

최적의 세선화 영역 차선인식 알고리즘 및 이탈경보시스템

이준섭\*, 정차근  
호서대학교 메카트로닉스공학과

Optimization Thinning area Lane Detection and LDWS Algorithm

Jun-sup Lee\*, Cha-Keon Cheong  
Dept. of Mechatronics Engineering Hoseo University

**Abstract** - 논문에서는 비전센서로 전방도로영상을 획득하여 차선인식과정을 거쳐 자율주행에 필요한 도로정보를 추출하고 사고를 방지할 수 있게 경보음을 발생하는 기법을 제시한다. 비전을 통해 입력되는 정보중 직선도로나 곡선도로의 외곽에 해당하는 백색 선만을 인식하는 알고리즘이 필요하다. 이러한 알고리즘을 수행하기 위해서는 많은 계산량이 필요로 하기 때문에 실시간의 자율주행 시스템에의 적용은 제약이 수반된다. 본 논문은 이와 같은 문제를 해결하기 위해 세선화 영역 및 차선이탈경보시스템(LDWS) 알고리즘을 제시한다.

1. 서론

현재 진행되어지고 있는 AVS(Advanced Vehicle System) 연구에는 차선이탈이나 추돌 사고를 미연에 방지하는 운전자 보조 시스템에서 향후 완전 자율 주행 차량까지 연구 범위가 매우 다양해지고 있다. 자동차 전자제어 기술의 발달에 따라 단순한 운송수단의 개념보다 향상된 안전성과 편리성을 추구하고 있다. 특히 주행 중 운전자의 과실로 인해 발생할 수 있는 교통사고를 미연에 방지하기 위한 각종 센서 및 장비 개발을 활용한 알고리즘 개발 연구가 활발히 진행되고 있다.[1] 그중 본 논문에서는 비전센서로 전방도로영상을 획득하여 차선인식과정을 거쳐 자율주행에 필요한 도로정보를 추출하는 기법과 차선정보를 이용하여 LDWS(Lane Departure Warning System)을 제시한다.

비전을 통해 들어오는 정보 중 직선도로나 곡선도로의 외곽에 해당하는 백색 선만을 특정화 시키고 선을 인식하는 알고리즘이 쓰인다. 이러한 차선을 인식하는 보편적인 방법으로 농도투영법[2], Hough변환[3], 소벨마스킹[4] 기법, 저장된 패턴을 이용한 매칭방법[5] 등이 사용되고 있다. 그러나 기존의 방법들은 많은 계산량이 필요로 하기 때문에 실시간의 자율주행 시스템에 적용 하는 데에는 제약이 수반된다. 또한 논문에 제안된 차선인식 머신비전만으로 실외의 도로환경에 적절한 신뢰성을 얻기가 어렵다.

차선이탈경보시스템(LDWS)은 차량이 운전자의 의도와 상관없이 주행중인 차선을 벗어나려고 할 때 운전자에게 경보를 울리게 함으로써 사고의 가능성을 미리 차단할 수 있다.

본 논문은 이와 같은 문제를 해결하기 위한 Kalman Filter를 이용한 세선화 영역 알고리즘을 제시하고, 이러한 성능을 만족시킬 수 있는 LDWS의 개발에 있어서 필요한 방법을 제시하고자 한다.

2. 본론

2.1 Kalman Filter

칼만 필터는 흔히 “최적반복적 자료처리”(an optimal recursive data processing algorithm) 이라고 불린다. 반복적인 연산을 통해 최적의 값을 추적하는 것이 칼만필터의 기본개념 이라 할 수 있다.

$$X_k = Ax_{k-1} + Bu_k + w_{k-1} \quad (1)$$

$$Z_k = Hx_k + v_k \quad (2)$$

위식과 같이 시스템방정식(1)과 관측방정식(2)으로 표현할 수 있다. X는 최적화를 하고자 하는 상태변수를 의미하고 계속 A는 한단계에서의 상태변수와 다음 단계의 상태변수를 연결하는 변환 계수를 표현한다. B와 u는 한 덩어리로 인식 할 수 있으며 이들은 시스템에 무관한 추가 입력값이다. 마지막으로 w는 k단계에서 상태변수 x의 잡값과의 차이값 또는 시스템 오차이다.

$$P(w) \sim N(0, Q), \quad P(v) \sim N(0, R) \quad (3)$$

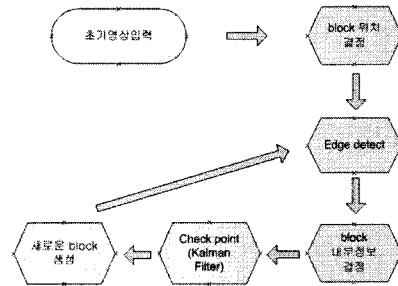
위 (3)식은 시스템 노이즈(w)가 있다고 가정하고 측정시에는 노이즈(V)가 있다고 가정을 한다. 그러나 이 노이즈는 평균이 0이고 공분산이 Q 이고 R인 가우시안분포를 띤다고 가정을 하면 노이즈를 공분산 Q와 R을 통해서 표현된다.

Kalman Filter는 측정오차의 공분산행렬과 초기값, 이에 관한 오차추정치를 포함하는 초기정보인 X와 단위행렬 P에 의해 만들어 지고 이는 칼만 이득이 조정되므로 다음 상태를 예측할 때 정확성이 향상되는 효과를 볼 수 있다.

2.2 세선화 block

연속되는 입력영상은 필요한 정보를 추출하기 위해 전체 영상에 대하여 세선화를 실시하는 것은 불필요한 연산의 증가를 불러온다.

그러하여 필요한 부분만을 탐색영역인 block을 지정하여 영상처리 시간을 감소 시키는 연구가 진행되고 있다.[6] 주행상황에 따라 차선폭들은 변화하기 때문에 곡률에 따라 block의 위치를 동적으로 이동시키는 것이 필요하다.

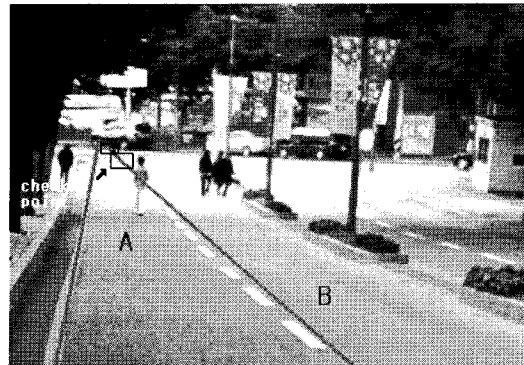


[그림1] window block결정 흐름도

그림1은 이동블록을 window블락으로 정의하여 사용한 동적 탐색 알고리즘을 제시 한 것이다.

전처리과정에서 window block내부에서 전(k-1)시점에서 검출된 차선이 gaussian 분포를 가진다고 할 때 B가 A보다 차선이라는 높은 신뢰성을 가진다.

이때 차선영역이라고 정해진 B를 바탕으로 check point를 지정 할 수 있다. 그림 2에는 결정된 block의 내부에 영상이 입력되었을 때, 소벨마스킹을 사용하여 차선 성분을 추출하고 연산을 통해 check point를 결정하고 이를 바탕으로 칼만 필터를 사용하여 새로운 window block을 결정한다. 칼만 필터의 predict(예측) 루틴과 correct(보정) 루틴을 이용하여 다음 시점에서 입력되는 영상의 일부분만을 탐색영역으로 결정할 수 있다. 이전 시점(k-1)의 check point 위치정보를 바탕으로 현 시점(k)의 window block을 예측하고, 예측한 값과 실제 측정된 값과의 오차를 보정하는 칼만 필터를 사용한다.



[그림2] k시점 block 내부 분석

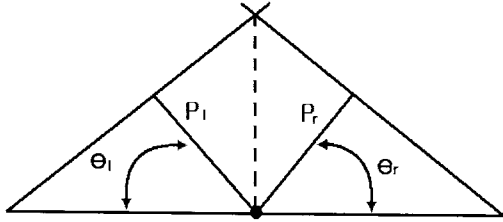
\*이 논문은 2008년도 교육부 BK21 사업의 지원으로 수행되었음.

### 2.3 차선경보시스템

LDWS는 주행중인 차량의 바퀴가 차선을 벗어나기 직전에 작동되는 것을 목표로 해야한다. 알려진 바로는 도색된 차선마크를 인식할 수 있는 가장 적절한 컴퓨터 비전기술을 이용하는 것이다.[7]

LDWS를 적용하기 위해서 제안하는 알고리즘에서 가장 큰 문제점은 4가지 차선 파라미터를 모든 영상에 항상 신뢰성 있게 추출할 수 없다는 점이다. 머신비전의 관점에서 볼 때 도로환경은 너무 많은 잡음 요소에 노출되어 있기 때문에 영상처리를 통해 추출된 차선 파라미터에 에러가 수반될 수 있고, 이렇게 되면 차선인식 과정에서 다른 결과를 도출 하게 된다.

본 논문에서는 이를 위해 차선표식의 경계픽셀을 정확하게 추출할 수 있다는 것과 선형회귀법을 통해 임의의 중간에 발생하는 에러를 극복할 수 있도록 조치가 취해졌다.



[그림3] 차선관련 파라미터

LDWS에 사용될 카메라가 차량의 중심축과 일치되게 설치되었을 때 차량이 우측방향으로 차선을 이탈할 경우  $\theta_R$ 과  $\rho_R$ 은 줄어든 반면  $\theta_L$ 과  $\rho_L$ 은 다소증가하고, 반면에 좌측방향으로 차선을 이탈할 경우  $\theta_L$ 과  $\rho_L$ 은 줄어든 반면  $\theta_R$ 과  $\rho_R$ 은 증가 한다.

그림3에 차선이탈인식의 허프변환에서 추출한 최대 안과 밖의 선을 검출한 결과에서 정보 8가지로 차선관련 파라미터 ( $\theta_{Lin}$ ,  $\rho_{Lin}$ ), ( $\theta_{Lout}$ ,  $\rho_{Lout}$ ), ( $\theta_{Rin}$ ,  $\rho_{Rin}$ ), ( $\theta_{Rout}$ ,  $\rho_{Rout}$ ) 4개의 이탈비를 아래와 식(4) 같이 정의할 수 있다.

$$\xi_1 = \frac{\theta_{Lin}}{\theta_{Rin}}, \quad \xi_2 = \frac{\theta_{Lout}}{\theta_{Rout}}, \quad \xi_3 = \frac{\rho_{Lin}}{\rho_{Rin}}, \quad \xi_4 = \frac{\rho_{Lout}}{\rho_{Rout}} \quad (4)$$

카메라의 중심축이 차선의 중심과 가깝고, 차선방향과 가능한 일치한다면 4개의 식의 비는 1에 접근 한다. 따라서 이탈비들이  $\xi_i \leq 1$  또는  $\xi_i \geq 1$ 의 범위에 있으면 차선이탈이 발생한다.

의도적이 아니라면 매우 급한 차선변경은 없으며 이에 따라 주행중인 차량의 차선이탈 가능성이 있는지 식별하기 위해 선형회귀를 사용한다. 선형회귀의 회귀파라미터의 기술기 s는 아래 식(5)로 표현한다.

$$s = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - n (\bar{x})^2} \quad (5)$$

n은 데이터 수,  $\bar{x}$ 와  $\bar{y}$ 는 x와 y값의 평균이다.

회귀에 대한 에러 SSE(sum of squares for error)는 식(6)과 같이 실제 값 y와 추정값  $\hat{y}$ 에 오차의 제곱합이다.

가장 좋은 회귀적선은 SEE가 최소가 되는 적선이다.

$$(SEE) \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y})^2 \quad (6)$$

여기서 실험적으로 n=8로 선택한다. 즉 8프레임의 영상의 파라미터들이 변화하는 경향을 선형회귀에 의해 살펴볼 수 있다.

임의의 프레임에서 잡음에 의하여 차선관련 파라미터가 잘못 검출되고 따라서 이탈비와 s값의 선형회귀 파라미터인 기술기가 이탈조건을 만족한다.

오른쪽 이탈 가능성

$$(s_{\theta_{Rin}} < 0 \text{ 이고 } s_{\rho_{Rin}} < 0 \text{ 이고 } s_{\theta_{Rout}} < 0 \text{ 이고 } s_{\rho_{Rout}} < 0) \text{ 이면}$$

$$(s_{\theta_{Lin}} \geq 0 \text{ 이고 } s_{\rho_{Lin}} \geq 0 \text{ 이고 } s_{\theta_{Lout}} \geq 0 \text{ 이고 } s_{\rho_{Lout}} \geq 0) \text{ 일때}$$

왼쪽 이탈 가능성

$$(s_{\theta_{Lin}} < 0 \text{ 이고 } s_{\rho_{Lin}} < 0 \text{ 이고 } s_{\theta_{Lout}} < 0 \text{ 이고 } s_{\rho_{Lout}} < 0) \text{ 이면}$$

$$(s_{\theta_{Rin}} \geq 0 \text{ 이고 } s_{\rho_{Rin}} \geq 0 \text{ 이고 } s_{\theta_{Rout}} \geq 0 \text{ 이고 } s_{\rho_{Rout}} \geq 0) \text{ 일때}$$

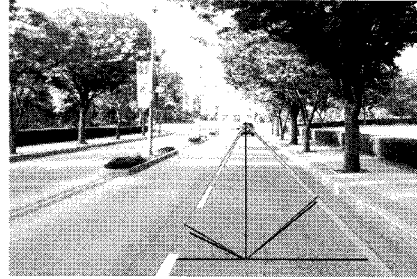
차선이탈 결정

-왼쪽 이탈

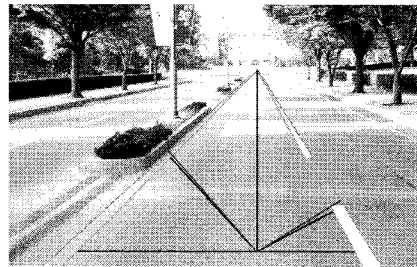
이탈비 4개의 식의 값  $\xi$ 가  $1 \geq k$ 보다 작고, 선형 회귀를 토대로 한 판정으로 부터 (2)에 관한 현상이라면 왼쪽이탈이 시작되었다고 결정한다.

-오른쪽 이탈

이탈비 4개의 식의 값  $\xi$ 가  $1 \leq k$  보다크고, 선형회귀 토대로 한 판정으로부터 (1)에 관한 현상이면 오른쪽 이탈이 시작되었다고 결정한다.



[그림4.1] 차량이 좌측으로 차선을 이탈할 경우 ( $\xi < 0.7$ )



[그림4.2] 차량이 우측으로 차선을 이탈할 경우 ( $\xi \geq 1.4$ )

CCD카메라로 촬영된 영상을 가지고 정지된 프레임별 좌, 우측 이탈비를 측정 적용해본결과 좌측이탈시작은  $\xi$ 값이 0.7일 때 이고, 우측이탈시작  $\xi$ 값은 1.4이때 평균적인 수치를 보였다.

### 3. 결론 및 향후 연구 방향

연속적으로 입력되는 도로영상을 전처리 과정을 거치면 처리 시간이 크게 증가하여 메모리 공간도 많이 차지하게 된다. 그리하여 block을 선정하여 탐색영역 분할을 통해 계산량을 줄여 처리시간을 향상 시킬 수 있다. 이로 인해 전송데이터 량을 줄일 수 있어 자율주행에 강화된 차선인식 시스템을 제공 해줄 수 있으며, 도로에 능동적으로 차선추출을 가능하게 하는 효과를 기대 할 수 있다. 차선이탈경보 시스템의 경우 직선로에서는 좋은 결과를 보였고 미세한 곡률에서도 좋은 성과를 보였다. 하지만 차량이 차선과 일치선이 아닌 steering의 영향인 조향을 고려해야하는 문제점을 가지게 되었다. 또한 최초 block크기가 작은 경우에는 차선의 빈 공간에 의해 정보를 놓치는 경우도 발생 하고 잡음에 의해 차선 추출의 신뢰성이 떨어짐으로 이에 대한 보완과 연구가 필요하다.

### 참고 자료

- [1] 박광일, "자동차의 정보화과 차선인식 센서" 기계저널 44권 5호 2003
- [2] 정중화 외, "자율주행을 위한 실시간 화상처리 및 차선인식 알고리즘의 개발" 1999
- [3] 장 윤, "Hough Transform을 이용한 차선인식과 응용" 2003
- [4] 안수진, "자율주행차량을 위한 차선인식에 관한 연구" 2007
- [5] Takahashi, A., Ninomiya, Y., Ohta, M. and Tange, K., "A Robust Lane Detection using Real-time Voting Processor" IEEE 1999
- [6] 이장명, "이동장을 이용한 차선 인식 및 장애물 감지" 1999
- [7] 신봉률 "차선유지보조시스템 최적 Route설계방안 검토 및 기술동향 파악" 자동차공학회 2006