고리즘은 기존의 컬러 색상정보를 이용한 다른 연구방법과는 달리 Intensity분포만을 가지고 신호등의 색상을 파악하였다. 이는 정보처리에 있어 처리속도를 빠르게 할 수 있으며, 자율주행에 있어 실시간 처리를 가능하게 할 수 있다고 본다. 다만 노이즈의 영향을 심하게 받으며 교통신호등 인식에 있어 신호등의 위치판별 및 다른 개체와의 구별에 어려움이 있고 Window의 Width가 잘 못하여 크게 설정되거나 3색등이 아닌 그 이상의 다색등에 대해서는 아직 연구되어지지 않았다. 이러한 부분을 보완하여 추후 교통환경에 능동적으로 대처할 수 있는 방법의 고안이 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] Shih-Ping Liou and Ramesh C. Jain, "Road Following Using Vanishing Points", *Computer Vision, Graphics, And Image Processing*, vol. 39, pp. 116-130, 1987.
- [2]Harley R.Myler and Arthur R.Weeks, "Computer Imaging Recipes in C",PTR Prentice Hall, pp.73-106,1993
- [3]Adrian Low, "Introductory computer vision and image processing", McGraw Hill
- [4]Rafeal C.Gonzalez, Richard E.Woods, "Digital Image Processing", addison Wesley, 1993
- [5] 최성구, 노도환, "정방형 교정 frame을 이용한 카메라의 교정 파라메타 추정에 관한 논문", 대한전자공학회논문지, vol. 33-B, no. 7, pp. 127-137, 1996.
- [6] 정준익, 고현민, 이광진, 최성구, 노도환, "자율주행을 위한 주행방향 추정과 장애물 검출 및 교통신호 인식에 관한 연구", 한국자동차공학회 춘계학술대회 논문집, Vol.II, pp426-433, 1997