

퍼지 이진화와 허프 변환을 이용한 주행 경로 검출

우영운*

Navigational Path Detection Using Fuzzy Binarization and Hough Transform

Young Woon Woo *

요약

기존의 허프 변환을 이용한 차량 주행 경로 검출 기법에서는 배경 영상이 복잡하지 않은 차량 주행 영상에서 주행선 이탈 여부를 판별하였다. 하지만 획득된 차량 주행 영상에는 도로의 장애물이나 그림자, 다른 차량 등 주행 경로 인식을 방해하는 요소들이 있으므로 주행 경로 검출에 있어서 매우 큰 장애물로 작용하였다. 이 논문에서는 퍼지 이진화 기법과 캐니 마스크를 적용함으로써 기존에 제안된 허프 변환만을 이용한 주행 경로 검출 기법보다 효과적인 주행 경로 검출 기법을 제안한다. 이 논문에서 제안한 주행 경로 검출 기법의 성능을 평가하기 위하여 20개의 영상을 대상으로 실험한 결과, 주행 경로를 검출하는 데에 더욱 효과적인 것을 확인하였다.

▶ Keywords : 주행 경로 검출, 퍼지 이진화, 허프 변환

Abstract

In conventional methods for car navigational path detection using Hough transform, navigational path deviation of a car is decided in car navigational images with simple background. But in case of car navigational images having complex background with obstacles on the road, shadows, other cars, and so on, it is very difficult to detect navigational path because these obstacles obstruct correct detection of car navigational path. In this paper, I proposed an effective navigational path detection method having better performance than conventional navigational path detection methods using Hough transform only, and fuzzy binarization method and Canny mask are applied in the proposed method for the better performance. In order to evaluate the performance of the proposed method, I experimented with 20 car navigational images and verified

•제1저자 : 우영운 •교신저자 : 우영운

•투고일 : 2014. 1. 28, 심사일 : 2014. 2. 4, 게재확정일 : 2014. 2. 12.

* 동의대학교 멀티미디어공학과(Dept. of Multimedia Engineering, Dong-Eui University)

※ 이 논문은 2012학년도 동의대학교 교내연구과제(2012AA200)에 의해 지원되었음.

the proposed method is more effective for detection of navigational path.

▶ Keywords : Navigational path detection, Fuzzy binarization, Hough transform

I. 서론

최근 차량의 급속한 증가로 인해 교통사고가 많이 발생하고 있다. 특히 교통사고의 원인 중에 가장 많이 일어나는 사고는 음주운전과 졸음운전이다. 음주 운전은 경찰이 음주 단속 등을 통해서 사고를 예방할 수 있지만 졸음운전은 자기 자신과의 싸움에서 이겨야 하는 정신적인 요인이다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서 사용할 수 있는 방법으로는 자동으로 주행 경로를 판단하여 주행 경로를 벗어나는 경우 자동으로 경보를 내는 방법이 가능하다. 이를 위해서는 가장 중요한 기술이 주행 중인 차량이 주행 경로를 자동으로 인식하고 그 주행 경로를 따라 바르게 주행하고 있는지 아닌지를 자동으로 판단할 수 있는 기술이다[1][2].

주행 경로를 자동으로 판단하기 위하여 주행 중인 상황에서 도로 영상을 인식하고 분석하는 기법들 중에 많이 활용되고 있는 기법이 허프(Hough) 변환을 이용하여 차선 경계선을 검출한 후 주행 경로를 확인하는 기법이다[3].

기존의 허프 변환만을 이용한 주행 경로 검출 기법은 배경 정보가 반영되지 않은 정상 주행 중인 차량의 경우에만 주행 경로 이탈 여부를 판별하였다[4]. 하지만 획득한 영상에는 도로의 장애물이나 그림자, 다른 차량, 도로 주변 환경 등 차선 경계선 인식을 방해하는 요소가 등장하여 기존의 기법으로는 차선을 검출하는데 있어서 큰 장애물은 효과적으로 제거할 수 있으나 주변 환경의 작은 장애물들은 효과적으로 제거하지 못하였다. 따라서 이 논문에서는 획득된 도로 주행 영상에 퍼지 이진화 기법[5]과 캐니(Canny) 마스크를 적용한 후 기하학적 변환들 중의 하나인 허프 변환을 이용하여 주행 경로를 검출하는 기법을 제안한다.

2장에서는 퍼지 이진화 기법과 허프 변환을 이용한 제안한 처리 기법에 대하여 설명하고 3장에서는 실험 및 결과 분석에 대하여 설명한다. 그리고 4장에서 결론과 향후 연구 과제를 제시하였다.

II. 제안 기법

제안한 주행 경로 검출 기법은 그림 1과 같다.

1. 그레이(gray) 영상 변환

입력 영상의 주행 경로 윤곽선 추출 효율을 높이기 위한 허프 변환이나 캐니 마스크를 적용하기 위하여 그림 2와 같이 컬러로 입력되는 도로 주행 영상을 그레이 영상으로 모두 변환한다.

그레이 변환 기법만을 적용한 주행 영상에서는 주변의 작은 장애물들을 효과적으로 제거하지 못하는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 이 논문에서는 그레이 변환을 적용한 후, 퍼지 이진화 기법을 적용하여 차량 주행 경로를 검출하는 방법을 제안한다.

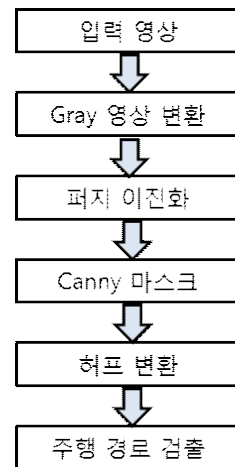


그림 1. 제안된 주행 경로 검출 처리 과정
 Fig. 1. The Proposed Process of Navigational Path Detection



그림 2. 입력 주행 영상과 그레이 변환 영상
Fig. 2. Input Navigational Image and Its Gray-scale Image

2. 제안한 퍼지 이진화 기법

대부분의 이진화 알고리즘은 임계치를 결정하기 위하여 히스토그램을 사용하여 밝기분포를 분석한다(6). 배경과 물체의 명도 차이가 큰 경우에는 분할을 위해 양봉(bimodal) 히스토그램으로 표현하여 최적의 임계치를 찾기 위해 히스토그램 골짜기(valley)를 선택하는 것만으로도 양호한 임계치 결과를 얻을 수 있으나, 배경과 물체의 밝기 차이가 크지 않거나 밝기 분포가 양봉 특성을 보이지 않을 때는 히스토그램 분석만으로 적절한 임계치를 얻기 어렵다(7). 일반적으로 한 영상에서는 넓은 영역에 걸쳐 명암도 변화가 일어나고 다양한 유형의 물체가 포함되어 있으므로 스케치 특징점 유무를 판별하는 임계치의 결정에는 모호함이 존재한다. 또한 각 화소가 가지는 명암값은 퍼지 단함수(fuzzy sigleton)로 볼수 있으며, 임계치 결정을 위한 처리과정 또한 부정확성과 불확실성이 존재한다(8).

그림 3은 이 논문에서 제안한 퍼지 소속 함수이며 다음은 최대 밝기 값(I_{max})와 최소 밝기값(I_{min})을 구하는 과정이다.

$$X_m = \sum_{i=1}^{255} \frac{X_i^r + X_i^g + X_i^b}{3} \times \frac{1}{M \times N} \quad (1)$$

식 (1)은 입력된 영상의 RGB 값을 각각 X_i^r , X_i^g , X_i^b 로 정의하고 M 과 N 은 영상의 픽셀 넓이와 길이를 의미하며, 중간 밝기 값 X_m 을 구하는 식이다.

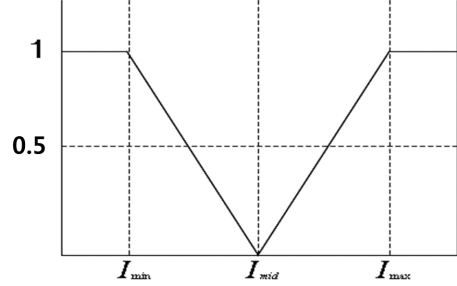


그림 3. 제안된 퍼지 소속 함수
Fig. 3. The Proposed Fuzzy Membership Function

$$\begin{aligned} D_{max} &= |X_h - X_m| \\ D_{min} &= |X_m - X_l| \end{aligned} \quad (2)$$

중간 밝기 값 X_m 을 이용하여 어두운 영역(D_{min})과 밝은 영역의 거리(D_{max})는 식(2)와 같이 계산한다. 여기서 X_h 는 가장 밝은 픽셀이고 X_l 는 가장 어두운 픽셀이다.

밝기 조정률 α 는 식 (3)과 같이 계산한다.

$$\begin{aligned} \text{if } (X_m > 128) \text{ then } X_m &= 255 - X_m \\ \text{else } X_m & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{if } (D_{min} > X_m) \text{ then } a &= X_m \\ \text{else } a &= D_{min} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{if } (D_{max} > X_m) \text{ then } a &= X_m \\ \text{else } a &= D_{max} \end{aligned} \quad (3)$$

밝기 조정률 α 를 이용하여 최대 밝기 값(I_{max})과 최소 밝기 값(I_{min})과 중간 밝기 값 (I_{mid})을 구하는 식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} I_{max} &= X_m + a \\ I_{min} &= X_m - a \\ I_{mid} &= \frac{I_{max} + I_{min}}{2} \end{aligned} \quad (4)$$

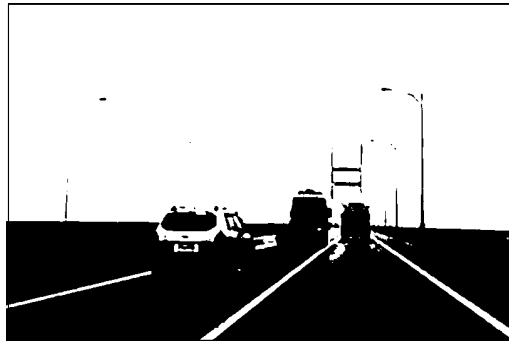
식 (5)는 영상의 어두운 영역의 픽셀의 소속도를 구하는 식이다.

$$\begin{aligned}
 & \text{if}(X_m < I_{\min})\mu(y) = 1 \\
 & \text{if}(X_m > I_{\min} \text{ and } X_m < I_{\text{mid}}) = \left(\frac{X_m - I_{\min}}{I_{\text{mid}} - I_{\min}}\right)\mu(y) \\
 & \text{if}(X_m > I_{\text{mid}})\mu(x) = 0
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

그림 4는 gray 영상에 제안한 퍼지 이진화 기법을 적용한 결과를 나타낸다.



(a) 그레이 영상
(a) Gray Image



(b) 퍼지 이진화 영상
(b) Fuzzy Binarized Image

그림 4. 퍼지 이진화 적용 결과
Fig. 4. The Result of Fuzzy Binarization

3. 캐니 마스크를 이용한 에지 추출

도로 주행 영상으로부터 주행 경로 영역을 추출하기 위해 캐니 마스크를 적용하여 에지를 검출한다. 캐니가 제시한 에지 추출은 다음과 같은 세 가지 특징이 있다. 첫째, 에지들에 대해서만 반응이 있어야 하고, 에지들을 모두 찾아야 한다. 둘째, 발견된 에지 픽셀과 실제 에지 사이의 거리는 가능한

적어야 한다. 셋째, 하나의 에지가 존재하는 곳에서는 여러 개의 에지가 나타나서는 안 된다[9]. 캐니 마스크의 수행 과정은 먼저 가우시안(Gaussian) 마스크를 이용하여 잡음을 제거한 후, 소벨(Sobel) 마스크와 같은 윤곽선 검출 마스크를 적용하여 윤곽선을 검출한다. 즉 가우시안 마스크를 이용한 스무딩(smoothing)을 수행한 후, 1차 미분 마스크(소벨 마스크)는 x방향과 y방향에 대해 적용하여 x방향 미분 값과 y방향 미분 값을 구하여 기울기 크기와 방향각을 구하는 것이다. 기울기 크기가 방향의 주변 값보다 작을 경우 에지 대상에서 제거시키게 된다. 따라서 Canny 마스크를 사용할 경우에는 그림 5와 같이 영상의 잡음에 강하고 강한 윤곽선들만을 검출할 수 있다는 장점이 있다[10, 11].

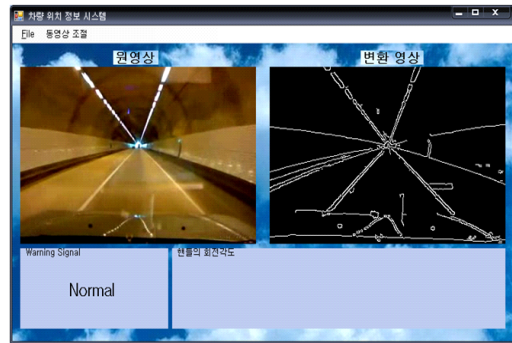


그림 5. 캐니 마스크 적용 영상
Fig. 5. Canny Mask Applied Image

4. 허프 변환

허프 변환은 영상 처리에서 사용되는 기하학적 변환의 한 종류로 형상 검출이나 특징 추출을 위한 영상 처리에 공통적으로 사용된다. 허프 변환은 직각 좌표계에 있는 영상 평면의 한 점을 지나는 직선들의 조합을 파라메트릭 표현(parametric representation)으로 변환하고 이를 해석하여 기하학 정보를 추출한다.

$$p = x \cos \theta + y \sin \theta
 \tag{6}$$

식 (6)은 점 $p(x, y)$ 를 지나는 직선들의 파라메트릭 표현이다. x 와 y 는 영상 평면의 픽셀 좌표, p 는 영상의 좌측 상단에서 직선까지의 수직거리 이고 θ 는 직선과 직교 직선 사이의 각도를 나타낸다. 점 $p(x, y)$ 를 통과하는 모든 직선들은 유일한 $p - \theta$ 조합에 의해 표현된다. 이러한 $p - \theta$ 값들은 정현 곡선(sinusoidal curve)들로 표현되는 2차원 파라메트릭 공간을 만들기 위해 사용된다[12].

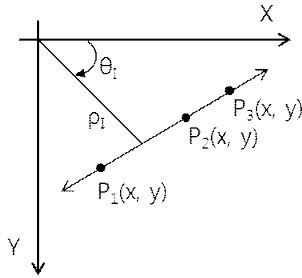


그림 6. 허프 변환의 처리 과정
Fig. 6. Process of Hough Transform

그림 6은 파라메트릭 공간 해석을 바탕으로 동일선상의 점들을 찾기 위해 허프 변환을 처리하는 과정을 보여준다. 점 $P_1(x, y)$, $P_2(x, y)$ 그리고 $P_3(x, y)$ 은 하나의 직선상에 있으며 동일한 $p - \theta$ 조합 (ρ_I, θ_I)을 갖고 있다. 허프 변환은 일반적으로 직선을 찾기 위해 에지 영상에 적용된다. 또한 그림 6에서와 같이 2차 공간 $p - \theta$ 누적기를 사용한다. 에지 픽셀을 지나는 직선을 표현하는 p 값들은 θ_{min} 에서 θ_{max} 까지의 각도로부터 계산된다. 이러한 $p - \theta$ 조합과 관련된 배열의 데이터들을 증가 시킨다. 전체 에지 영상을 처리한 후, $p - \theta$ 누적기의 배열은 가장 큰 값을 찾기 위해 검색된다. 가장 큰 값을 갖는 배열은 파라메트릭 공간에서 교차 지점을 표현하며 에지 영상에서 직선을 나타낸다.

III. 실험 및 결과 분석

이 논문에서는 Intel Pentium(R)4 3.0GHz와 1.50GB의 RAM을 가진 PC 환경에서 Visual Studio 2008로 제안된 방법을 구현하여 실험하였다. 20 가지의 도로 주행 영상을 대상으로 제안한 주행 경로 검출 기법을 적용한 결과, 표 1에 나타나 있는 것처럼 20가지의 영상 중에서 16가지의 영상에서 주행 경로가 정확히 검출되는 것을 확인할 수 있었다.

표 1. 실험 결과
Table 1. Experimental Result

실험 영상 개수	주행 경로 추출 성공 개수
20	16

그림 7과 그림 8은 주행 경로가 정상적으로 검출된 결과들 중 2 가지 경우를 나타낸다.



그림 7. 허프 변환을 이용한 주행 경로 검출(터널 주행)
Fig. 7. Navigational Path Detection Using Hough Transform(Tunnel Navigation)

그림 9와 같이 기존의 허프 변환을 이용한 주행 경로 검출 기법은 주위의 방해물이나 전기줄 등 때문에 주행 경로가 정확히 검출 되지 않았으나 제안한 퍼지 이진화와 허프 변환을 이용한 주행 경로 검출 기법을 적용한 경우에는 그림 10과 같이 주행 경로를 정확히 검출하였다.



그림 8. 허프 변환을 이용한 주행 경로 검출(야간 주행)
Fig. 8. Navigational Path Detection Using Hough Transform(Night Navigation)



그림 9. 기존 기법을 이용한 주행 경로 검출 실패 영상
Fig. 9. Failure of Navigational Path Detection Using Conventional Method



그림 10. 제안 기법을 이용한 주행 경로 검출 성공 영상
 Fig. 10. Success of Navigational Path Detection Using The Proposed Method

그러나 그림 11, 그림 12와 같이 제안한 주행 경로 검출 기법을 이용하는 경우에도 잡음을 완벽히 제거하지는 못하는 현상이 발생하여 주행 경로를 바르게 검출하지 못하는 경우가 있었으며, 곡선 주행 경로가 포함된 구간에서도 주행 경로를 정확히 검출하지 못하는 경우가 발생하였다.



그림 11. 주행 경로 검출 실패 영상 #1
 Fig. 11. Failure of Navigational Path Detection #1

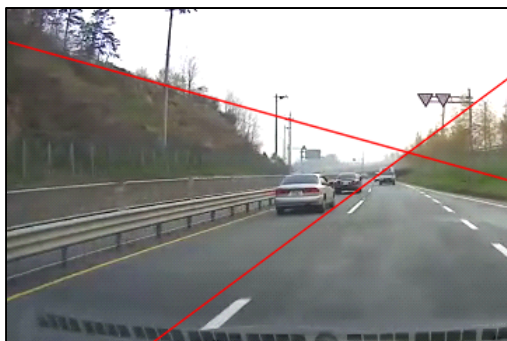


그림 12. 주행 경로 검출 실패 영상 #2
 Fig. 12. Failure of Navigational Path Detection #2

IV. 결 론

이 논문에서는 퍼지 이진화와 허프 변환 기법을 이용하여 도로 주행 영상에서의 주행 경로를 검출하는 방법을 제안하였다. 기존의 주행 경로 검출 기법은 큰 장애물들은 효과적으로 제거할 수 있으나 주변 환경의 작은 장애물들은 효과적으로 제거 하지 못하여 주행 경로를 바르게 추출할 수 없는 경우가 발생하였다. 그러나 이 논문에서는 이러한 문제점을 개선하기 위하여 퍼지 이진화를 적용하여 미세 잡음들을 제거한 후, 잡음이 제거된 영상에서 캐니 마스크와 허프 변환을 적용하여 주행 경로를 검출하는 기법을 제안하였다. 제안된 주행 경로 검출 방법을 다양한 영상에 적용한 결과, 기존의 주행 경로 검출 기법보다 효과적으로 주행 경로를 검출하는 것을 확인할 수 있었다. 향후 연구 과제는 도로 주행 영상들 중 곡선 영역에서의 주행 경로를 검출할 수 있도록 제안한 주행 경로 검출 방법을 개선할 필요가 있다.

참고문헌

- [1] Dongwook Kim, Hakgu Kim and Kyongsu Yi, "Design of Near-Minimum Time Path Planning Algorithm for Autonomous Driving," Journal of the Korean Society of Mechanical Engineers, Vol. 37, No. 5, pp. 609-617, May 2013.
- [2] Jungmin Kim, Jungmin Heo, Sungyoung Jung and Sungshin Kim, "Path-planning using Modified Genetic Algorithm and SLAM based on Feature Map for Autonomous Vehicle," Journal of Korean Institute of Intelligent Systems, Vol. 19, No. 3, Mar. 2009.
- [3] Gi-Seok Kim, Jin-Wook Lee and Jae-Soo Cho, "Study on Effective Lane Detection Using Hough Transform and Lane Model," Proceeding of ICS 2009, No. 5, pp. 34-36, May 2009.
- [4] JaeMook Kang and EungTae Kim, "Effective Lane Detection using Hough Transform," Proceeding of KICIS, Vol. 2009, No. 11, pp. 87-88, Nov. 2009.
- [5] Kwang-Baek Kim and Young-Ju Kim, "Enhanced Binarization Method using Fuzzy Membership Function," Journal of the Korea Society of

- Computer and Information, Vol. 10, No. 1, pp. 67-72, Jan. 2005.
- [6] S. K. Pa and R. A. King, "Image enhancement using smoothing with fuzzy sets," IEEE Trans. on SMC, Vol. 11, No. 7, pp. 491-510, Jul. 1981.
- [7] L. A. Zadeh, A Fuzzy-Algorithmic Approach to the Definition of Complex or Imprecise Concept, International Journal of Man-Machine Studies, Vol. 8, No. 3, pp. 249-291, May 1976.
- [8] Dae-Young Choi., Piecewise Linear Transformation Method based on SPMF and Its Application to Linguistic Approximation, Journal of KIPS, Vol. 8-b, No. 4, pp.351-356, Apr. 2001.
- [9] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, "Digital Image Processing", Addison Wesley, 1992.
- [10] Gregory A. Baxes, "Digital Image Processing," John Wiley and Sons Inc, 1994.
- [11] Chil-Woo Lee and Min-Young Jung, "C# Digital Image Processing," Miracom, Seoul, Korea, Mar. 2010.
- [12] Jong Ju Choi and Chae Young Jeong, "A Survey on the Detection Methods for GHT for the Image Processing," Journal of the Korea society of computer and information, Vol. 2, No. 1, pp. 63-74, Jan. 1997.

저 자 소 개



우 영 운

1991년 8월 :

연세대학교 본대학원
전자공학과(공학석사)

1997년 8월 :

연세대학교 본대학원
전자공학과(공학박사)

1997년 9월~현재 :

동의대학교

멀티미디어공학과 교수

관심분야 : 인공지능, 패턴인식,
퍼지이론, 의료정보

E-mail : ywwoo@deu.ac.kr