

그림자 영역에서 강인한 지역 특징점 기반의 차선인식 기법

*김태동, **이강, *정경훈

*국민대학교, **한동대학교

*(mtd2012, khjung)@kookmin.ac.kr, **yk@handong.edu

Robust Lane Detection Algorithm in Shadow Area by using Local Feature Point

*Tae-Dong Kim, **Kang Yi, *Kyeong-Hoon Jung

*Kookmin University, **Handong University

요약

자동차 산업이 발전하면서 안정적인 주행과 운전자의 편의성을 위한 지능형운전자보조시스템인 ADAS (Advanced Driver Assistance System)가 이슈가 되고 있다. 차선인식의 결과에 따라 차선이탈 경고시스템의 성능이 달라지기 때문에 차선인식은 ADAS에서 매우 중요한 핵심적인 기술이라 할 수 있다. 이에 본 논문에서는 그림자 영역과 같이 밝기의 분포가 균일하지 않는 환경에서 강인하게 동작하는 차선인식 알고리즘을 제안하였다. 지역적인 밝기 특징을 고려하여 차선에 해당하는 특징점을 추출하며, 추출된 특징점 가운데 이상치(outlier)를 제거하기 위해 RANSAC (RANDOM SAMPLE CONSENSUS) 알고리즘을 이용하여 차선을 검출한다. 또한 RANSAC 알고리즘에서 신뢰도가 높은 차선이 검출되면 그 주위에 특징점을 추출하기 위한 관심영역을 설정함으로써 안정적인 차선 검출이 가능하도록 하였다.

1. 서론

자동차 산업이 발전하면서 안정적인 주행과 운전자의 편의성을 위해 컴퓨터가 차량으로부터 수집한 여러 정보를 분석하여 운전자를 보조하고 위기의 상황에 능동적으로 대처하는 시스템들이 개발 중이다. 컴퓨터 제어 시스템과 첨단 IT기술을 자동차에 접목한 지능형운전자보조시스템인 ADAS(Advanced Driver Assistance System)가 이슈가 되고 있다. ADAS의 주요 기술로는 차선이탈 경고시스템, 긴급제동 시스템, 교통표지판 인식 등이 있다 [1].

이 가운데 차선이탈 경고시스템은 차량의 전방 영상을 사용하여 차선을 인식하고 차량이 차선을 이탈하게 될 경우 운전자에게 경고를 주는 시스템이다. 차선 인식의 결과에 따라 차선이탈 경고시스템의 성능이 달라지기 때문에 차선 인식 알고리즘은 ADAS에서 매우 중요한

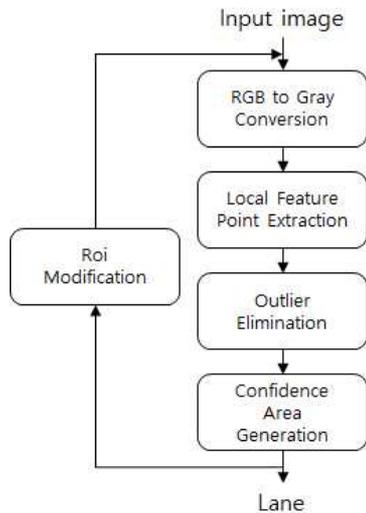
핵심적인 기술로서 인식 성능을 개선하고 환경 변화에 강인하게 하는 방향으로 지속적인 연구가 진행되고 있다. 이와 관련하여 다중 ROI (Region of Interest)와 허프 변환 (Hough transform)을 이용하여 차선을 검출하는 연구가 수행된 바 있으며 [2], 야간 환경에 적용하기 위한 차선 인식 알고리즘도 연구되기도 하였다 [3]. 차선 인식을 위한 통상적인 접근법은 전방 영상에서 에지 성분을 검출한 후 허프 변환을 사용하여 직선을 검출하는 것이다 [4]. 또한 투영 변환 기법을 사용하여 도로면을 상공에서 본 모습으로 변환한 후 차선을 인식하는 방법이 사용되기도 한다 [5].

차선 인식을 위한 기존 방법에서는 에지 검출을 하고 이진화를 하는 과정에서 영상 전체에 대해서 전역적인 고정 임계값을 이용하는 경우가 대부분이다. 전역적인 임계값을 사용하는 경우에는 다음의 그림 1 과 같이 차선 일부에 그림자가 드리워져 있거나 도로면 전체에 그림자가 있는 상황에서는 차선에 의한 에지 성분이 제대로 검출되지 않거나 그림자가 존재하는 부분에서 불필요한 에지가 검출되기 때문에 차선 인식 알고리즘의 성능에 심각한 영향을 줄 수 있다.

따라서 본 논문에서는 도로면의 그림자와 같이 영상 내에서 지역적인 밝기가 변하는 경우에 적용 가능한 차선검출 알고리즘을 제안한다. 이를 위해 전역적인 임계치를 사용하는 대신 영상의 지역적인 밝기에 따라 적응적으로 변하는 지역적 특징점을 추출하는 방법을 사용한다. 그리고 지역적 특징을 사용함에 따라 발생하는 이상치(outlier)를 제거하기 위해 지역 특징점을 대상으로 RANSAC (RANDOM SAMPLE



[그림 1] 그림자가 있는 도로 영상



[그림 2] 제안 알고리즘 순서도

Consensus) 알고리즘 [6] 을 적용해 차선을 검출하고 기 검출된 차선을 기반으로 신뢰영역을 설정하여 다음 프레임에서 지역 특징점 추출에 활용하는 방법을 사용한다.

2. 제안알고리즘

본 논문에서 제안한 차선 인식 알고리즘 구성은 그림 2과 같다. 먼저 컬러 영상을 밝기 영상으로 변환한 후 지역 특징점 추출, 이상치 제거와 차선 근사화, 그리고 신뢰영역 설정의 과정을 차례로 수행한다.

1) 지역 특징점 추출

먼저 차량용 카메라로부터 입력받은 RGB 컬러 영상을 밝기 영상으로 변환한다. 그리고 차선은 도로면보다 밝다는 정보를 이용하여 차선의 특징점을 추출한다. 차량의 그림자 또는 주변 구조물에 의한 그림자가 존재하거나 태양광의 일부를 구름이 가리게 되면 영상의 밝기가 균일하지 않다. 따라서 밝기 영상 전체에 대하여 에지를 찾고 이진화할 경우에는 불필요한 에지 성분이 검출되거나 필요한 에지 성분이 사

라질 가능성이 있다. 제안 방법에서는 지역적인 변화에 대응하기 위해서 영상의 각 라인마다 독립적으로 특징점을 추출한다.

그림 3에서는 본 논문에서 사용하는 지역적 특징점 추출과정을 나타내었다. 그림 3 (a)는 밝기 영상이며 그림 3 (b)는 특징점 추출을 위해 사용하는 1x3 크기의 마스크이다. 그림 3 (c)에서 보인 바와 같이 영상의 관심영역 내에서 마스크를 좌우 방향으로 이동시켜가면서 밝기값이 급격하게 변하는 위치를 찾는다. 관심영역은 초기에는 영상의 중앙에서부터 설정되며 일단 신뢰도가 높은 차선이 검출되면 이를 기반으로 신뢰영역이 설정되어 추후 관심영역으로 사용된다.

우측 차선의 경우에 차선의 안쪽에서는 변화의 방향이 (+)이며 바깥쪽에서는 (-)이다. 따라서 (+)의 변화 위치와 (-)의 변화 위치 사이의 거리가 일정 범위 내에 있으면 안쪽 차선의 위치를 지역 특징점이라고 판단한다. 좌측 차선의 경우에는 동일한 과정을 수행하되 반대로 계산한다. 하나의 라인에서 지역 특징점이 검출되면 이를 저장하고 다음 라인으로 이동하는 과정을 반복한다. 만일 이상의 조건을 만족하는 특징점이 존재하지 않으면 차선이 존재하지 않는 라인으로 간주한다. 영상에서 보듯이 점선 차선의 경우 일부 라인에서는 차선이 존재하지 않기 때문에 특징점이 추출되지 않는다.

결과적으로 그림 3 (d)와 같이 각각의 수평 라인마다 좌우 최대 두 개의 지역 특징점이 추출된다. 지역적인 특성을 사용하여 특징점 여부를 판단하기 때문에 안쪽 차선이 아닌 위치에서도 이상치들이 다수 존재함을 볼 수 있다. 특히 도로면에 차선 이외의 노면 표식이 존재하는 경우에는 이상치의 발생 빈도가 증가한다. 차선을 제대로 인식하기 위해서는 이러한 이상치를 제거할 필요성이 있다.

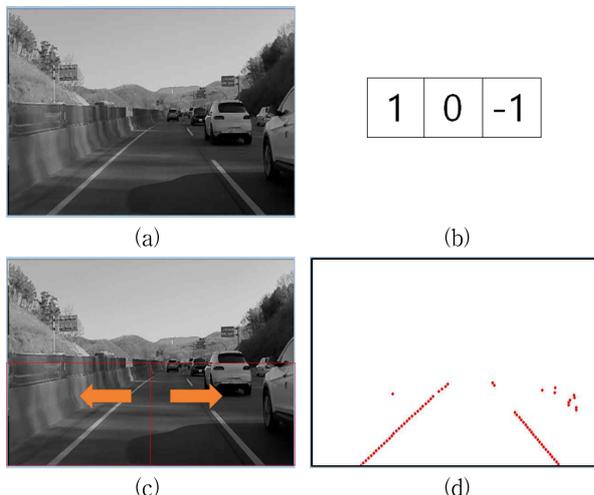
2) 이상치 제거와 차선 근사화

앞서 설명한 바와 같이 지역 특징점 가운데 존재하는 이상치를 제거하고 차선을 근사화하기 위해서 제안 방법에서는 RANSAC 알고리즘을 적용한다. 이 알고리즘은 이상치를 포함한 데이터가 주어질 때 임의의 개수를 선택하는 과정을 반복함으로써 최적으로 근사하는 직선 파라미터를 구하는 방법으로 도로 노면 표식이나 그림자 등으로 인해 지역 특징점의 위치가 차선에서 벗어나 존재하는 경우 이를 제외하고 차선을 근사하기에 적합한 방법이다.

RANSAC 알고리즘에서 직선으로 근사화하기 위해서 먼저 추출된 지역 특징점 가운데 임의의 두 점을 선택한다. 그리고 두 점을 지나는 직선과 나머지 특징점들 사이의 거리를 계산하여 거리가 정해진 임계값보다 작으면 직선에 속하는 내부의 점이라고 판단하고 임계값을 넘으면 외부에 속하는 이상치라고 판단한다. 이어서 전체 특징점의 개수에 대한 내부 점의 개수의 비율로서 해당 직선의 신뢰도를 추정한다. 다음의 식 (1)에서 신뢰도의 수식을 나타내었다. 여기서 $CL(i)$ 는 i 번째 직선의 신뢰도(confidence level)를 의미하고 $N_{inlier}(i)$ 은 그 직선을 기준으로 했을 때 내부 점의 개수, 그리고 $N_{feature}$ 차량 영상의 좌측 또는 우측에서 추출된 지역 특징점의 전체 개수를 의미한다.

$$CL(i) = \frac{N_{inlier}(i)}{N_{feature}} \times 100 (\%) \quad \text{식(1)}$$

임의의 직선에 대해 계산한 $CL(i)$ 의 결과가 정해진 임계값을 넘는 경우에 해당 직선을 차선이라고 판단한다. 실험에서는 임계값으로 50%를 설정하여 사용하였다. 이 과정은 차선이라고 판단되는 직선



[그림 3] (a) 밝기영상, (b) 에지 검출 마스크, (c) 관심영역 설정, (d) 특징점 추출 영상



그림 4. 검출된 차선을 이용한 신뢰영역 설정

이 나올 때까지 반복된다. 단 반복 횟수에 제한을 두어 무한히 반복되는 것을 방지한다.

3) 신뢰영역 설정

제안 방법의 성능은 이상치의 발생 빈도와 밀접한 연관이 있다. 만일 도로면 전체를 대상으로 관심 영역이 설정되면 차선이 아닌 위치에서도 지역 특징점이 등장할 수 있다. 특히 도로 노면표식은 차선과 비슷한 색상과 특성을 가지고 있어 지역 특징점으로 추출될 확률이 높으며 이렇게 잘못 추출된 지역 특징점들은 차선 검출에 악영향을 미치게 된다. 따라서 가능하면 이상치가 발생하지 않도록 관심영역을 제한할 필요가 존재한다.

제안 방법에서는 이전 프레임에서 차선이라고 판단된 직선의 신뢰도가 90% 이상이면 차선일 가능성이 매우 높으므로 해당 직선의 위치정보를 저장한다. 그리고 이 차선 위치를 중심으로 좌우의 일정 영역을 신뢰영역으로 설정하여 추후 지역 특징점 추출을 위한 관심영역으로 사용한다. 이러한 방법으로 관심영역을 설정한 것이 그림 4이다. 이와 같이 신뢰영역을 설정하여 지역 특징점 추출을 위한 관심영역으로 사용하면 도로면 가운데 차선이 존재하는 영역에서만 특징점을 찾게 되므로 이상치가 발생할 확률이 줄어들고 계산량이 줄어드는 장점이 있다.

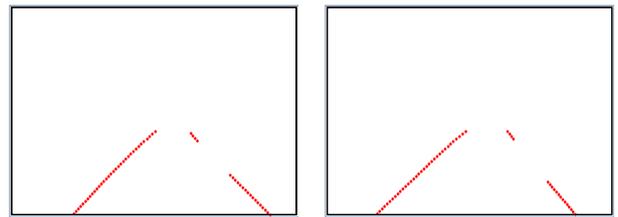
차선 검출 과정에서 신뢰도가 부족하여 일정 프레임 동안 차선이 검출되지 않으면 현재의 관심 영역 내에 차선이 존재하지 않는 것으로 판단하고 관심영역을 초기화한다. 즉 다시 영상의 중앙에서부터 마스크를 좌우 양방향으로 이동시키면서 지역 특징점을 검출한다.

3. 실험 결과

제안 알고리즘의 성능 평가를 위해 자동차 전용도로에서 촬영된 영상을 사용하여 실험을 수행하였다. 도로의 밝기가 균일하지 않은 환경에서 차선을 인식하는 것이 목적이므로 도로에 그림자가 드리워진 프레임 구간을 선택하여 그림자 영역을 위주로 성능을 살펴보았다.

한편 원본 영상에서 도로의 위치는 하단 부분에 있으므로 실험에서는 관심 영역의 초기 설정을 위해 원본 영상의 하단 35% 영역만을 대상으로 하였다.

그림 5에서는 제안 방법을 사용하여 지역 특징점을 추출한 결과와 함께 RANSAC를 통해 인식한 차선의 결과를 나타내었다. 그림 5 (a)는 차선의 지역 특징점을 추출하여 영상에 표시한 것으로서 도로에 그림자가 존재하는 영역에서도 차선 위치에서 특징점이 성공적으로 추출됨을 볼 수 있다. 그림 5 (b)는 RANSAC을 이용하여 차선을 추출한 것으로 차선을 잘 추출 해낸 것을 볼 수 있다.



(a)



(b)

그림 5. (a) 특징점 추출 결과, (b) 차선 인식 결과

그리고 제안 방법의 성능 비교를 위해 그림 6에서는 통상적인 차선 인식기법에서 사용하는 방법 즉 동영상에서 에지 성분을 검출하고 이진화한 후 허프 변환을 이용하여 직선을 검출하는 방법과 제안 방법을 비교하였다. 그림 6 (a)는 통상적인 접근방법을 통해 차선을 검출한 결과를 나타낸다. 전역적인 임계값을 적용하기 때문에 차선에 그림자가 드리워지거나 도로면이 어두운 경우에는 차선에 해당하는 에지가



(a)



(b)

그림 6. (a) 기존 접근방법에 의한 차선 검출결과 (b) 제안 방법을 이용한 차선검출 결과

제대로 검출되지 않는 결과를 확인할 수 있다. 또한 도로면에 드리어진 그림자의 경계 부근에서 불필요한 에지가 검출되기 때문에 성능 저하의 원인이 되고 있다. 반면 그림 6 (b)에서 보인 바와 같이 제안 방법에 의한 차선 검출 결과에서는 그림자가 존재하는 영역에서도 차선이 성공적으로 검출됨을 확인할 수 있다.

한편 제안 방법의 처리속도는 Intel (R) Core(TM) i5 CPU 3.40GHz, 8GB RAM, Windows 8.1 64bit PC 환경과 Visual Studio 2013, Opencv 3.1 버전에서 640x336의 해상도를 가진 영상으로 실험하였을 때 평균적으로 초당 187 프레임으로 측정되었다. 따라서 실시간 처리에 문제가 없음을 확인하였다.

4. 결론

본 논문에서는 도로면의 밝기가 균일하지 않은 환경에서도 강인하게 동작하는 차선인식 알고리즘을 제안하였다. 제안 방법에서는 지역적인 임계값을 사용하는 대신 영상의 지역적인 밝기 변화를 고려하기 위해 관심영역 내에서 수평라인마다 1x3 크기의 작은 마스크를 적용하여 좌우 양방향으로 안쪽 차선의 위치를 특징점으로 추출하였다. 그리고 도로의 노면 표식 등에 의한 특징점 이상치를 제거하기 위해 RANSAC 알고리즘을 사용하여 지역 특징점들로부터 차선을 근사화하였다. 또한 검출된 차선에 대해 신뢰도를 정의하고 이 값이 충분히 높은 차선의 주변 영역을 신뢰영역으로 설정하여 이후 지역 특징점을 추출하는 관심영역으로 사용하였다. 모의실험을 통해 제안 방법이 그림자 영역에서도 차선을 성공적으로 검출하였고 실시간 처리에 문제가 없음을 확인하였다.

향후 연구 과제으로써, 본 논문에서 사용하는 차선 신뢰도 판정 및 신뢰영역 설정 과정을 정교화하여 차선 검출의 정확도를 향상시키고 차량이 차선을 변경하는 중에도 차선 검출이 가능하도록 차량의 주행 패턴 변화에 따라 관심영역을 설정하는 연구를 진행하고자 한다. 또한 현재의 제안 방법으로는 곡선 차선을 인식하기에 곤란한데 이를 검출하기에 적합하도록 제안 방법을 확장하고자 한다.

이 논문은 2015년 정부(미래창조과학부)의 재원으로 (재)스마트 IT 융합 시스템 연구단(글로벌프런티어사업)의 지원을 받아 수행된 연구임 ((재)스마트 IT 융합시스템 연구단-2011-0031863)

참고문헌

- [1] 정도현, '지능형자동차 기술동향 및 미래형자동차기술개발사업,' 오토저널 제28권 제4호, 2006.8, 46-52
- [2] 조재현, 장영민, 조상복, '다중 ROI에서 영상 화질 표준화 및 선택적 히프 변환 알고리즘을 통한 고성능의 차선 인식 알고리즘' 전자공학회논문지, 52(2), 2015.2, 148-161
- [3] 김홍룡, 이선봉, '카메라 기반 야간 차선 인식을 개선 위한 영상처리 알고리즘에 대한 연구,' 한국자동차공학회논문집 21(1), 2013.1, 51-60
- [4] 박은성, 유창호, 최재원, '히프변환을 이용한 무인주행차량의 실시간 차선검출 알고리즘,' 제어로봇시스템학회 국내학술대회 논문집, 2014.5, 275-276

- [5] Shin, Juseok, et al. "Lane detection algorithm based on top-view image using random sample consensus algorithm and curve road model." Ubiquitous and Future Networks (ICUFN), 2014 Sixth International Conf on. IEEE, 2014.
- [6] Fischler, Martin A., and Robert C. Bolles. "Random sample consensus: a paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography." Communications of the ACM 24.6 (1981): 381-395.